

12. Павлова Л.Г. Биогеохимический круговорот элементов питания на границе раздела берег–море и дно–вода // Жизнь и среда полярных морей. Л: Наука. Ленингр. отд-ние, 1989. С. 48–51.
13. Пригоровский Б.Г. Фауна мягких грунтов литорали губы Дальнезеленецкой // Тр. Мурманск. биол. станции. 1948. Т. 1. С. 146–154.
14. Матвеева Т.А., Никитина Н.С., Черновская Е.Н. Причины и следствия неравномерности распределения червей *Fabricia sabella* Ehr. и *Arenicola marina* L. на литорали // Докл. АН СССР. 1955. Т. 105. № 2. С. 370–373.
15. Алексеев В.В. Приливоотливное и волновое воздействие на отложения литоральной отмели дальнего Пляжа // Экологические исследования песчаной литорали. Апатиты: Изд. Кольск. ф-ла АН СССР, 1976. С. 26–29.
16. Павлова Л.Г. Геохимия иловых вод в условиях арктического ледово-морского седиментогенеза: Автореф. дис. ... докт. геогр. наук. Мурманск: ММБИ КНЦ РАН, 2001. 42 с.
17. Хрусталева Ю.П. Основные проблемы геохимии седиментогенеза в Азовском море. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1999. 247 с.
18. Хатчинсон Д. Лимнология. М.: Мир, 1969. 591 с.

Морской биол. ин-т КНЦ РАН, Мурманск

Поступила в редакцию
26.06.2007

RECENT ORGANIC BOTTOM SEDIMENTATION IN THE COASTAL ZONE OF THE BARENTS SEA

L.G. PAVLOVA

S u m m a r y

Peculiarities of the formation of terrigenous and organic bottom sediments in the Barents Sea coastal zone are considered. The influence of bottom organisms on the sedimentation and physico-chemical parameters of bottom deposits is established. Lithological features of these deposits determine the distribution of benthic communities on the surface of littoral. As a result of accumulative activity of bottom filterers, like the *Fabricia polychaeta*, the silting of the sandy littoral continues. Owing to the biosedimentation process the coastal zone is highly productive of biomass and density of bottom organisms, so it plays an important role in the nutritive matter balance of the coastal ecosystem.

УДК 551.4(1/9)(99)

Геоморфология, 2009, №3

© 2009 г. С.В. ПОПОВ, В.О. ЛЕОНОВ

ПОДЛЕДНЫЙ РЕЛЬЕФ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ВОСТОЧНОЙ АНТАРКТИДЫ (ПО ДАННЫМ ПРОЕКТА ABRIS)¹

Введение

Несмотря на многочисленные геолого-геофизические исследования, проводимые отечественными и иностранными специалистами, Антарктида даже сейчас, в начале третьего тысячелетия, остается “белым пятном” на карте нашей планеты. Полевые геоморфологические наблюдения, а также комплексное изучение подледного рельефа на ранних этапах освоения континента нашей страной осуществлялось, прежде всего, сотрудниками ААНИИ, НИИГА, ИГРАН и МГУ. Полученные в то время материалы и результаты их осмысления не потеряли своей актуальности и сейчас, по прошествии десятилетий. Эти данные были использованы при составлении наиболее современных карт подледного рельефа Антарктиды [1–3]. Представление о глубинном строении континента и этапах его развития, сформированное к началу 1970-х гг.,

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 07-05-00401).

до сих пор остается неизменным. Оно лишь уточняется в процессе появления новых геолого-геофизических материалов.

С 1971 г. Полярная морская геологоразведочная экспедиция (ПМГРЭ) в тесном сотрудничестве и при поддержке Советской, а затем Российской, антарктической экспедиции осуществляет комплексное изучение Антарктики. С этой целью проводятся ежегодные полевые геолого-геофизические работы. За более чем 35-летний период съемками покрыта территория более 4.2 млн. км² [4, 5], что составляет чуть меньше трети площади континента. В 1987 г. было начато планомерное изучение Центральной Антарктиды [4–6], с 1995 г. исследования осуществляются в районе подледникового озера Восток [6–9], а в 2004 г. возобновлены работы в центральных районах Восточной Антарктиды посредством научных санно-гусеничных походов [4–6, 10].

При изучении подледного рельефа, глубинного строения и развития Антарктиды, получаемые геофизические данные обобщаются в рамках национальных и международных проектов (осуществляемых в настоящее время, главным образом, под эгидой Международного Полярного Года). Среди них ASAID (изучение аккумуляции и стока Антарктического ледникового покрова), TEMPORE (создание тектонических карт полярных областей нашей планеты) и ряд других. Геоморфологическим исследованиям уделяется особое внимание. Они по праву являются главным инструментом познания рельефа и его развития. В 2006 г. был сформирован отдельный проект, направленный на изучение подледного рельефа и ледникового покрова Антарктиды. Он получил название ABRIS [2, 3, 11]. Его основу составила база исходных (профильных) данных международного проекта BEDMAP (в котором С.В. Попов принимал непосредственное участие), имевшего сходные задачи и завершившегося в 2000 г. изданием карты коренного рельефа Антарктики [1, 12].

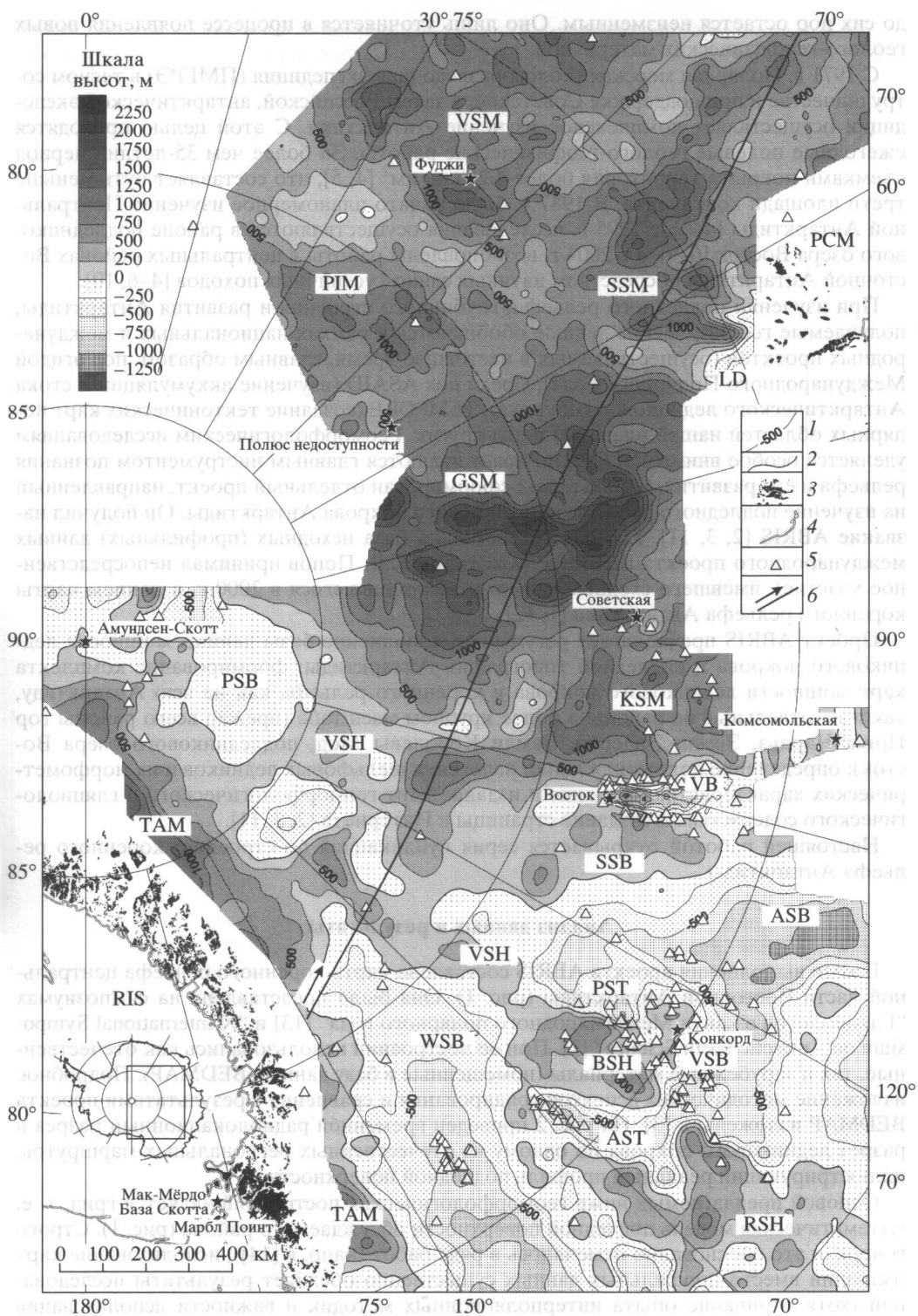
Проект ABRIS предполагает регулярное пополнение базы данных мощности ледникового покрова и подледной топографии Антарктиды; формирование комплекта карт мощности ледникового покрова и коренного рельефа как на всю Антарктиду, так и на отдельные ее районы в более крупном масштабе (прежде всего районы гор Принс-Чарльз, Земли Эндерби, Земли Королевы Мод, подледникового озера Восток); определение положения линии налегания шельфовых ледников и их морфометрических характеристик; создание и издание карт геоморфологического и гляциологического содержания и создание страницы в Интернете [2, 3, 11].

Настоящей работой открывается серия публикаций по строению коренного рельефа Антарктиды.

Анализ данных и результаты

В ходе выполнения проекта ABRIS составлена карта коренного рельефа центральной части Восточной Антарктиды (рис. 1). Она была представлена на симпозиумах “Гляциология в канун Международного полярного года” [13] и “X International Symposium on Antarctic Earth Science” [2]. При ее построении использовались как отечественные, так и зарубежные материалы (помещенные в базу данных BEDMAP). Подробное изложение методических аспектов гридирования и сравнение с результатами проекта BEDMAP изложены в [3]. На рис. 2 приведен временный радиолокационный разрез и разрез ледникового покрова по одному из отечественных региональных маршрутов, иллюстрирующий реальный профиль подледной поверхности.

Основой предлагаемых ниже геоморфологических построений является грид, т. е. математическая модель подледной поверхности обсуждаемого района (рис. 1). Строго говоря, и это обоснованно отмечалось в ряде работ (напр. в [14]), использование карт изолиний вместо профильных данных существенно обедняет результаты исследований (хотя отрицание опыта интерполяционных методик и важности использования гридов в геофизике и геоморфологии, по мнению авторов, бесперспективно). С другой стороны, большая часть использованных для составления карты коренного рельефа материалов характеризуется средним межмаршрутным расстоянием около 50 км



[3]. Таким образом, корреляция малых форм, от профиля к профилю, в нашем случае, весьма проблематична. Следовательно, выполнение геоморфологических построений на основе грида в данной ситуации вполне оправдано. Тем не менее, там, где это было уместно, использовались исходные профильные данные.

Антарктида, особенно в центральной части, перекрыта многокилометровым ледниковым покровом. Таким образом, суждение о подледном рельефе формируется исключительно на основе косвенных геофизических данных, и, прежде всего, данных радиолокационного профилирования. При этом исследователь лишен возможности использовать огромные, накопленные более чем за столетие, опыт и методики геоморфологии в классическом ее понимании. У него нет возможности заглянуть под ледниковый покров и увидеть изучаемую поверхность во всех деталях, взять образцы каменного материала, т. е. выполнить стандартный комплекс полевых наблюдений. В данном случае, глазами исследователя становится геофизическая аппаратура и, главным образом, ледовый локатор [15–17].

Наличие мощного ледникового покрова ставит еще один вопрос. Как относиться к гляциоизостатическому погружению континента в свете геоморфологического анализа подледной поверхности? Имеются многочисленные реконструкции коренного рельефа Антарктиды после дегляциации, [напр. 18, с. 189]. Исходя из плотностных характеристик льда и верхней мантии, гляциоизостатическое всплытие материка составит приблизительно четвертую часть от мощности ледникового покрова. Применительно к обсуждаемой территории, гистограмма величин гляциоизостатического всплытия (исходя из предположения о малых размерах воздымающихся блоков) приведена на рис. 3. Как следует из приведенных материалов, эти деформации весьма существенны. В частности, после дегляциации (и по прошествии периода релаксации), согласно модели, исчезнут практически все низменности. С другой стороны, моря и океаны заполнены водой, т. е. поверхность их дна характеризуется гидроизостатическим погружением, причем, даже в большей степени, чем Антарктида. Однако авторы не встречали ни соответствующих реконструкций, ни примеров анализа рельефа, учитывающих указанный эффект (что, по их мнению, корректно). Ледник Антарктиды, равно, как и воды Мирового Океана, являются реальностью сегодняшнего дня. Ука-

Рис. 1. Коренной рельеф центральной части Восточной Антарктиды

1 – изогипсы коренного рельефа (м), сечение изолиний 250 м; 2 – уровень моря; 3 – горные выходы (по данным [31]); 4 – береговая линия и линия налегания шельфовых ледников (по данным [31]); 5 – подледниковые озера (по [32, 33]); 6 – положение регионального маршрута М–1509 и его направление.

ASB⁰⁺ – подледный бассейн Аврора (Aurora Subglacial Basin); AST⁰⁺ – желоб Адвенчер (Adventure Subglacial Trench); BSH⁰⁺ – возвышенность Бельжика (Belgica Subglacial Highlands); GSM⁰⁺ – подледные горы Гамбурцева (Gamburtsev Subglacial Mountains); KSM¹ – подледные горы Комсомольские (Komsomolskie Subglacial Mountains); LD⁰⁺ – желоб Ламберта (Lambert Deep); PCM⁰⁺ – горы Принс-Чарльз (Prince Charles Mountains); PIM¹ – горы Полюса недоступности (Pole of Inaccessibility Subglacial Mountains); PSB⁺ – подледный бассейн Полярный (Polar Subglacial Basin); PST⁰⁺ – подледный желоб Пикок (Peacock Subglacial Trench); RIS⁰⁺ – шельфовый ледник Росса (Ross Ice Shelf); RSH⁰⁺ – возвышенность Резольюшен (Resolution Subglacial Highlands); SSB⁰⁺ – равнина Шмидта (Shmidt Subglacial Basin); SSM⁰⁺ – подледные горы Серлапова (Serlapova Subglacial Mountains); TAM⁰⁺ – Трансантарктические горы (Transantarctic Mountains); VB^{*+} – котловина Восток (Vostok Subglacial Basin); VSB⁰⁺ – котловина Винсенса (Vincennes Subglacial Basin); VSH⁰⁺ – Восточная равнина (Vostok Subglacial Highlands); VSM⁰⁺ – подледные горы Вернадского (Vernadskogo Subglacial Mountains); WSB⁰⁺ – котловина Уилкса (Wilkes Subglacial Basin); ⁽⁰⁾ – географическое название имеющееся в международной базе [34], доступной по адресу http://www3.pnra.it/LUOGHI_ANT/SCAR_GAZE; ^(*) – географическое название, отсутствующее в международной базе [34], но употребляемое в зарубежной литературе; ⁽⁺⁾ – географическое название, официально принятое в отечественной литературе (в частности в [18] и прочих публикациях); ⁽¹⁾ – географическое название ранее не употреблялось и предлагается автором исключительно в качестве рабочего варианта

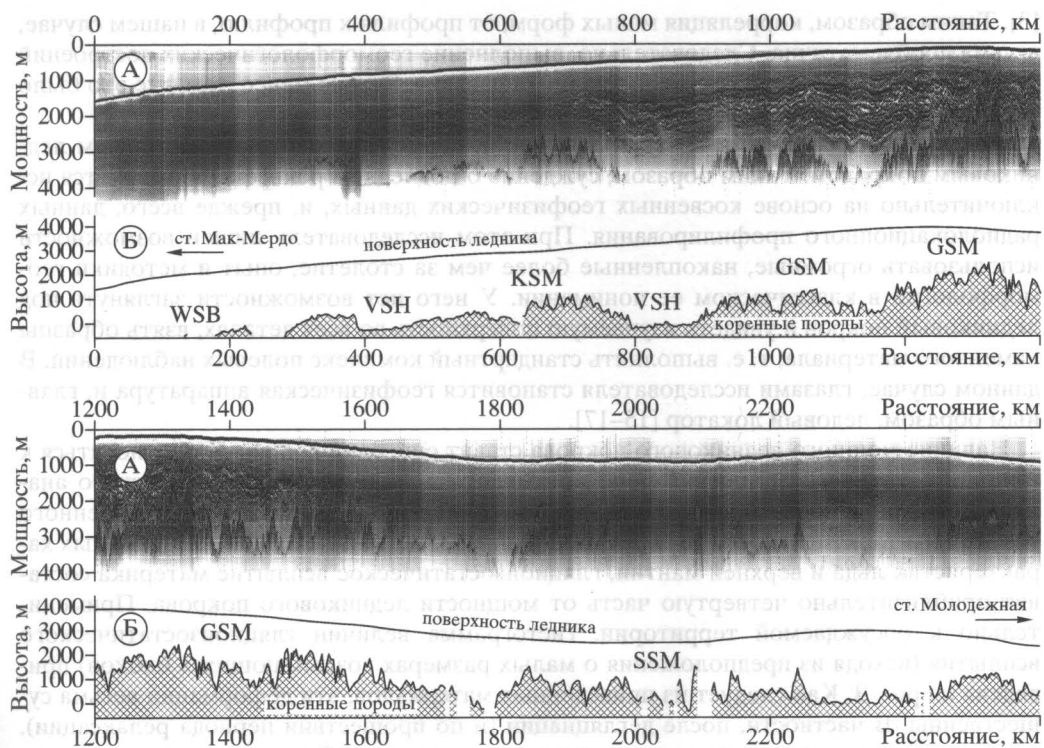


Рис. 2. Временной радиолокационный разрез (А) и разрез ледникового покрова (Б) по маршруту М-1509

занные реконструкции, впрочем, как и любые разумные построения, не менее важны для освещения, но уже других сторон явлений природы.

Анализ абсолютных высот позволяет судить об их распространенности в пределах района исследований и выявлять главные элементы подледного рельефа. Первое достигается путем составления частотной зависимости высот и гипсографической кривой (рис. 4). Кроме того, как неоднократно указывалось многими авторами, в частности А.Н. Ласточкиным, Ю.Г. Симоновым и И.С. Щукиным [напр. 19–21], на сегодняшний день нет единой системы районирования по высотному признаку. Интервалы высот равнин, низких и средних гор окончательно не установлены. С одной стороны, это вызывает сложности при унификации легенд и описании рельефа, а с другой вполне объяснимо. Действительно, четырехкилометровые горы Кавказа и Альп несколько иначе воспринимаются в сравнении с Тибетом и Хибинами. Соответственно, эта же проблема имеется и при описании подледного рельефа Антарктиды. По мнению авторов, гипсографическая кривая является главным критерием и достаточно объективно позволяет установить высотную градацию (придерживаясь разумных общепринятых схем). Разумеется, указанный подход достаточно формален (что отмечалось в частности в [19]), но, с другой стороны, формальна и сама градация. Тем не менее, ничего более перспективного авторы не встречали и, со своей стороны, предложить не могут. Кроме того, применительно к Антарктическому континенту, привязка к уровню моря носит условный характер. В отличие от остальной территории нашей планеты, по этому высотному уровню рельеф вовсе не подразделяется на различные генетические типы. Для Антарктиды, уровень моря является пунктом отсчета – результатом некоторого негласного соглашения, и ничего более. Например, поверхность подледникового озера Восток в южной части располагается на высоте –200 м, а в се-

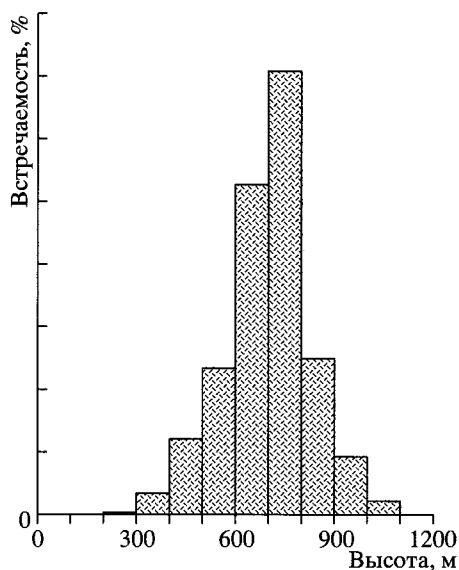


Рис. 3. Гистограмма величин гляциоизостатического всплытия для рассматриваемой территории

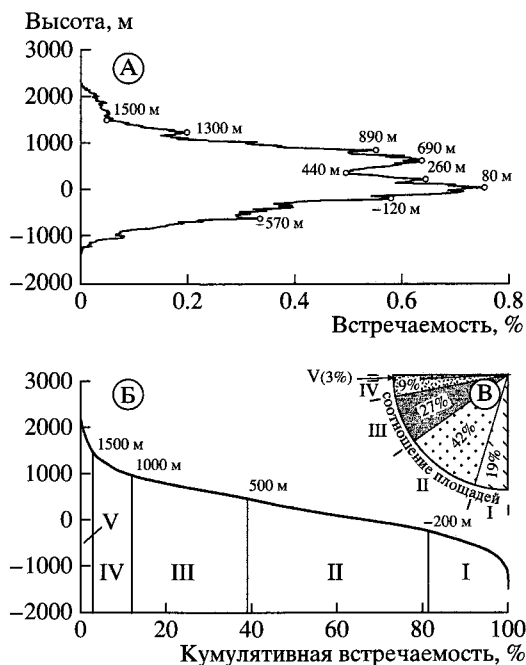


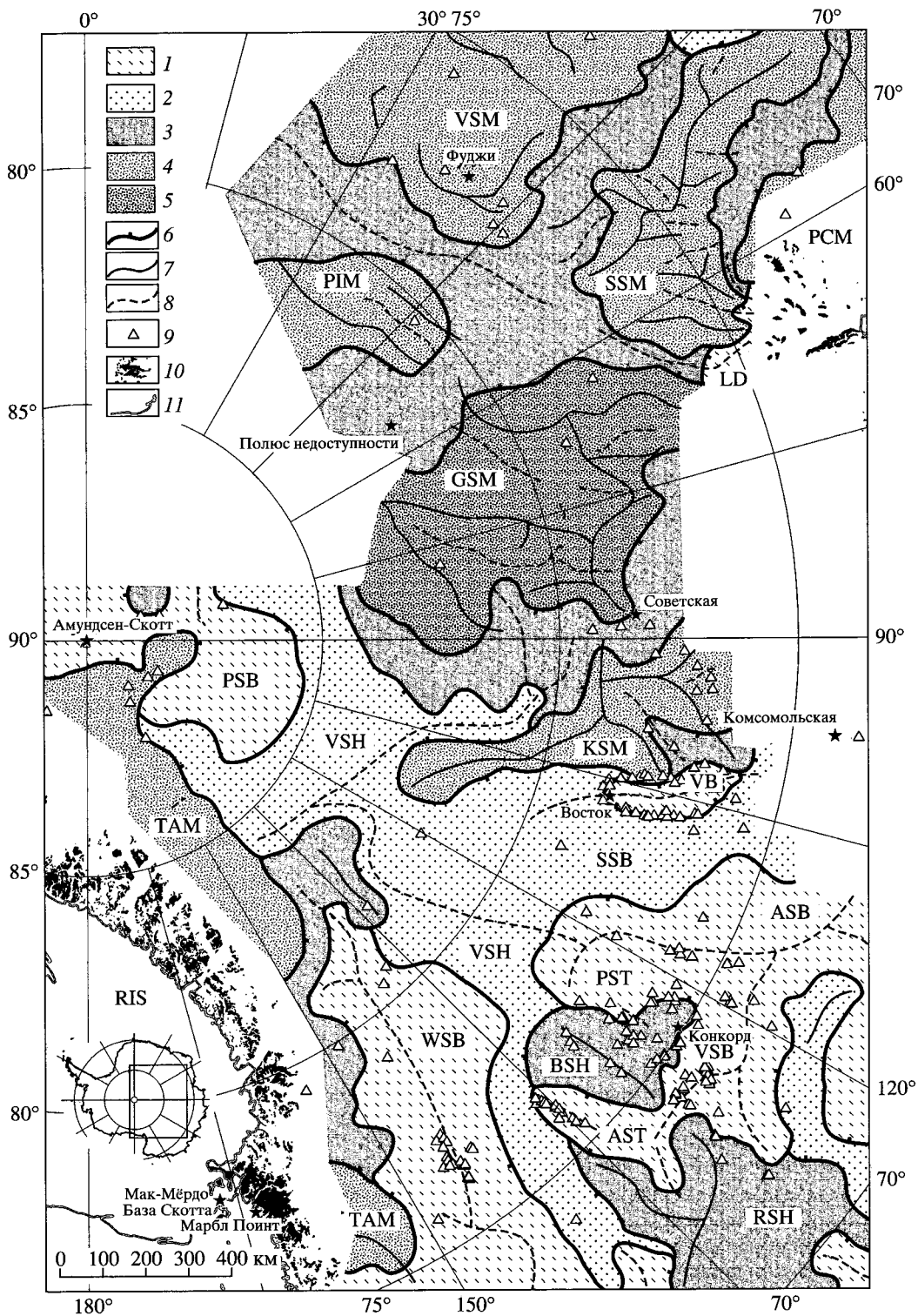
Рис. 4. Частотная зависимость высот подледной поверхности (А), гипсографическая кривая (Б) и соотношение площадей (В)

I — котловины и желоба, II — равнины, III — холмгорья, IV — низкие горы, V — средние горы

верной — на высоте -800 м [22]. В прибрежной части Антарктиды преобладают отрицательные значения высот подледной поверхности [18, с. 186–187], при этом вода под ледником отсутствует. Причина состоит в гляциоизостатическом погружении континента под тяжестью мощного ледникового покрова.

Из рисунков 1 и 4 следует, что по высотному признаку обсуждаемую территорию логично разделить на пять областей: I — котловины и желоба (ниже -100 м), II — равнины ($-100 \dots 400$ м), III — холмгорья ($400 \dots 1000$ м), IV — низкие горы ($1000 \dots 1500$ м), V — средние горы (выше 1500 м). Однако, для всего континента (с учетом шельфа), или для отдельных регионов подразделение, возможно, будет иным, в том числе и потому, что форма гипсографической кривой также изменится. Указанным областям соответствуют региональные морфоструктуры (рис. 5). Для каждой из них были составлены розы-диаграммы простираций элементов подледной поверхности и произведен расчет статистических характеристик последней. Анализ простираций осуществлялся на основе грида, т. е. на достаточно сглаженной (при формировании грида использовались данные мелкомасштабных съемок [2, 3]) модели подледной поверхности. Из этого следует, что она уверенно отражает главные черты строения, те, которые имеют исключительно тектоническую природу. В статистическом анализе использованы исходные профильные данные.

С целью упрощения схемы и улучшения ее восприятия, на ней отсутствует подразделение на склоновые, привершинные и придонные части (рис. 5). Это позволило не перегружать ее структурными линиями и четче выделять главные элементы подледной поверхности. Разумеется, подобный подход привел к потере деталей строения, однако смысл работы состоит в выявлении региональных закономерностей. Следуя указанному принципу, границами положительных форм являются тыловые швы (L_6), а



отрицательных – бровки (L_5). На схеме также нанесены наиболее контрастно выявляемые гребневые (L_1) и килевые (L_2) линии [23].

Котловины и желоба развиты на депрессии Земли Уилкса и формируют ее структурный план. Они характеризуются высотами от -1500 м до 0 м (с учетом склонов). Их днища находятся в интервале от -1500 м до -500 м. Выше располагается склоновая часть. Самой глубокой является котловина Восток (VB) с днищем на высотах около -1500 м [8, 9]. Затем следует подледный бассейн Аврора (ASB). Его днище находится на высоте около -1000 м. Днища подледных бассейнов Уилкса (WSB) и Винсенс (VSB), а также желобов Адвенчер (AST) и Пикок (PST) располагаются на высоте около -750 м. Список завершает подледный бассейн Полярный (PSB) с днищем на высоте около -500 м. Преимущественные высоты указанных морфоструктур около -600 м. Их доля (по высотному положению днища) составляет 19% от общей площади (рис. 4).

Перечисленные объекты (за исключением котловины Восток) приурочены к рифтовой системе Земли Виктории [24, 25] и, будучи доминирующими формами рельефа, определяют структурный план этой части Антарктиды (рис. 4). Линеаменты бассейна Уилкса, непосредственно примыкающего к Трансантарктическим горам (TAM), имеют ярко выраженное меридиональное простираие. Максимум соответствует направлению примерно 30° (рис. 6А). К западу от бассейна Уилкса располагается целая система бассейнов и желобов (рис. 5). Для нее характерны два основных простираия элементов подледного рельефа (рис. 6Б): 315° (главное) и 45° (второстепенное). Подледный бассейн Полярный (PSB) примыкает к Трансантарктическим горам (TAM). Он также является частью рифтовой системы [26] и логичным продолжением бассейна Уилкса. На северо-запад рассматриваемого региона заходит незначительный фрагмент рифтовой долины Ламберта (LD). На территории последней осуществляются более детальные исследования м-ба 1:500000 [4, 5] и морфологии этого района будет посвящена отдельная публикация.

Субмеридиональным простираием, близким к 315° отличается котловина Восток (VB), расположенная западнее охарактеризованных выше структур. До недавнего времени предполагалось, что она приурочена к обширной рифтовой зоне [27] и, возможно, соединяется с рифтовой долиной Ламберта [7, 28]. Однако, в настоящее время это положение пересматривается [29]. В районе котловины Восток (к которой приурочено одноименное подледниковое озеро) также проводятся более детальные исследования коренного рельефа [6–9, 22] и строение этой территории планируется осветить в отдельной работе.

На рис. 6В приведена роза-диаграмма простираия объединенных вместе элементов вышеназванных морфоструктур (за исключением фрагмента долины Ламберта и подледного бассейна Полярный). Обращает на себя внимание тот факт, что, несмотря на значительные расстояния между объектами (сотни километров), наблюдается ярко выраженная согласованность простираия элементов коренного рельефа а, следовательно, и дизъюнктивных нарушений.

Равнины Восточная (VSH) и Шмидта (SSB) развиты в восточной части изучаемой территории и примыкают к рассмотренным выше морфоструктурам (рис. 5). Они характеризуются высотами от -200 м до 500 м, при средней величине около 100 м (рис. 4). Эти формы рельефа занимают наибольшие площади в регионе (42% от всей территории) и, в целом, наименее расчленены, по сравнению с остальными морфоструктурами. В связи с этим логично предположить, что они сформированы на наиболее ста-

Рис. 5. Морфоструктурная схема

1 – котловины и желоба; 2 – равнины; 3 – холмогорья; 4 – низкие горы; 5 – средние горы; 6 – границы морфоструктурных комплексов; наиболее контрастные структурные линии: 7 – гребневые, 8 – килевые; 9 – подледниковые озера по [32, 33]; 10 – горные выходы по данным проекта ADD [31]; 11 – береговая линия и линия налегания шельфовых ледников по данным проекта ADD [31]. Буквенные сокращения географических названий см. рис. 1

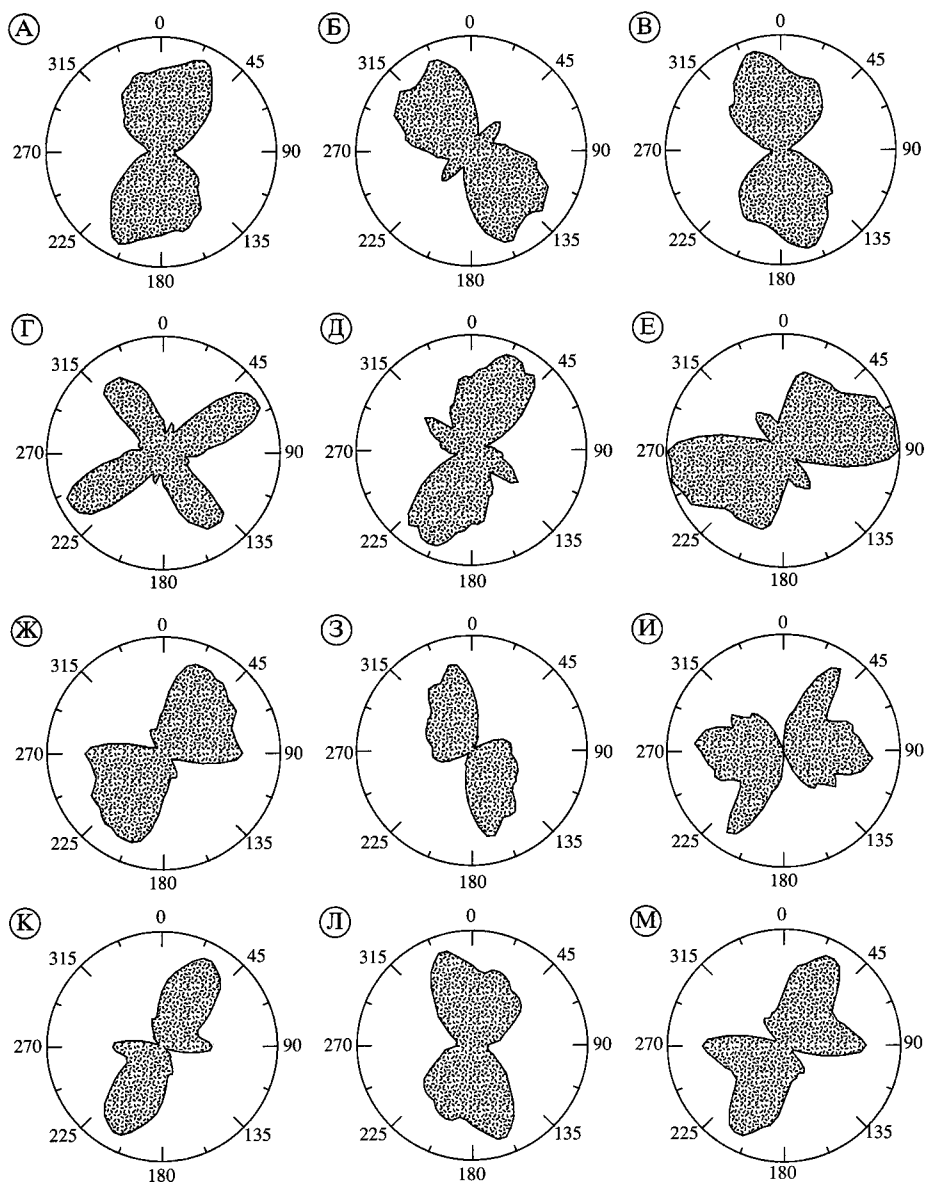


Рис. 6. Розы-диаграммы простираний элементов коренного рельефа

Бассейн: А – Уилкса, Б – Винсенс, жёлоба Адвенчер и Пикок, В – Уилкса и Винсенс, а также жёлоба Адвенчер и Пикок; Г – равнины Восточная и Шмидта; *плоскогорья:* Д – расположенные к востоку от гор Комсомольских, Е – расположенные к западу от гор Комсомольских, Ж – всей рассматриваемой территории; *горы:* З – Комсомольские, И – Вернадского, Серлапова и Полюса недоступности, К – Гамбурцева; *регион:* Л – “западный”, М – “восточный”

бильных участках а, следовательно, могут быть приурочены к мезо–кайнозойской поверхности выравнивания.

На розы-диаграмме простираний элементов коренного рельефа равнин наблюдаются два ярко выраженных равноправных субортогональных простирания: 325 и 60° (рис. 6Г). Первое практически совпадает с главным направлением простираний отрицательных структур, выявленных в этом районе (рис. 6В).

Повсеместны на обсуждаемой территории *холмогорья*. Они характеризуются высотами от 500 м до 1000 м при средних значениях около 700 м (рис. 4), и занимают второе место по распространенности (27%).

На рис. 6Д, Е и Ж приведены розы-диаграммы элементов коренного рельефа холмогорий, развитых в депрессиях Земли Уилкса и Восточно-Антарктической горной страны, наблюдаемых в пределах карты (т. е., расположенные к востоку и к западу от гор Комсомольских соответственно), а также их комбинации. Для первых характерны два направления: 30° (главное) и 300° (второстепенное). Простираение морфоструктур, располагающихся на территории горной страны, близко к субширотному. Помимо этого, имеется второстепенное направление 320°. Для всех морфоструктур этого типа характерно четкое СВ простираение.

Низкие горы располагаются, главным образом, в центральной и западной части изученного района. Высоты их привершинных частей от 1000 м до 1500 м; подошвы около 500 м. Для них характерны значительные перепады высот, порой превышающие 1000 м. Следует отметить, что из рассмотрения исключены Трансантарктические горы и горы Принс-Чарльз, поскольку на закартированной территории представлен лишь малый их фрагмент.

Элементы коренного рельефа в горах Комсомольских (KSM) также ориентированы преимущественно в СЗ направлении (рис. 6З). Анализ остальных низкогорных районов: гор Вернадского (VSM), Серлапова (SSM) и Полюса недоступности (PIM) показывает, что здесь преобладают совершенно иные простираения, – субортгональные по отношению к району гор Комсомольских (рис. 6И).

Для гор Гамбурцева (GSM), входящих в систему *средних гор*, – наиболее приподнятой части Центральной Антарктиды – типичны высоты более 1500 м. Привершинная часть располагается на высотах около 2000 м. Главное простираение элементов коренного рельефа – приблизительно 30° (рис. 6К).

Основные выводы

По высотному признаку рассматриваемая территория явственно подразделяется на два больших региона: “*западный*” и “*восточный*” (рассмотрение фрагментарно прослеживаемого массива Трансантарктических гор выходит за рамки настоящей публикации). Их границей являются западные части равнин Восточной (VSH) и Шмидта (SSB). “Западный”, по сути – фрагмент обширной горной страны, которая включает в себя большую часть всех горных систем Восточной Антарктиды [1, 18, с. 186–187]. Он приподнят и в большей степени расчленен, по сравнению с “восточным”. В частности, средняя высота “западного” региона составляет 785 м, а “восточного” – 75 м. Более существенное различие состоит в том, что для первого района типичны простираения линейных элементов 30 и 340°. Для второго – 30 и 90° (рис. 6Л, М).

Указанные совпадения простираений морфоструктур не могут оказаться случайными. Они отражают глубинные процессы формирования земной коры всей центральной части Восточной Антарктиды. В подледный рельеф запечатлены, как минимум, два этапа формирования рассматриваемой территории. Первый отвечает периоду платформенного развития устойчивых участков земной коры со слабым проявлением тектонической активности. Они развиты к востоку от меридиана оз. Восток и характеризуются спокойным, слаборасчлененным рельефом с абсолютными высотами до 300 м. Второй этап пережили глубоко образованные подвижные складчатые области, где (особенно в кайнозое) тектонические движения отличались большой амплитудой и резкой дифференциацией по площади. Им присущ резко контрастный рельеф, в котором высокогорные пространства тесно сочетаются с межгорными депрессиями [30].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Lythe M.B., Vaughan D.G. and the BEDMAP Consortium.* BEDMAP-bed topography of the Antarctic, 1:10000000 scale map. BAS (Misc) 9. Cambridge: British Antarctic Survey, 2000.
2. *Popov S.V., Leitchenkov G.L., Moskalevsky M.Yu. et al.* ABRIS Project: new bedrock topography map for central Antarctica // *Proceedings of the 10th ISAES.* Edited by A.K. Cooper and C.R. Raymond et al. 2007. USGS Open-File Report 2007–1047. Extended Abstract 026. 4 p.
3. *Попов С.В., Харитонов В.В., Масолов В.Н. и др.* Проект ABRIS: ледниковый покров и коренной рельеф района куполов Аргус, Конкордия, Титан и Фуджи (Восточная Антарктида) // МГИ. 2007. Вып. 103. С. 75–86.
4. *Popov S.V.* Overview of Russian Radio Echo Sounding and ground reflection seismic investigations in Antarctica from 1970 to the present day // *Antarctica and global change: interactions and impacts.* Hobart, Tasmania, Australia. 13–18 July. 1997. P. 0156.
5. *Попов С.В., Масолов В.Н., Волнухин В.С.* 40 лет отечественным радиолокационным исследованиям в Антарктиде // Программа и тез. докл. науч. конф. “Россия в Антарктике”, 12–14 апреля 2006 г. СПб.: 2006. С. 189.
6. *Попов С.В., Масолов В.Н., Лукин В.В. и др.* Современные отечественные сейсмо-радиолокационные исследования в Центральной Антарктиде в преддверии Международного Полярного Года // МГИ. 2007. Вып. 103. С. 107–117.
7. *Masolov V.N., Kudryavtzev G.A., Sheremetiev A.N. et al.* Earth science studies in the Lake Vostok Region: existing data and proposals for future research // *SCAR International Workshop on subglacial lake exploration.* Cambridge, England. September 1999. P. 1–18.
8. *Масолов В.Н., Лукин В.В., Шереметьев А.Н. и др.* Геофизические исследования подледникового озера Восток в Восточной Антарктиде // ДАН. 2001. Т. 379. Вып. 5. С. 680–685.
9. *Masolov V.N., Popov S.V., Lukin V.V. et al.* Russian geophysical studies of Lake Vostok, Central East Antarctica // *Antarctica – Contributions to Global Earth Sciences.* New York: Springer Berlin Heidelberg, 2006. P. 135–140.
10. *Попов С.В., Черноглазов Ю.Б., Масолов В.Н. и др.* Результаты радиолокационного профилирования вдоль трассы следования санно-гусеничного похода Мирный – Восток // Программа и тез. докл. науч. конф. “Россия в Антарктике”, 12–14 апреля 2006 г. СПб.: 2006. С. 191.
11. *Попов С.В., Масолов В.Н., Москалевский М.Ю.* Новый проект по картированию ледникового покрова и коренного рельефа Антарктиды // XIII Гляциологический симп. “Сокращение гляциосферы: факты и анализ”, СПб.: 2004. С. 110–111.
12. *Lythe M.B., Vaughan D.G. and the BEDMAP Consortium.* BEDMAP: A new ice thickness and subglacial topographic model of Antarctica // *JGR.* 2001. V. 106. № B6. P. 11.335–11.351.
13. *Попов С.В., Масолов В.Н., Лейченко Г.Л. и др.* Проект ABRIS: современные представления о толщинах ледникового покрова и подледном рельефе Восточной Антарктиды в секторе 30–150° в.д. // Симп. “Гляциология в канун Международного Полярного Года”. Пушкинские Горы 9–12 октября 2006 г. С. 13.
14. *Ласточкин А.Н.* Морфотектоническое районирование Антарктики. I. Теоретическое обоснование // *Вестн. СПбГУ.* 2006. Сер. 7. Вып. 1. С. 30–57.
15. *Богородский В.В., Бенгли Ч.Р., Гудмандсен П.* Радиогляциология. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 308 с.
16. *Попов С.В.* Применение ледовой локации для гляциологических исследований // *Тр. XX и XXI Всерос. симп. “Радиолокационное исследование природных сред”.* ВКА им. Можайского, 2003. Вып. 3. С. 57–64.
17. *Мачерет Ю.Я.* Радиозондирование ледников. М.: Науч. мир, 2006. 392 с.
18. *Атлас Океанов. Антарктика.* СПб.: Гл. упр. навигации и океанографии М.О. РФ, 2005. 280 с.
19. *Ласточкин А.Н.* Системно-морфологический подход к определению сложных геоморфологических образований (в связи с картографированием подводно-подледного рельефа Антарктики). I. Место и значение орографии в науке и практике // *Вестн. СПбГУ.* 2004. Сер. 7. Вып. 1. С. 33–45.
20. *Симонов Ю.Г.* Геоморфология. СПб.: Питер, 2005. 427 с.
21. *Шукин И.С.* Общая геоморфология. М.: Изд-во МГУ, 1960. Т. 1. 616 с.
22. *Попов С.В., Шереметьев А.Н., Масолов В.Н. и др.* Береговая черта подледникового озера Восток и прилегающие водоемы: интерпретация данных радиолокационного профилирования // МГИ. 2005. Вып. 98. С. 73–80.
23. *Ласточкин А.Н.* Рельеф земной поверхности. Л.: Недра, 1991. 340 с.
24. *Tessensohn F.* Continental transform faults: Break-up examples from the Antarctic and the Arctic // *Antarctica: A Keystone in a Changing World – Online Proceedings of the 10th ISAES X.* 2007. USGS Open-File Report 2007–1047. Extended Abstract. V. 162. 3 p.

25. *Ferraccioli F., Bozzo E.* Inherited crustal features and tectonic blocks of the Transantarctic Mountains: An aeromagnetic perspective (Victoria Land, Antarctica) // *JGR*. 1999. V. 140. № B11. 25.297–25.319.
26. *Fitzgerald P.G., Bialas R.W., Buck W.R. et al.* A plateau collapse model for the formation of the West Antarctic rift system/Transantarctic Mountains, in Antarctica: A Keystone in a Changing World // *Online Proceedings of the 10th ISAES X*. 2007. USGS Open-File Report 2007–1047. Extended Abstract 087. 4 p.
27. *Studinger M., Bell R., Karner G.D. et al.* Ice cover, landscape setting and geological framework of Lake Vostok, East Antarctica // *Earth Planet. Sci. Lett.* 2003. V. 205. P. 195–210.
28. *Leitchenkov G.L., Verkulich S.R., Masolov V.N.* Tectonic setting of lake Vostok and possible information contained in its bottom sediments // *Lake Vostok study: Scientific objectives and technological requirements. International Workshop*. March 24–26, 1998. AARI. St. Petersburg, Russia. 1998. P. 62–65.
29. *Леонов В.О., Попов С.В., Масолов В.Н.* Геологическая интерпретация аэрогеофизических данных по центральной части Восточной Антарктиды // *М-лы научн. конф. “Россия в МПГ 2007–2008 – первые результаты”*. 3–9 октября 2007 г., Сочи. С. 100.
30. *Справочник по тектонической терминологии* 1970. М.: Недра, С. 581.
31. Antarctic Digital Database, Version 2.0. Manual and bibliography // *Scientific Committee on Antarctic Research. British Antarctic Survey. Cambridge*. 1998. 74 p.
32. *Siebert M.J., Carter S., Tabacco I. et al.* A revised inventory of Antarctic subglacial lakes // *Antarctic Science*. 2005. V. 17(3). P. 453–460.
33. *Popov S.V., Masolov V.N.* Forty-seven new subglacial lakes in the 0–110° sector of East Antarctica // *J. Glaciol.* 2007. V. 53. №. 181. P. 289–297.
34. *Composite Gazetteer of Antarctica / Salladini A. PNRA*, 1 April. 2007.

ПМГРЭ, СПб – Ломоносов

Поступила в редакцию
20.11.2007

SUBGLACIAL RELIEF OF THE CENTRAL PART OF EAST ANTARCTICA (ACCORDING TO DATA OF ABRIS PROJECT)

S.V. POPOV, V.O. LEONOV

S u m m a r y

The East Antarctica may be subdivided into 5 regions: basins and troughs (<–100 m), plains (–100–400 m), hills (400–1000 m), low mountains (1000–1500 m), middle mountains (>1500 m). There are evidences of at least two stages of subglacial relief formation. The first stage corresponds to platform type development with weak tectonic activity. The second one is characteristic of mobile folded zones where tectonic movements had large amplitudes and strong spatial differentiation (especially during Cenozoic era).