

# ОБЗОРНОЕ АНАЛИТИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ПОДЛЕДНО-ПОДВОДНОГО РЕЛЬЕФА АНТАРКТИКИ ПО СИСТЕМНО-МОРФОЛОГИЧЕСКОМУ ПРИНЦИПУ<sup>1</sup>

## Введение

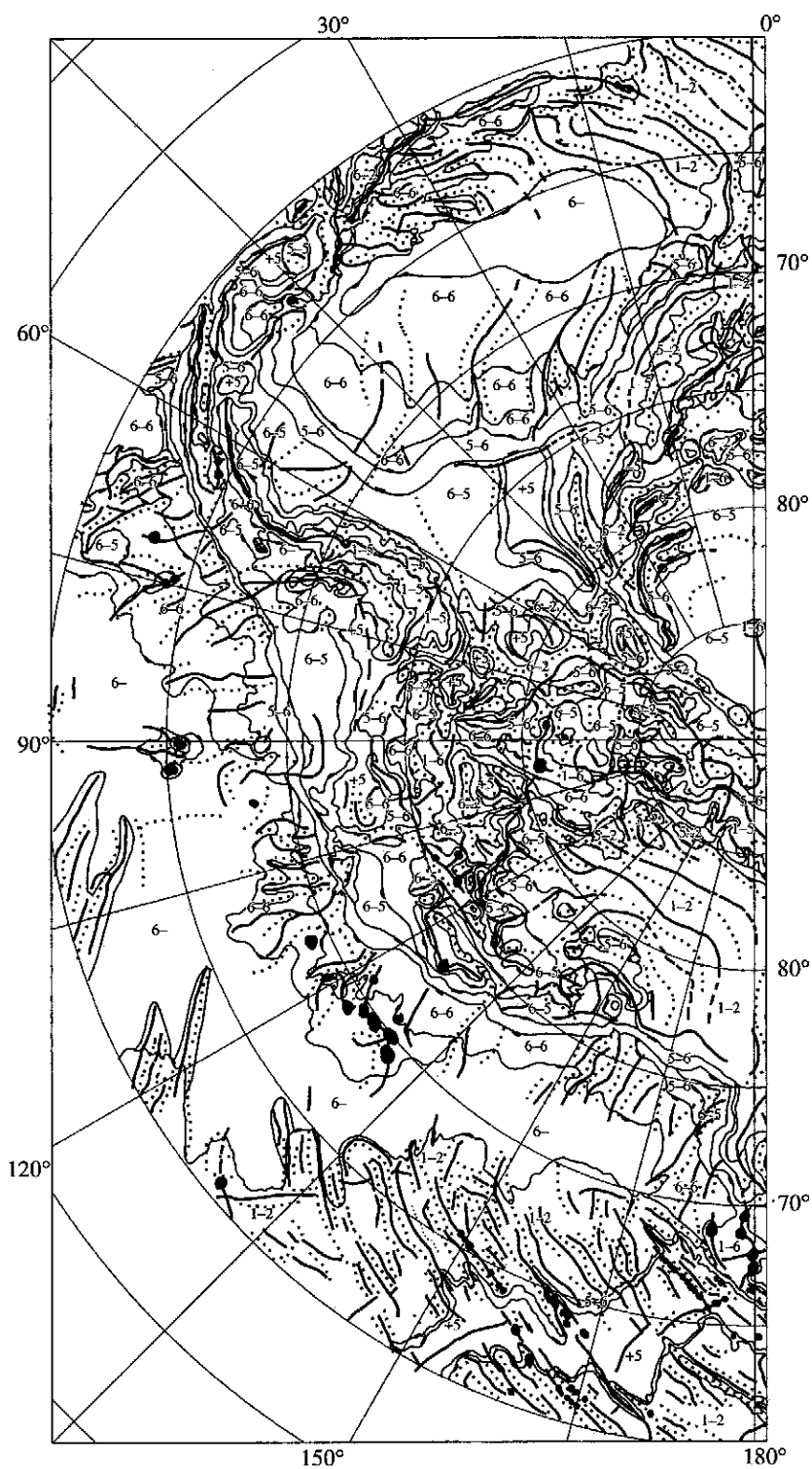
Первая геоморфологическая карта Антарктики в масштабе 1:20000000 была разработана в Институте географии АН СССР А.В. Живаго (геоморфология морского дна), В.И. Бардиным и П.С. Вороновым (геоморфология Антарктиды) под редакцией П.Л. Безрукова и К.К. Маркова. Карта вошла в Атлас, приложенный к монографии "Рельеф Земли" [1], в которой глава, посвященная рельефу и рельефообразующим процессам в Антарктиде, написана А.П. Капицей. Им же в это же время была издана книга по рельефу Антарктиды [2]. В связи с недостатком данных рельеф дневной поверхности (ДП) покрова на карте получил слабое отражение. В то же время самые основные орографические черты подледно-подводного рельефа (ППР) зафиксированы довольно правильно. Например, если на орографической карте в тексте горы Гамбурцева, Вернадского и Принца Чарльза показаны в виде разобщенных горных хребтов [1], то на карте в Атласе они объединены в единую, хотя и безымянную и четко не очерченную горную страну. Такая рисовка больше соответствует современным радиолокационным и сейсмическим данным по гипсометрии подледно-подводной поверхности (ППП). В целом орографический план Антарктиды, выявленный в период МГГ, не претерпел к настоящему времени принципиальных изменений, несмотря на то, что уровень изученности возрос на многие порядки. Геоморфологическая карта [1] составлена по морфоскульптурно-морфоструктурному принципу и отражает представления того времени о геологической структуре континента и прилегающей к нему части Южного океана и результаты наблюдений в основном о денудационных процессах в местах, свободных от ледникового покрова.

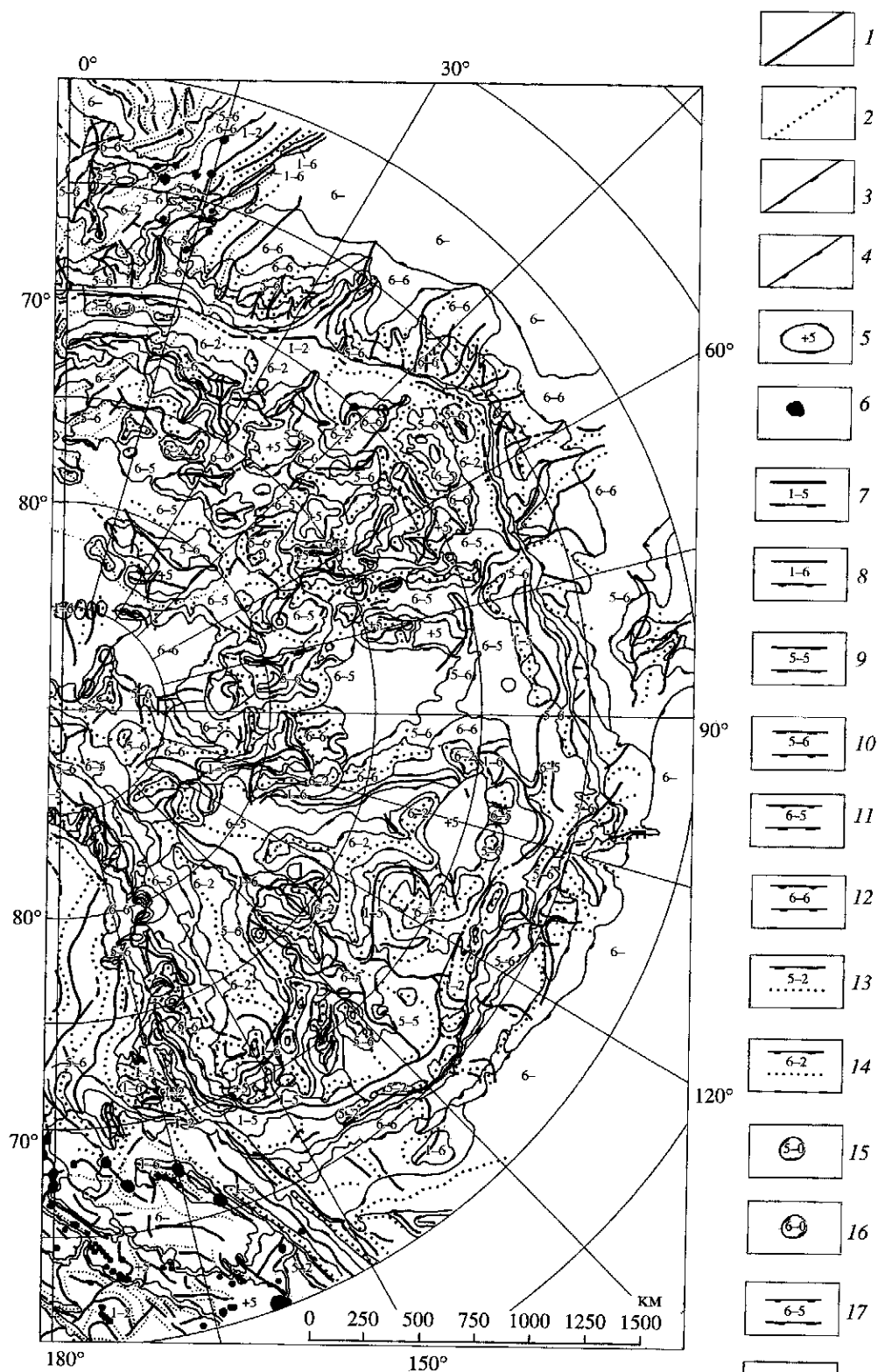
На рис. 1 и 2 впервые представлена (разделенная по техническим соображениям на два слоя) аналитическая геоморфологическая карта ППР Антарктики, построенная в м-бе 1:10000000 по системно-морфологическому принципу [3–5] с использованием обширного массива радиолокационных, сейсмических и гидрографических данных, полученных и обобщенных на сей день в результате реализации международного проекта BEDMAP [6]. Ее созданию предшествовала карта структурных линий (СЛ) или линейных элементов ППП [7]. На рис. 1 эти элементы отражены значительно детальнее в качестве границ главных картировочных единиц – элементарных поверхностей.

<sup>1</sup> Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 03-05-64198).

*Рис. 1. Карта линейных и площадных элементов подледно-подводного рельефа, выделенных по их вертикальному положению и крутизне*

*Структурные линии:* 1 – гребневые, 2 – килевые, 3 – выпуклых перегибов, 4 – вогнутых перегибов (морфоизографы отражены на рис. 2); *Элементарные поверхности. Верхние:* 5 – плосковершинные ( $P_5^+$ ), 6 – привершинные круче вышележащих ЭП ( $P_{0-6}$ ), 7 – вдольгребневые: положе нижележащих ЭП ( $P_{1-5}$ ), 8 – круче нижележащих ЭП ( $P_{1-6}$ ); *собственно склоновые:* 9 – фасы ( $P_{5-5}$ ) круче выше- и положе нижележащих ЭП, 10 – уступы ( $P_{5-6}$ ) круче выше- и нижележащих ЭП, 11 – площадки ( $P_{6-5}$ ) положе выше- и нижележащих ЭП, 12 – подножия ( $P_{6-6}$ ) положе выше- и круче нижележащих ЭП; *нижние вдолькилевые:* 13 – круче вышележащих ЭП ( $P_{5-2}$ ), 14 – положе вышележащих ЭП ( $P_{6-2}$ ); *привершинные:* 15 – круче вышележащих ЭП ( $P_{5-0}$ ), 16 – положе вышележащих ЭП ( $P_{6-0}$ ); 17 – плоскостные ( $P_6^-$ ); 18 – сквозные ( $P_{1-2}$ )





Карта выполнена в цветном и черно-белом вариантах, в электронной и “бумажной” версиях и рассматривается (в соответствии с официально принятыми Министерством природных ресурсов России методическими указаниями [8]) в качестве карты-основы для последующего геоморфологического районирования и синтетического картографирования, а также геодинамического и литодинамического истолкования ППР и составления его аналитической карты-итога по морфогенетическому принципу.

### Методика работ

Использованный при картосоставительских работах гипсобатиметрический материал позволил выделить элементы ППП в самом общем виде с теми искажениями, которые были предопределены осреднениями и интерполяциями значений высот и глубин при создании единой основы (грида) карты BEDMAP [6]. Данные процедуры и основа позволили, с одной стороны, исключить неблагоприятные следствия различной изученности разных районов Антарктики, а с другой – выделить только самые крупные и далеко не все (из карты, в частности, автоматически “пропали” многие, в том числе контрастные СЛ  $L_1$  и  $L_2$ , запечатленные на исходных радиолокационных профилях) элементы ППП. Кроме этого, указанная основа смогла обеспечить характеристику площадных элементов только по трем (из четырех; [3, 5]) критериям их систематики или основным параметрам ППП: положению по вертикали и в профиле (рис. 1) и по горизонтальной кривизне (рис. 2). Оказалась недоступной для определения и отражения на карте нормальная или вертикальная кривизна элементарных поверхностей. Она может быть зафиксирована лишь на исходных радиолокационных, эхолотных и сейсмических профилях, секущих перпендикулярно (или под углами, близкими к  $90^\circ$ ) вытянутые и линейные формы ППП при положительной анизотропии рельефа. Для отражения этой очень важной характеристики, анализ которой сможет вывести геоморфологов на многие выводы при динамической интерпретации рельефа, при построении новой версии BEDMAP следует опубликовать в электронном виде изначальный материал – все перечисленные фактические, а не оцифрованные гипсобатиметрические профили с оптимальным сочетанием их горизонтального и вертикального масштабов.

Создание аналитической карты в указанном масштабе является первым опытом данного вида геоморфологического картографирования целого континента. Он основан на представлениях о масштабной универсальности элементов земной поверхности, сформулированных в рамках общей теории геосистем (ОТГС) [3–5]. По техническим причинам в журнальной публикации принятые в методическом руководстве [8] условные обозначения существенно упрощены. В данном случае масштабная универсальность системно-морфологического принципа картографирования ППР проявляется не в форме, а в содержании аналитической карты, отражающей вне зависимости от своей детальности простейшие для данного масштаба части ППП, отвечающие всем критериям элементности [3–5].

### Систематика и обозначения элементов

Разделяющие элементарные поверхности линейные элементы отражаются на карте в виде линий с дополнительными знаками, разделяющими их на разные категории: гребневые ( $L_1$ ), килевые ( $L_2$ ), выпуклых ( $L_3$ ) и вогнутых ( $L_6$ ) перегибов, а также их боковые ограничения – морфоизографы ( $L_7$ ). Эти же знаки играют роль своеобразных бергштрихов, указывающих на направление падения ППП. Площадные элементы выражены через свои ограничения, а также с помощью ранее предложенных [3–5, 8] индексов ( $P_{n-m}$ ), соответствующих номерам СЛ, или вершин изометричных положительных и отрицательных форм ППП – их верхних ( $L_n$ ,  $C_0^+$ ) и нижних ( $L_m$ ,  $C_0^-$ ) границ (при  $n = 0, 1, 5, 6$ ;  $m = 0, 2, 5, 6$ ). Наряду с элементами  $P_{n-m}$ , широко

распространены плосковершинные ( $P_5^+$ ) и плоскодонные ( $P_6^-$ ) элементарные поверхности, венчающие положительные и отрицательные формы ППП, соответственно.

Линейные и площадные элементы ППП зафиксированы в результате одновременной дискретизации ППП не только по вертикали (рис. 1), но и в плане (рис. 2). В классической геоморфологии принят лишь первый вид дискретизации, в то время как по латерали земная поверхность дискретизируется в традиционном геоморфологическом картографировании только при редком составлении орографических схем. Латеральная дискретизация ППП на предлагаемой карте (рис. 2) осуществлена по знаку горизонтальной кривизны площадных и разделяющих их линейных элементов с помощью боковых ( $L_7$ ) и других ограничений. При этом элементарные поверхности делятся на выпуклые, вогнутые и прямолинейные (выдержанные по простиранию) в плане. Эти категории показаны разной интенсивностью серого тона. Они дают возможность различить совокупности элементарных поверхностей, составляющих как замкнутые, так и незамкнутые положительные, отрицательные и склоновые формы ППП.

### Морфологическая характеристика элементов ППП Антарктики

По вертикали среди верхних элементов выделяются СЛ  $L_1$ , а также элементарные поверхности  $P_5^+$ ,  $P_{1-5}$  и  $P_{1-6}$ .

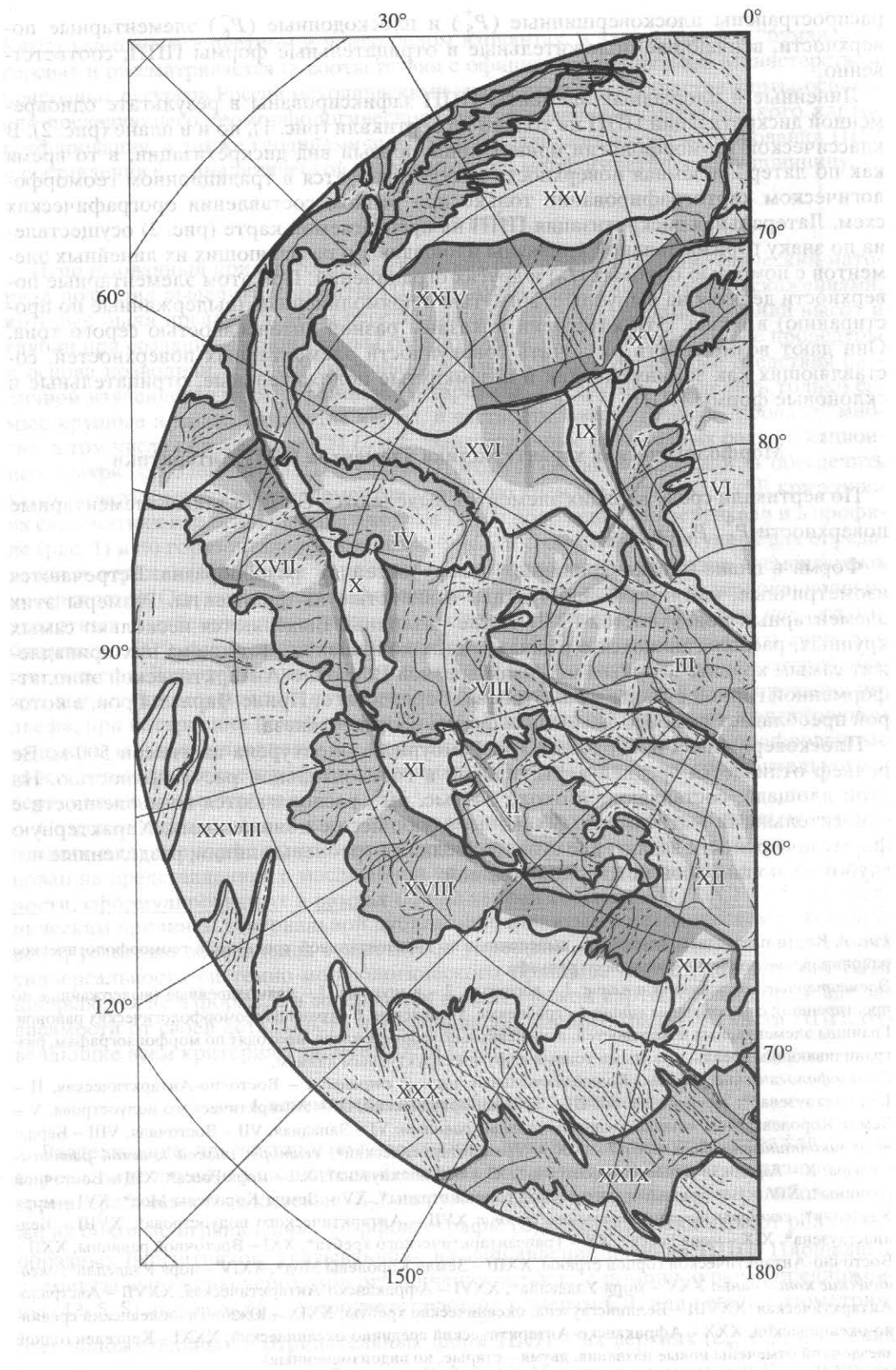
Форма в плане плосковершинных поверхностей  $P_5^+$  разнообразна. Встречаются изометричные, вытянутые, причудливо извилистые их фрагменты. Размеры этих элементарных поверхностей (ЭП) также различны. Выделяются несколько самых крупных, располагающихся в разных частях континента. Четыре из них принадлежат самым крупным горным массивам древней Восточно-Антарктической эпиплатформенной горной страны – Гамбурцева, Вернадского, Принс-Чарльз, Гров, в которой преобладает глыбово-разрывная форма неотектогенеза.

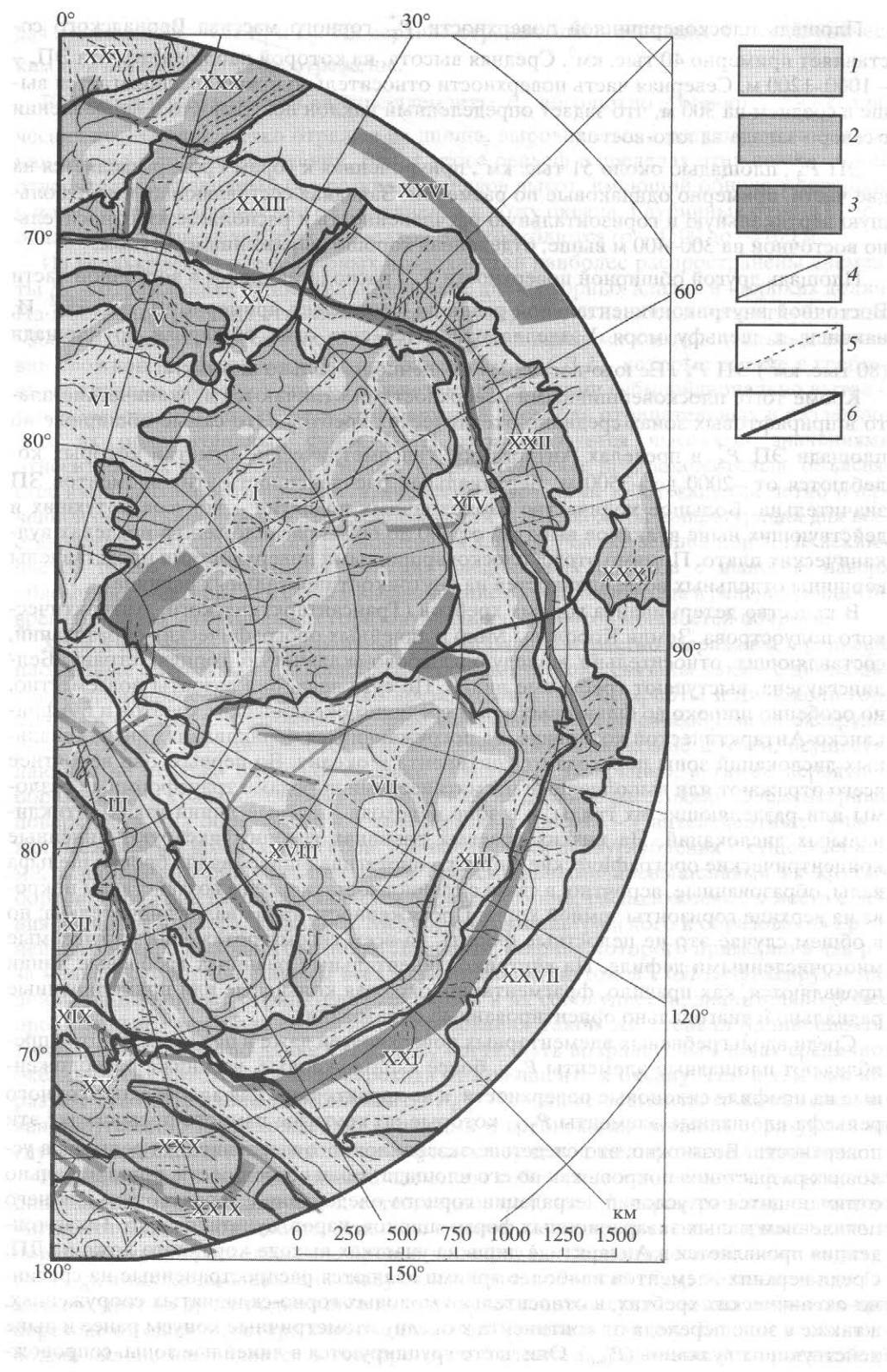
Плосковершинная поверхность гор Гамбурцева оконтурена изогипсой 500 м. Ее рельеф отличается средней вертикальной и горизонтальной расчлененностью. На этой площади, составляющей около 54 тыс. км<sup>2</sup>, располагаются возвышенности с относительными высотами до 300 м, чередующиеся с понижениями. Характерную форму поверхности задают две субпараллельные гребневые линии, разделенные неглубокой, но широкой межгорной долиной.

Рис. 2. Карта площадных элементов, выделенных по горизонтальной кривизне, и геоморфологическое районирование подледно-подводного рельефа

*Элементарные поверхности в плане: 1 – вогнутые, 2 – выпуклые, 3 – прямолинейные (выдержанные по простиранию); структурные линии: 4 – гребневые, 5 – килевые, 6 – границы геоморфологических районов. Границы элементарных поверхностей, выделенных по форме в плане, проходят по морфоизографам, разграничивающим ареалы с разными тонами и другим структурным линиям.*

*Геоморфологические районы. Континентальные горные страны: I – Восточно-Антарктическая, II – Беллинсгаузена\*; горные хребты: III – Трансантарктический, IV – Антарктического полуострова, V – Земля Королевы Мод; внутриконтинентальные равнины: VI – Западная, VII – Восточная, VIII – Берда; внутриконтинентальные прогибы: IX – Трансантарктический\*; секторы низкой краевой равнины: X – Антарктического полуострова\*, XI – Беллинсгаузена\*, XII – моря Росса\*, XIII – Восточной равнины\*, XIV – Восточно-Антарктической горной страны\*, XV – Земли Королевы Мод\*, XVI – моря Уэдделла\*; секторы континентального склона: XVII – Антарктического полуострова\*, XVIII – Беллинсгаузена\*, XIX – моря Росса\*, XX – Трансантарктического хребта\*, XXI – Восточной равнины, XXII – Восточно-Антарктической горной страны, XXIII – Земли Королевы Мод\*, XXIV – моря Уэдделла\*; океанические котловины: XXV – моря Уэдделла\*, XXVI – Африканско-Антарктическая, XXVII – Австрало-Антарктическая, XXVIII – Беллинсгаузена; океанические хребты: XXIX – Южно-Тихоокеанский срединно-океанический, XXX – Африканско-Антарктический срединно-океанический, XXXI – Кергелен (одной звездочкой отмечены новые названия, двумя – старые, но видоизмененные)*







Площадь плосковершинной поверхности  $P_5^+$  горного массива Вернадского составляет примерно 40 тыс. км<sup>2</sup>. Средняя высота, на которой наблюдается эта ЭП, — 1000–1200 м. Северная часть поверхности относительно южной располагается выше в среднем на 300 м, что задает определенный наклон поверхности в направлении с северо-запада на юго-восток.

ЭП  $P_5^+$ , площадью около 51 тыс. км<sup>2</sup>, приуроченная к горам Гров, разделяется на две части, примерно одинаковые по размерам. Западная составляющая имеет большую вертикальную и горизонтальную расчлененность и располагается относительно восточной на 300–400 м выше, отделенная хорошо выраженным уступом.

Площадь другой обширной поверхности  $P_5^+$ , располагающейся в восточной части Восточной внутриконтинентальной равнины, составляет примерно 91 тыс. км<sup>2</sup>. И, наконец, к шельфу моря Уэдделла относится еще одна обширная по площади (80 тыс. км<sup>2</sup>) ЭП  $P_5^+$ . Ее юго-восточная оконечность сильно вытянута.

Кроме того, плосковершинными поверхностями отличаются вулканические плато в пририфтовых зонах срединно-океанических хребтов. Это самые обширные по площади ЭП  $P_5^+$  в пределах Антарктики, гипсометрические отметки которых колеблются от –2000 до –3500 м. Вертикальная расчлененность этих элементов ЗП значительна. Большое количество изометричных поднятий – конусов потухших и действующих ныне вулканов высотой от 400 до 600 м расположено в пределах вулканических плато. Помимо этого, плосковершинными поверхностями представлены вершины отдельных возвышенностей на внутриконтинентальных равнинах.

В качестве детерминанта горных хребтов (Трансантарктического, Антарктического полуострова, Земли Королевы Мод) и линейных орографических образований, составляющих относительно молодую глыбово-складчатую горную страну Беллинсгаузена, выступают гребневые линии. По сути дела, они развиты повсеместно, но особенно широко во фланговых зонах срединно-океанических хребтов и в Африканско-Антарктической котловине, на погружающихся периклиналях антиклинальных дислокаций зоны перехода от континента к океану. Во-первых, они вероятнее всего отражают или выполнены магматическими породами трансформные разломы или разделяющие их гряды, а в зоне перехода – осевые линии узких антиклинальных дислокаций. На низких краевых равнинах гребни фиксируют линейные концентрические орографические формы – протягивающиеся вдоль бровки шельфа валы, образованные, вероятно, в связи с глациостатическим воздействием покрова на верхние горизонты земной коры. Протяженность таких валов значительна, но в общем случае это не целостные формы, на всем своем протяжении нарушаемые многочисленными дефиле. На внутриконтинентальных равнинах гребневые линии проявляются, как правило, фрагментарно, отражая кольцевые или прямолинейные радиально и диагонально ориентированные образования.

Среди вдольгребневых элементарных поверхностей даже в пределах хребтов преобладают площадные элементы  $P_{1-5}$ , более выположенные, чем ниже расположенные на профиле склоновые поверхности, а не характерные для альпийского горного рельефа площадные элементы  $P_{1-6}$ , которые по крутизне намного превосходят эти поверхности. Возможно, это следствие экзарационного выравнивания рельефа в условиях разрастания покрова как по его площади, так и по мощности, принципиально отличающихся от условий деградации горного оледенения с характерным для него появлением малых экзарационных форм – цирков, каров, нунатаков и др. Такая тенденция проявляется в Антарктиде лишь на участках выхода коренного ложа на ДП. Среди верхних элементов наиболее яркими являются распространенные на срединно-океанических хребтах, в относительно молодых горно-складчатых сооружениях, а также в зоне перехода от континента к океану изометричные конусы ранее и ныне действующих вулканов ( $P_{0-6}$ ). Они часто группируются в линейные зоны, сопровож-



дая линейные элементы – СЛ  $L_1$  и  $L_2$ . Их верхние ограничения – вершины  $C_0^+$  по техническим причинам на карте не отражены.

В площадном отношении нижние элементы  $P_6^-$  абсолютно доминируют в океанических котловинах, четко отражая их днища, выровненные в результате аккумуляции ледово-морских отложений. Ввиду этого рельеф в пределах этих поверхностей относительно спокойный без резких перепадов высот, имеющий общую тенденцию к понижению в направлении от континента к ложу океана. Глубинные отметки, обладающие в пределах этих элементов ЗП, колеблются от  $-4500$  до  $-5100$  м.

Из вдолькилевых элементарных поверхностей наиболее распространены элементы  $P_{6-2}$ , отражающие относительно плоские днища горных впадин и широких долин. На Восточной равнине эти элементарные поверхности на абсолютных глубинах до  $-800$  м и более являются относительно пологими днищами континентальных котловин сложной конфигурации. Их оси совпадают со СЛ  $L_2$ , которые вместе с гребневыми линиями образуют кольца и сочетающиеся с ними субмеридионально вытянутые образования (рис. 1). Весь этот сложный ансамбль отрицательных и разделяющих их положительных форм ППП характеризуется высокими значениями относительных превышений, и пока его происхождение предположительно объясняется нами высокими гляциоизостатическими нагрузками и опусканиями четко очерченной по дизъюнктивным дислокациям части ППП сложной конфигурации для восстановления изостатического равновесия на данном участке земной коры. Не исключается также “экскаваторная функция” ледниковых потоков с выносом наверх обломочного материала в связи с выдавливанием придонного льда в (мигрирующих по времени) зонах максимальных горизонтальных градиентов мощностей покрова.

Хотя и наименее распространены, но наиболее контрастно выражены в рельефе площадные элементы  $P_{5-2}$ . Наиболее вероятно, что они связаны также с дизъюнктивно предопределенными глубоко врезаемыми в горные хребты и их цоколи горными проходами или дефиле, которые выступают в роли своеобразных экструдеров. Через них продавливаются высокоскоростные ледниковые потоки, осуществляющие не столько боковую, сколько глубинную экзарацию, а также вероятное образование и транспортировку отторженцев на дальние расстояния. Элементарные поверхности  $P_{5-2}$  образуются и в своеобразных узостях – (“антецедентных” участках) межгорных долин и прогибов, где образуются переуглубления с существенными, а иногда и очень значительными относительными превышениями их крутых бортов. Наиболее глубоким является переуглубление, расположенное в месте слияния ледников Фишера, Коллинса, Медлора и Калининградского и образования крупнейшего в мире выводного ледника Ламберта, ширина которого примерно в два раза меньше суммарной ширины всех названных его “истоков”. СЛ  $L_2$  фиксируют линейные и вытянутые отрицательные формы и их совокупности, значительно более протяженные, чем положительные образования такой же степени удлиненности. Примерно равными по длине СЛ  $L_1$  и  $L_2$  могут быть во фланговых зонах срединно-океанических хребтов и в зоне перехода от континента к океану. Там и там они образуют сквозные площадные элементы  $P_{1-2}$ . Подобные элементы со смежными, но явно другими по происхождению килевыми и гребневыми линиями образуются на глубоко вдающихся в континент шельфовых морях под шельфовыми ледниками.

Разделяющие верхние и нижние элементы собственно склоновые элементарные поверхности и их ограничения, естественно, наиболее распространены на склоне Антарктического континента. Для него в целом характерна четкая выраженность и циркумполярное расположение бровки шельфа ( $L_5$ ), расположенного ниже ее уступа ( $P_{5-6}$ ), а также замыкающий снизу склон серии подножий ( $P_{6-6}$ ). Количество наложенных друг на друга подножий и их суммарная ширина существенно меняются при переходе от одного сектора континентального склона к другому. Больше всего подножий склона наблюдается в секторе моря Уэдделла и Африкано-Антарктической

котловины – шесть в последнем. Концентрическое и батиметрическое положение бровки и уступа выдержаны вдоль всего периметра континента. Линия выпуклого перегиба, представляющая собой бровку шельфа, практически на всем своем протяжении занимает высотную отметку 600–700 м. В районе сектора Беллинсгаузена она несколько понижается до глубины –800 м. Уступ континентального склона снизу ограничен линией вогнутого перегиба  $L_6$ . Крутизна уступа различна в разных секторах. Более выположенная и наиболее протяженная часть уступа располагается в секторе моря Уэдделла.

Наряду с указанными собственно склоновыми элементами реже встречаются площадки, вероятно, структурного происхождения ( $P_{6-5}$ ) и наименее распространены (в основном в верхней части континентального склона) фасы ( $P_{5-5}$ ).

В пределах континента склоновые не только линейные, но и площадные элементы выступают в роли ограничений горных массивов и разделяющих их межгорных котловин (в горных странах и хребтах), а также отдельных возвышенностей и низменностей на равнинах. Из элементарных поверхностей здесь преобладают уступы  $P_{5-6}$ , цоколи гор и особенно главные геоморфологические уровни внутриконтинентальных равнин, чаще всего представленные обширными по площади площадками  $P_{6-5}$ . На континентальных равнинах и особенно в горах редко встречаются подножия  $P_{6-6}$ . Это может свидетельствовать или об интенсивном выносе образованного в доледниковое время у подножий древних орогенных сооружений делювия за пределы материка ледниковыми потоками на разных стадиях развития покрова или о создании современных горных сооружений в уже в новейшее время в условиях связанной с развитием ледникового щита своеобразной консервации ППР.

Обращает на себя внимание невысокий, но четко проявляющийся в рельефе уступ, отделяющий фланговые и пририфтовые (осевые) зоны срединно-океанических хребтов друг от друга. Фланговые зоны представлены не подножиями ( $P_{6-6}$ ), а выделенными в соответствии с положительной анизотропией их рельефа [3–5] сквозными элементами  $P_{1-2}$ , отражающими гряды и межгрядовые понижения, связанные с трансформными разломами.

В качестве отдельного слоя на рис. 2 представлена характеристика горизонтальной кривизны ППП. К вогнутым элементарным поверхностям и их совокупностям, наиболее обширным по площади, относятся элементы континентальных равнин (в основном  $P_{6-5}$ ) и океанических котловин (плоскодонных вершин  $P_6^-$ ), а также предгорные долины, межгорные котловины и впадины ( $P_{6-2}$ ,  $P_{5-2}$ ). Горные массивы и хребты относятся к выпуклым в плане частям ППП. И наиболее ярко проступают на карте выдержанные по простиранию зоны, в пределах которых прямолинейные линии тока параллельны или субпараллельны друг другу. Наиболее вероятна их дизъюнктивная предопределенность.

В целом в трех данных категориях частей ППП (рис. 1), а также в геоморфологическом районировании (рис. 2) выражается орография континента и его океанического окружения, которая фиксируется на составляемой сейчас авторами орографической карте Антарктики.

## Заключение

В ходе обзорного аналитического картографирования впервые выявлены многие общие морфологические особенности рельефа Антарктики – состава и строения ее ППП, которые ранее не фиксировались на карте и не описывались в тексте. Этому способствовал системно-морфологический принцип, предусматривающий разделение земной поверхности не на два (используемые в традиционном аналитическом геоморфологическом картографировании) вида простейших частей – “элементов” или граней (субгоризонтальных и субвертикальных), а на значительное число категорий простейших отдельных ППП (рис. 1, легенда), совокупность которых соответст-

вуют всем требованиям (принципам) элементности. Данный вид картографирования рассматривается в качестве первой стадии изучения ППР, результаты которого могут быть широко использованы в практике изыскательских работ на континенте [9].

Различное взаимное положение (по вертикали, крутизне и латерали, относительно азимутальных углов и др.), а также морфология строго выделенных, определенных и систематизированных элементов в сочетании с результатами динамической интерпретации других общих (орографическая карта, карта СЛ и геоморфологического районирования) и специальных (карты линейных элементов, избранных простираний, полибазисных, поливершинных и разностных поверхностей, мощностей "свободной гляциосферы" и линий тока ДП и ППП и мн. др.) геоморфологических построений позволит осуществить морфотектоническое, гляциодинамическое истолкование. Эти данные будут задействованы на стадии конструирования комплексных (создаваемых в комплексе с анализом гляциологических и геолого-геофизических материалов) моделей строения и развития ледникового покрова и земной коры, в содержание которых расширенная геоморфология внесет свой существенный самостоятельный вклад.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рельеф Земли / И.П. Герасимов, Ю.А. Мещеряков. М.: Наука, 1967. 331 с.
2. Капица А.П. Подледный рельеф Антарктиды. М.: Наука, 1968. 98 с.
3. Ласточкин А.Н. Рельеф земной поверхности. Л.: Недра, 1991. 340 с.
4. Ласточкин А.Н. Морфодинамический анализ. Л.: Недра, 1987. 256 с.
5. Ласточкин А.Н. Системно-морфологическое основание наук о Земле (Геотопология, структурная география и общая теория геосистем). СПб.: Изд-во СПбГУ, 2002. 762 с.
6. Lythe M.B., Vaughan D.G. and BEDMAP Consortium. BEDMAP-bed topography of the Antarctic, 1:10000 scale map. BAS (Misc) 9. Cambridge: British Antarctic Survey, 2000.
7. Ласточкин А.Н., Попов С.В. Методика выделения структурных линий в подледно-подводном рельефе Антарктики // Геоморфология. 2004. № 1, С. 34–43.
8. Зинченко А.Г., Ласточкин А.Н. Методика геоморфологического картографирования шельфа и континентального склона Российской Федерации (применительно к задачам Госгеолкарты–1000). М.: ЗАО "Геоинформмарк", 2001. 38 с.
9. Ласточкин А.Н., Лукин В.В., Масолов В.Н., Попов С.В. Содержание, задачи и практическое значение геоморфологических исследований Антарктики // Изв. РАН. Сер. геогр. 2004. № 3. С. 48–59.

Геофак СПбГУ,  
ПМГРЭ, Ломоносов

Поступила в редакцию  
10.07.2004

#### GENERAL ANALYTICAL MAPPING OF ANTARCTIC SUBGLACIAL-SUBMARINE RELIEF ACCORDING TO SYSTEM-MORPHOLOGIC PRINCIPLE

A.N. LASTOCHKIN, S.V. POPOV, D.V. MANDRIKOVA

#### Summary

A map of Antarctic subglacial-submarine relief has been compiled on the base of system-morphologic principle. Elements of subglacial-submarine surface represent the contents of the map. These elements include five types of structural lines (crests, talwegs, and others) and simple elementary surfaces, which are bound by structural lines and differ from each other by their place on the profile and relative steepness (14 types) and by their plan shape (3 types). Morphological and topological analysis of the elementary surfaces has helped working out the first geomorphologic regionalization of Antarctic according to system-morphologic principle. The same elements in the different regions differ in their morphometric features and in their role in the structure of subglacial-submarine surface.