ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 5

Г л а в а 1. Антарктический шельф: гляциальная геоморфология, современное оледенение 10

1.1. Гляциогеоморфология шельфа 10

1.2. Современное оледенение шельфа 15

1.3. Спорные вопросы геоморфологии и современного оледенения Антарктического

шельфа ^7

1.4. Выводы 22

Г л а в а 2. Антарктический шельф: древние оледенения 23

2.1. Зарождение покровного оледенения 23

2.2. Образование ’’морских” частей ледникового покрова 26

2.3. Ледниковая история моря Росса . . . 29

2.4. Изменения оледенения других частей шельфа. Антарктический шельф в ’’-меж¬ледниковья” 33

2.5. Спорные вопросы ледниковой истории шельфа Антарктиды 36

2.6. Выводы 40

Г л а в а 3. Шельфы Западной Европы 41

3.1. Шельфы Британских островов 41

3.2. Шельфы Скандинавского полуострова 45

3.3. Шельфы Исландии и Фарерских островов 50

3.4. Некоторые спорные вопросы, связанные с оледенениями Западной Европы 53

3.5. Выводы 57

Г л а в а 4. Баренцево-Карский шельф: гляциальная геоморфология 58

4.1. Ледниковые штрихи и шрамы 58

4.2. Подводные желоба-троги 62

4.3. Строение междолинных пространств 64

4.4. Пути разноса ледниковой эрратики 71

4.5. Спорные вопросы гляциальной геоморфологии Баренцево-Карского шельфа 74

4.6. Выводы 78

Г л а в а 5. Краевые образования побережий Баренцева и Карского морей 79

5.1. Краевые ледниковые комплексы 79

5.2. Ледниково-подпрудные озера 88

5.3. Великая приледниковая система стока 92

5.4. Спорные вопросы происхождения и возраста морен и озерных систем 98

5.5. Выводы 104

Г л а в а 6. Евразиатский ледниковый покров: форма, размеры, иэостатические эффекты 105

6.1. Реконструкция ледникового покрова 105

6.2. Послеледниковые движения земной коры 110

6.3. Спорные вопросы ледниковой истории северных шельфов Евразии 123

6.4. Выводы 130

Г л а в а 7. Североамериканские шельфы 131

7.1. Тихоокеанский шельф Аляски и Британской Колумбии 131

7.2. Шельф на северо-востоке и севере материка 133

7.3. Острова Королевы Елизаветы 139

7.4. Гренландский шельф 144

7.5. Североамериканский ледниковый покров и его деградация 146

7.6. Спорные вопросы ледниковой истории шельфов Северной Америки 148

7.7. Выводы ... 153

Г л а в а 8. Арктика в целом: проблема Панарктического и Южно-Берингсшского леднико¬вых покровов 154

8.1. Плавучие ледники-шельфы Арктического бассейна и Северной Атлантики 154

8.2. Структура и динамика Панарктического ледника 157

8.3. О ’’морском” Южно-Берингийском ледниковом покрове 160

8.4. О критике концепции Панарктического покрова 162

8.5. Выводы 163

Г л а в а 9. Вопросы общей гляциологии ’’морских” покровных ледников 164

9.1. ’’Морские” покровные ледники и их место среди ледников других типов 164

9.2. Динамика линии налегания и устойчивость ’’морских” ледников 167

9.3. Распространение ’’морских” покровных ледников 173

9.4. Механизмы образования’’морских” ледниковых покровов. 176

9.5. Механизмы деградации ’’морских” покровных ледников 178

9.6. Геологические эффекты покровных оледенений ’’морского” типа 183

9.7. Выводы 186

Заключение 188

Summary 190

Литература 192

Предметный указатель 211

Географический указатель 213

CONTENTS

Introduction 5

Chapter 1. The Antarctic continental shelf: glacial geomorphology and present-day glacieriza-

tion 10

1.1. Glacial geomorphology 10

1.2. Present-day ice sheets 15

1.3. Geomorphology and glaciology of the shelf: a discussion 17

1.4. Conclusions 22

Chapter 2. The Antarctic continental shelf: former glaciations 23

2.1. Inception if the ice-sheet glaciation 23

2.2. Formation of the marine ice sheet in West Antarctica 26

2.3. Glacial history of the Ross Sea 29

2.4. The rest of the shelf : glacial and ’’interglacial” history 33

2.5. Glacial history of the Antarctic shelf: a discussion 35

2.6. Conclusions 40

Chapter 3. The West-European continental shelves 41

3.1. Shelves of the British Isles 41

3.2. Scandinavian shelves 45

3.3. Shelves of Iceland and the Faeroe Islands 50

3.4. Glaciation of the West-European shelves: a discussion 53

3.5. Conclusions 57

Chapter 4. The Barents-Kara shelf: glacial geomorphology 58

4.1. Glacial striae 58

4.2. Submarine troughs 62

4.3. Geomorphology of submarine inter-trough areas 64

4.4. Boulder trains 71

4.5. Geomorphology of the Barents-Kara shelf: a discussion 74

4.6. Conclusions 78

Chapter 5. The ice-margin features on the coasts of the Barents and Kara seas 79

5.1. End moraines 79

5.2. Ice-dammed lakes 88

5.3. Great proglacial drainage system 92

5.4. Origin and age of the features: a discussion 98

5.5. Conclusions 104

Chapter 6. The last Eurasian ice sheet: its shape, size, and isostatic effects. . 105

6.1. Reconstruction of the ice sheet, 105

6.2. Post-glacial crustal movements 110

6.3. Glacial history of the shelves of Northern Eurasia: a discussion 123

6.4. Conclusions 130

Chapter 7. The North-American shelves 131

7.1. Pacific shelf of Alaska and British Columbia 131

7.2. Shelf of the American North-East and North 133

7.3 Shelf of the Queen Elizabeth Islands 139

7.4. Greenland shelf 144

7.5. The North-American ice sheet and its decay 146

7.6. Glacial history of the North-American shelves: a discussion 148

7.7. Conclusions 153

Chapter 8. The Arctic as a whole: problem of the Pan-Arctic and South-Beringian ice sheets ... 154

8.1. Floating ice shelves of the Arctic Basin and the North Atlantic 154

8.2. Structure and dynamics of the Pan-Arctic ice sheet 157

8.3. On the marine ice sheet in southern Beringia 160

8.4. Concept of the Pan-Arctic ice sheet: a discussion 162

8.5. Conclusions 163

Chapter 9. Glaciology of marine ice sheets: some general questions 164

9.1. Marine ice sheets as related to the rest of glaciers 164

9.2. Dynamics of grounding line and instability of marine ice sheets 167

9.3. Geography of present-day and former marine glaciers 173

9.4. Inception and buildup of marine ice sheets 176

9.5. Disintegration of marine ice sheets 178

9.6. Geological activities of marine ice sheets 183

9.7. Conclusions 186

General conclusions. 188

Summary 190

List of references \* 192

Subject index 711

Geographical index 713

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Из анализа обширных материалов, накопленных в результате геологических и гля-циологических исследований в Антарктике, а также на высокоширотных шельфах и приморских низменностях северного полушария, вытекает необходимость выделе¬ния в качестве особого научного направления гляциологии ’’морских” покровных ледников, или ’’мариногляциологии”.

Эта необходимость вызвана большой ролью ледников ’’морского” типа в современ¬ном и особенно в древних оледенениях Земли, а также их структурной неустойчиво¬стью, вследствие которой динамическая реакция ’’морских” ледников на изменения климата и уровня океана может носить катастрофический характер.

Из двух палеогеографических альтернатив — минималистских реконструкций поо леднего оледенения, допускающих несинхронность событий ледниковой истории раз¬ных материков и их частей, и его максимальной реконструкции, предполагающей тес¬ную связь и одновременность этих событий, автор под давлением фактов вынужден выбрать вторую. Оценки масштабов оледенения Земли, полученные с учетом данных о ледниках континентальных шельфов, дают величину эвстатического снижения уровня Мирового океана в максимум вюрмского похолодания, которая близка к 130—150 м и впервые увязывается со снижением, следующим из результатов геологических и изотопно-кислородных исследований.

Появились первые доказательства того, что ледники Северной Евразии и Северной Америки объединялись в гигантский Панарктический ледниковый покров, в котором ведущая роль принадлежала ’’морским” элементам. Это показывает, что главной фор¬мой проявления последнего оледенения Земли были два ледниковых сверхпокрова — Панарктический и Антарктический, которые занимали обе полярные области планеты. Поскольку же география океанов и материков за четвертичный период практически не менялась, можно не сомневаться, что такие же сверхпокровы формировались и в более ранние ледниковые эпохи этого периода. Более того, сейчас известно, что и докайнозойские оледенения — позднерифейское, ордовикское, пермо-карбоновое — распространялись на огромные площади, которые в несколько раз превышали размеры современной Антарктиды, охватывая не только сушу, но также шельфы и глубокие полярные бассейны. Поэтому и древнейшие оледенения Земли должны были проявлять¬ся в форме гигантских ледниковых систем, в которых объединялись наземные и’’мор¬ские” элементы. В этой связи можно предполагать, что ледниковые покровы, подобные Панарктическому, были не исключением, характерным лишь для позднего плейсто¬цена северного полушария, а типичным феноменом всех или большинства ледниковых эпох последнего миллиарда лет.

Вероятно также, что механизмы образования, внутренних взаимодействий и дегра-дации этих ледниковых систем были близки соответствующим механизмам, установ-ленным или предполагаемым для современного Антарктического ледникового покрова. В частности, эти системы могли быть неустойчивыми и испытывать периодические сёрджи, сопровождавшиеся массовым сбросом льда в океан и быстрыми колебаниями океанского уровня. Отсюда следует, что к описанию развития древних оледенений обоих полушарий, как четвертичных, так и докайнозойских, следует прилагать ’’антарк¬тическую модель”.

Поскольку оледенения охватывали не только сушу, но также обширные океанские акватории, их зарождение, развитие и распад контролировались не только климати¬ческими, но и океанологическими факторами: тепловым состоянием, циркуляцией и колебаниями уровня океана, рельефом и вертикальными движениями морского дна, конфигурацией и степенью обособленности отдельных бассейнов. Оледенения, в свою очередь, оказывали мощное обратное воздействие на Мировой океан, вызывая отклонения течений и изоляцию крупных бассейнов, в частности Арктического, Нор¬вежско-Гренландского и Берингова, изменяя условия осадконакопления и биологи¬ческой продуктивности, выпахивая шельфы и аккумулируя мощные толщи ледниково¬морских осадков на материковых склонах. Ледниковые покровы играли главную роль в формировании масс глубинной воды, а сёрджи ледяных потоков, спуск льда и про¬рывы ледниково-подпрудных озер вызывали изменения в альбедо поверхности, темпе¬ратурах, солености и изотопном составе морской воды. Поэтому есть все основания говорить, что мариногляциология лежит на контакте гляциологии с физической гео-графией океана, и научное объяснение структуры, динамики и истории развития лед¬никовых покровов прошлого требует анализа их взаимодействия не только с атмосфе¬рой и земной корой, но и с водной массой Мирового океана. И наоборот: ни одна ре¬конструкция позднекайнозойской эволюции Мирового океана не может претендовать на полноту и строгость без учета его взаимодействий с’’морскими” ледниковыми по-кровами. А при анализе общих изменений природы Земли в позднем кайнозое следует иметь в виду, что геологические эффекты ’’морских” покровных ледников, в частности расширение шельфов и расчленение побережий, вели к усилению взаимо¬действий оледенения с океаном и, следовательно, служили фактором измене¬ния климата.

Представленные палеогляциологические реконструкции позволяют наметить новые пути решения актуальных проблем и некоторых других наук о Земле. В частности, пере¬смотр традиционных взглядов на распространение и рельеф ледниковых покровов прошлого определяет новую картину граничных условий для реконструкций палеокли¬мата с помощью глобальных циркуляционных моделей, новую оценку вероятных по-следствий антропогенно обусловленного потепления, прогнозируемого рядом климато¬логов. Концепция оледенений полярных морей позволяет объяснить специфику осад¬кообразования на гляциальных шельфах, в частности чередование этапов накопления ледниковых и ледниково-морских осадков с этапами интенсивного сноса идущего без

поднятий и осушения. С нашей точки зрения, комплекс форм рельефа и отложений, обра¬зующих классическую ’’ледниковую серию”, является частным случаем геологических следов оледенения и не исчерпывает их ’’наборов”, фактически представленных на Земле. С позиций той же концепции вертикальные движения коры, связанные с изостатическими эффектами ’’морских” оледенений, могли вызывать трансгрессии морей на приморские низменности, превращая их в бассейны аккумуляции подводных морен и айсберго- вых осадков. В силу этого внутри ледниковых осадочных толщ не только могут, но й должны присутствовать ледниково-морские и холодные морские слои. Данный вывод создает возможность для преодоления кризисных явлений в современной четвертичной геологии и палеогеографии, связанных с маринистской критикой основ этих наук. Наконец, изложенные представления позволяют по-новому подойти к проблемам палео¬гидрологии суши, в том числе к вопросам развития внутриконтинентальных морей и перестроек гидрографической сети, предложить новые пути решения вопросов гео¬морфологии, биогеографии и эволюции древнего человека.

Гляциология ’’морских” покровных ледников имеет и существенные практические аспекты. Палео гляциологический анализ может стать одним из факторов научного прог¬ноза распределения полезных ископаемых, прежде всего нефти и газа, на континенталь¬ных шельфах и приморских низменностях, подобных северной половине Западной Сибири. Следует надеяться, что его результаты будут учитываться при проектировании инженерных сооружений на морских побережьях и шельфах, помогут в выработке критериев оценки возможных последствий крупных проектов, предусматривающих искусственное перераспределение стока между речными бассейнами