

УДК 551.417

## БЕРЕГА МИКРОКОНТИНЕНТА ЮЖНАЯ ГЕОРГИЯ В РЕШЕНИИ ВОПРОСОВ ГОЛОЦЕНОВОЙ ЭВСТАЗИИ

© 2016 г. Н. Н. Дунаев

Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва

e-mail: [dunaev@ocean.ru](mailto:dunaev@ocean.ru)

Поступила в редакцию 25.02.2015 г.

Материалы по геолого-геоморфологическому строению и морфолитодинамике северных берегов микроконтинента Южная Георгия позволили сделать вывод о том, что в голоцене уровень моря в регионе не превышал его современного положения, которого он достиг не позднее 1 т.л.н. в процессе поднятия после предшествующей эпохи глобального оледенения. Автор полагает, что микроконтиненты как структурные элементы земной коры являются благоприятными полигонами, где с большой достоверностью можно изучать тенденции и скорости изменения голоценового, в т.ч. и современного, уровня моря. Подобные исследования выходят за рамки региональных и будут способствовать решению ряда вопросов глобального естествознания.

DOI: 10.7868/S0030157416030059

### ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время нет единого представления об особенностях голоценовой эвстазии Мирового океана в целом и в отдельных его регионах в частности. Благоприятными объектами для изучения данной проблемы являются побережья микроконтинентов как крупных геоструктурных элементов, характеризующихся постоянством в направленности и небольшой дифференцированностью осложняющих их молодых вертикальных тектонических движений. Достоверность результатов изучения тенденции и скорости изменения голоценового и современного уровня моря повышается при исследованиях в практически бесприливных (амплитуда до 0.5 м) географических широтах.

Статья написана по результатам работ автора во время рейса в Антарктику научно-исследовательского судна «Академик Сергей Вавилов», принадлежащего Институту океанологии РАН. Особое внимание было уделено острову Южная Георгия (рис. 1) как наиболее крупной надводной части одноименного микроконтинента. Расположенный в одной из самых динамичных, с незначительными морскими приливами (поскольку Луна вращается вокруг Земли ближе к ее северным широтам), наиболее богатой планктоном природной зоне Мирового океана, остров Южная Георгия и его шельф представляют большой интерес в разносторонних их исследованиях, в том числе в направлении изучения проблемы колебаний морского уровня в позднем неоплейстоцене–голоцене и проявлений особенностей новей-

шей тектоники в условиях микроконтинента. Последние аспекты и рассматриваются автором на примере ключевых районов северного островного побережья.

### ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ОЧЕРК МИКРОКОНТИНЕНТА ЮЖНАЯ ГЕОРГИЯ

Орографически остров относится к архипелагу Южных Антил, который акцентирует часть межконтинентального дугообразного горного сооружения Южно-Антильской островной дуги, расположенной на восточном продолжении Южно-Антильского хребта. Последний прослеживается из Юж-



Рис. 1. Остров Южная Георгия (Субантарктика). 1 – Б. Фортуна, 2 – б. Стромнесс, 3 – залив Камберленд, 4 – п-ов Тэтчер, 5 – б. Эндрю, 6 – б. Голд Харбор.

ной Америки в акваторию Атлантического океана на расстояние примерно 1400 км к юго-востоку от Фолклендских островов. Площадь острова составляет около 4 тыс. км<sup>2</sup>, рельеф горный альпийский, многие пики которого превышают 2 км при максимальной отметке 2934 м. Прибрежная суша либо плавно повышается до высоты около 20 м, сменяясь через небольшое расстояние более высоким и дифференцированным рельефом, либо (что чаще) представлена крутыми склонами, сопрягающимися с морем обрывами высотой до 50–75 м. В условиях субполярного морского климата (сравнимого с климатом северной Исландии) более 50% территории постоянно находится под снежно-ледниковым покровом, получившим преимущественное развитие с южной стороны, где снеговая граница лежит на отметке около 300 м. На север-северо-восточной стороне снеговая граница находится на уровне 450–600 м. Здесь в предгорьях широко представлен тундровый ландшафт, а на побережье прослеживаются океанические луга, на которых доминирует осока. Высотный предел распространения растительности не превышает 80 м [39, 52]. Северная береговая линия острова, омываясь Антарктическим циркумполярным течением, скорость которого в приповерхностном слое акватории находится в пределах 0.4–0.9 км/ч, отличается сильной расчлененностью.

Располагаясь на южной границе полярного атмосферного фронта, остров подвержен циклонам и сильным, со скоростью до 50 м/с ветрам преимущественно З-СЗ направления (“бравые весты”) с короткими периодами затишья и более слабыми ветрами ЮВ направления. Эти воздушные массы осложняются циркумполярными потоками, что приводит к сильной турбулентности воздуха.

Поверхность островного шельфа относительно выровнена, но расчленена протягивающимися до края шельфа долинообразными понижениями до десятков километров в поперечнике и более 100 м глубиной, продолжающимися на суше в направлении главных ледников. Ширина шельфа составляет 50–150 км, глубины, как правило, менее 200 м, а геологическое строение идентично островному. В прибрежной морской зоне на глубинах 2, 4.8, 6–7 и 20–50 м установлены уровенные поверхности, предположительно сформированные морскими волнами во время голоценовой трансгрессии [30]. В зимнее время образуется паковый лед, который простирается до 200 км в северном и значительно дальше в южном направлениях. В то же время некоторые бухты лишь ненадолго покрываются тонким, обычно дрейфующим, льдом [20].

## ПРОИСХОЖДЕНИЕ И ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ МИКРОКОНТИНЕНТА ЮЖНАЯ ГЕОРГИЯ

Геотектонически о. Ю. Георгия и ряд сопредельных подводных возвышенностей и скал являются северным звеном Южно-Антильской островной дуги, включающей также восточное звено с Южно-Сандвичевыми островами и южное с островами Южно-Оркнейскими и Южно-Шетландскими. Северное звено представляет собой типичный глыбовый хребет, фиксирующий блок континентальной коры приблизительным размером 350 × 200 км и зоны субширотных разломов сдвиговой кинематики. Края блока круто, особенно в северном и южном направлении, обрываются к океаническим глубинам, превышающим 3 км. Его вершиной и является о. Ю. Георгия. В соответствии с концепцией тектоники литосферных плит многие исследователи рассматривают блок как микроконтинент – отторженец, сформированный вследствие раскола мегаконтинента Гондвана и движения образовавшихся литосферных плит, которое в Южной Атлантике началось около 140 млн. л. н. и завершилось в позднем мелу [24]. При этом его современное местоположение объясняется неоднозначно. Рассматривается его обособление от отделившегося в позднем мелу от Гондваны суперконтинента Южная Америка и отставание от последнего в движении в западном направлении, либо перемещение от Южной Америки вследствие формирования моря Скотия, начавшегося в раннем?–среднем палеогене [34, 44]. Предполагается, в частности, что блок тектонически был единым с районом, включающим м. Горн и о. Огненная Земля, от которого отчленился. В пользу такого структурного соединения, продолжающегося в складчатую горную систему (Кордильеру) Патагонских (Южных) Анд, может свидетельствовать идентичность геологического разреза о. Южная Георгия, а также очертания расположенных между ними морских изобат [13]. По мнению Хаина [26] о. Ю. Георгия является следствием субдукции ложа моря Скотия (Скоша) под, в основном подводный, Северный хребет дуги Скотия. Не исключается также местное происхождение блока как осколка докембрийского кратона, уцелевшего в процессе преобразования континентальной коры в океаническую и возвышающегося над обрушенными и погруженными на глубину сопредельными фрагментами.

По геологическому строению о. Южная Георгия, как отмечено выше, сходен с о. Огненная Земля. Низы разреза представлены метаморфическим комплексом палеозойского и раннемезозойского (триас) возраста, граувакковыми породами юры, флишем раннего и молассой позднего мела. На крайнем юго-востоке острова развиты офиолиты позднеюрско-раннемелового возраста.

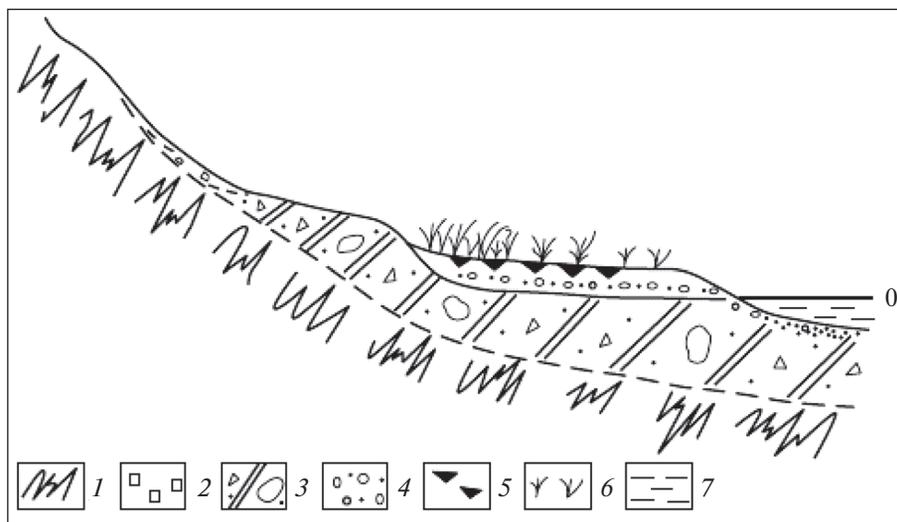
та. Встречаются гранитоиды ранних киммерид и более молодые. Преобладают интенсивно дислоцированные около 80 млн. л. н. алевролиты, аргиллиты, песчаники, поднятые в середине мела синхронно главному орогенезу Анд [31, 32]. Горные сооружения последних протягивались к Антарктическому полуострову, что послужило основанием называть их Антарктидами, включавших наряду с Антарктическим полуостровом Южно-Шетландские и Оркнейские острова, а блок Южной Георгии — фрагментом Антарктид [25, 26]. В соответствии с этим представляется, что субаэральные условия его осадочных пород наступили вследствие их поднятия до предполагаемого отделения блока от Южной Америки, произошедшего либо в позднем мелу, либо в палеогене приблизительно в период 40–20 млн. л. н. [40]. Отсутствие третичных отложений может свидетельствовать о поднятии острова в кайнозой. Сведения о его развитии в этот период в весьма ограниченном объеме касаются лишь позднечетвертичного этапа. Так, установлено, что при высокой сейсмичности островной дуги в целом, с расположением очагов землетрясений на малых, средних и больших глубинах, в пределах острова сейсмичность выражена слабо. Показано также, что остров в позднем неоплейстоцене-голоцене неоднократно подвергался ледниковой экспансии разного масштаба, однако в ряду морен сохранились только наиболее молодые [30]. В числе их относительно крупных генераций M.J. Bentley et al. [28] выделяют три: а) внешнюю с небольшой высотой ее края, б) 2–4 валунные морены, расположенные близко к внешней, а иногда перекрывающих, либо уничтоживших ее, в) комплексы небольших морен, достигших близких границ предыдущих и создающих в рельефе потокоподобные формы. Время формирования морен определено соответственно  $12.2 \pm 1.1$  тыс. л. н.,  $3.6 \pm 1.1$  тыс. л. н., 1.1 тыс. л. н. Наряду с этим установлены небольшие подвижки высокогорных ледников в 1750–1800 гг., в конце XIX и начале XX вв. При этом считается, что остров был полностью покрыт льдом лишь в раннюю из этих стадий его оледенения, а проградация ледников была более значительной в условиях потепления. Во время похолоданий морской лед и обрушение фронтальных частей при контакте с глубокой акваторией ограничивали дальность их продвижения, что предопределяло преимущественное распространение морен в пределах внутриостровных фиордов. По данным других исследователей [54] в ледниковый период позднего неоплейстоцена на острове существовали рефугиумы, где некоторые площади были совсем свободны ото льда, а на других дегляциация наступила 15.7 т. л. н., завершившись 9.5 т. л. н. Существующие в настоящее время горные ледники преимущественно стабиль-

ны и лишь отдельные подвержены незначительным колебаниям.

### ГЕОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЙ

Полевой период автора статьи на микроконтиненте носил рекогносцировочный характер, т.е. осуществлялось предварительное полевое обследование местности. При этом на некоторых участках все же было возможным выполнить более детальные наблюдения. Поэтому степень анализа геолого-геоморфологической обстановки побережья от места к месту неравноценна. Главное внимание уделялось районам, по которым имелась литературная информация. При весьма ограниченном ее объеме более подробные данные относятся к окрестностям залива Камберленд, расположенного на северо-восточном побережье, который в кутовой части разделен полуостровом Тэтчер на два менее крупных залива — Западный и Восточный. Последний, в свою очередь, также образует два ответвления, из которых западное известно как Moraine Fiord (рис. 1). Данные публикаций зарубежных коллег способствовали тому, что при высадках на берег особое внимание было уделено именно этому району и, в частности, п-ову Тэтчер. Полуостров, простираясь приблизительно на 10 км с севера на юг и на 5–12 км с востока на запад, характеризуется низкорельефом (макс. абс. отм. 677 м) рельефом, многочисленными временными маловодными потоками, небольшими каровыми, внутриморенными и ограниченными очагами постоянного льда озерами, преобладанием тундрового ландшафта земной поверхности, а на низменных участках морского побережья — развитием океанических лугов, где устраивают лежбища некоторые морские млекопитающие, в частности, морские слоны и львы, а также гнездятся птицы. Восточный берег полуострова осложнен б. Кинг Эдуард, в вершине которой расположен небольшой жилой комплекс Грютвикен, служивший в 1904–1964 гг. китобойной базой, оборудованной небольшим причалом на деревянных сваях, и с 1908 г. по настоящее время являющийся административным центром Южной Георгии, постоянное население которого, периодически изменяясь, не превышает первых десятков человек.

Анализ релевантной литературы и наблюдения автора позволяют утверждать, что полуостров Тэтчер обязан своим происхождением дифференцированным вертикальным движениям блоков приповерхностных горизонтов земной коры (по крайней мере до первого волновода) по тектоническим разломам СВ простирания (преимущественно  $45^\circ$ ), особенно активно проявившимся на позднекайнозойском этапе становления ост-



**Рис. 2.** Схематизированное строение аккумулятивной террасы на п-ове Тэтчер. 1 — коренные породы; 2 — склоновые отложения; 3 — морена ( $Q_3^4$ ); 4 — позднеголоценовые приустьевые терригенно-морские отложения; 5 — торфяник; 6 — растительность регионального океанического луга; 7 — акватория.

рова Южная Георгия. Современная структура полуострова представлена блоками размером до первых км<sup>2</sup>, предопределенных разломами СЗ (340°) и СВ (45°) простирания при доминировании первых. В его геологическом строении преобладают смятые в складки осадочные породы — песчаники, алевролиты и сланцы граувакковой формации с хорошо выраженной слоистостью. Их нижняя толща представлена формацией Sandebugten, которая сформировалась в позднем палеозое, а в мезозое была подвержена интенсивной складчатости с внедрением гранодиоритов. Верхняя толща (формация Cumberland) с характерной флишевой слоистостью сформировалась в раннем мелу и залегает со структурным несогласием. В строении ее приповерхностного горизонта широко представлены туфы спилитовых базальтов и встречаются пиллоу-формы. Эта формация распространена более чем на половину острова и образует большинство высокогорных пиков [39, 45, 51]. Коренные породы пронизаны кварц-полевошпатовыми жилами небольшой мощности и фрагментарно перекрыты характерными для данных географических широт отложениями четверичного возраста, среди которых наиболее распространены ледниковые и склоновые фации. На полуострове в локальных вогнутостях берега сформированы небольшие галечные пляжи, а по направлению береговой линии к названному выше фиорду в более крупных ее вогнутостях берег представлен низкой (2–2.5 м) аккумулятивной морской террасой шириной до нескольких десятков метров. Бывший уступ размыва в ее тыловой части выположен денудационными процессами и

зарос густой травянистой растительностью, типичной для местных океанических лугов.

#### СЕВЕРНЫЕ БЕРЕГА ОСТРОВА ЮЖНАЯ ГЕОРГИЯ

Анализ геолого-геоморфологического строения полуострова Тэтчер и береговых форм других участков северного побережья позволяет сделать вывод о кинематике позднеголоценового уровня моря в данном регионе. В качестве примера можно привести южное побережье полуострова, где была обследована низкая аккумулятивная терраса, сложенная гравийно-галечным материалом (рис. 2). Ее поверхность незначительно наклонена в сторону моря и на большей площади представлена океаническим лугом. В сторону моря травяной покров из сплошного переходит сначала в куртины, которые затем сменяются отдельными экземплярами; в приустьевой части располагается пологий гравийно-галечный пляж шириной до первых метров с высотой бермы 40–50 см. Таким образом, видим продвижение луговой растительности к морю, что связано с отступанием уреза воды и опреснением освобождающейся суши. Сплошное развитие луговой растительности привело к формированию адекватного по площади горизонта торфяника, характеризующегося низкой степенью разложения растительности, высокой влажностью и небольшой мощностью, которая выклинивается по направлению к берегу и возрастает до 30–37 см в сторону тылового шва террасы. Подстиляется торфяник галечником, идентичным пляжевому. Накопление слоя торфяника мощностью 30 см в данных географиче-



Рис. 3. Фрагмент абразионной голоценовой террасы с отмершим клифом в б. Фортуна (фото автора).

ских условиях произошло за 860–900 лет [10]. Более высоких морских террас или других береговых форм на полуострове, свидетельствующих о повышенном уровне моря в позднем квартере не встречено. При этом геолого-геоморфологические условия для их формирования, например, в голоцене (если бы уровень моря превышал современный на несколько метров, как это предполагают, в частности, известные исследователи [37, 55] и др.) благоприятные: отлогая приморская суша, сложенная слабо консолидированными субаэральными, преимущественно позднеоплейстоценовыми ледниковыми и склоновыми отложениями.

Похожая ситуация наблюдается и в других бухтах. Так, в кутовой части расположенной западнее бухты Стромнес низкая аккумулятивная терраса с высотой в приурезовой части около 1 м плавно повышается в сторону суши до 2 м, оканчиваясь либо отмершим уступом размыва там, где берег сложен рыхлыми отложениями, либо отмершим клифом при сопряжении с коренными породами. В б. Фортуна на низкой террасе шириной около 40 м хорошо выражены два береговых вала, из которых расположенный мористее имеет

абсолютную отметку +1 м, а следующий за ним на расстоянии 10 м другой вал — +2 м. Их относительные превышения над сопредельной поверхностью составляют 40–50 см. Площадка террасы переходит в отмерший клиф высотой 2.5–3 м, в котором выработаны небольшие ниши (рис. 3). В восточной части северного побережья острова наряду с аккумулятивными (б. Эндрю) террасами с высотой тылового шва до 3 м отмечаются и абразионные низкие террасы (б. Голд-Харбор) высотой 3.5–4 м. Аккумулятивный горизонт террас формировался при поперечном к берегу перемещению наносов соответствующих участков береговой зоны, поскольку не встречено признаков свободных береговых аккумулятивных форм. Следует также отметить, что на отдельных участках исследованного побережья урез воды подходит непосредственно к океаническому лугу, расположенному в локальном понижении рельефа. Здесь под действием морских волн образуются уступы размыва и вдающиеся вглубь суши промоины, которые превращают выровненную поверхность луга в торфяной кочкарник с высотой этих морфоскульптурных образований до нескольких десятков сантиметров. Такой ландшафт может

свидетельствовать либо о проявлении локальных тектонических опусканий, либо о статичном состоянии соответствующих участков в позднем голоцене.

### АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ФАКТОРОВ РАЗВИТИЯ СЕВЕРНЫХ БЕРЕГОВ ОСТРОВА ЮЖНАЯ ГЕОРГИЯ

Приведенные данные позволяют считать, что характер изученных берегов свидетельствует, в целом, о тектоническом поднятии острова в голоцене, которое, вероятно, является следствием глобальной фазы неотектогенеза, значимо проявившейся в регионе с 2.5–1.5 млн. л. н. [24]. Роль литологического фактора отражается прежде всего в разном строении береговых форм (площадок, тыловых уступов террас и др.), поддержании обусловленного новейшей тектоникой развития берега по аккумулятивному или абразионному сценарию, влиянии на местоположение береговой линии в горизонтальном пространстве и масштабах ее смещения на тех или иных участках побережья, а не на высотные отметки мест развития абразионных или аккумулятивных образований. Литология влияет на локальные очертания береговой линии, размеры и облик береговых форм, а не на высоты террас. Небольшие различия в высотах береговых форм можно объяснить положительными дифференцированными молодыми вертикальными движениями соответствующих прибрежных тектонических блоков, скорость которых в соответствии с выше сказанным достигает 1.7–2 мм/год. Этот вывод хорошо согласуется с результатами исследований в других регионах, в частности, на архипелаге Новая Земля [14]. Блоки осложнены трещинами, а их размеры не превышают первых км<sup>2</sup>. Допускать, что поднимающийся на протяжении кайнозоя микроконтинент Ю. Георгия вдруг около 1000 л. н. подвергся голоценовой трансгрессии, сформировавшей низкую ровную поверхность, представляющую в настоящее время указанными береговыми формами и на протяжении последующих лет отступавшей до современного уреза, едва ли правомочно хотя бы потому, что высоты террас должны бы быть больше, поскольку к величине их относительного поднятия (вследствие регрессии) необходимо добавить унаследованное тектоническое. Если бы формирование голоценовых террас происходило под влиянием эвстазии с превышением уровня моря над современным на несколько метров, то на аккумулятивных террасах наблюдался бы, во-первых, трансгрессивно – регрессивный разрез осадочного чехла. Во-вторых, в сторону суши *повсеместно* на побережье, а не на отдельных его участках (что могло быть следствием пульсации дифференцированных по площади молодых тектонических вертикальных движений) наблюда-

лась бы “*лестница*” береговых форм — террас, ниш и др. этого возраста. В нашем случае вдоль северного побережья микроконтинента наблюдается только регрессивное строение чехла аккумулятивных террас и один горизонт береговых форм, небольшие различия в высотах которого связаны с приуроченностью отдельных его участков к разным неравномерно поднимающимся тектоническим блокам.

Предполагать возможность проявления в позднем голоцене постнеоплейстоценового гляциоизостатического поднятия исследуемых берегов, вне зависимости от взглядов исследователей на эту проблему, также не приходится. Во-первых, потому, что горно-долинные ледники острова, стекая со склонов гор непосредственно в море, не могли быть большой мощности в пределах узких горных подножий, а во-вторых, гляциоизостатическая компенсация и выравнивание изостазии (если допускать, как это делают многие исследователи, прогибание земной коры под нагрузкой ледника на 1/3 или 2/7 его мощности) даже в областях более широкого и интенсивного развития оледенения с поперечником в сотни километров происходит геологически быстро — за несколько сотен–тысячу лет [2, 3, 47]. Так, в Феноскандии, где многими исследователями *небесспорно* предполагается существование в позднем неоплейстоцене ледникового щита мощностью до нескольких километров, уже в субатлантическом периоде признаков компенсирующей изостазии не отмечается [38]. О соизмеримости скорости поднятий Балтийского щита на протяжении последних 2–3 тысячелетий с современными (в то время как в геологически кратковременном процессе таяния предполагаемого ледникового массива они должны были быть выше в разы) свидетельствуют также данные Лилиенберга и др. [19]. К этому можно добавить, что близкий по геоструктуре Бразильский кристаллический щит, где не было оледенения, поднимается примерно с такой же скоростью, что и Лаврентийский и Балтийский щиты. Следовательно, если допустить, что в позднем неоплейстоцене изостатическое равновесие микроконтинента Южная Георгия и было несколько нарушено оледенением, то оно выровнялось еще задолго до атлантического оптимума голоцена. К тому же существует точка зрения о том, что явление гляциоизостазии вообще не имеет существенного значения и эта концепция нуждается в пересмотре [18, 21, 27]. Заслуживающие внимания новые представления о ледниковых событиях, их масштабах, количестве отмечены также на VI Всероссийском совещании по изучению четвертичного периода (Новосибирск, 2009). В этом контексте можно напомнить, например, что к настоящему времени пока нет приемлемого объяснения геологически быстрому (в течение первых, по некоторым оценкам

всего двух, тысяч лет) таянию предполагаемых объемов поздненеоплейстоценовых ледниковых щитов (для чего температура воздуха должна бы быть, как в современной Сахаре), причин, препятствующих под их воздействием оттоку углеводородов в перигляциальные области (в частности, на Аляске залежи нефти встречаются даже в бывших под ледником четвертичных отложениях), находкам синхронной реликтовой и эндемичной флоры и фауны в областях предполагаемых ледниковых щитов, стоянок древних людей, тому, что при существующих у разных народов преданиях о великих потопах неизвестна информация о великих оледенениях и др.

Надо сказать, что главным аргументом в пользу концепции гляциоизостазии послужили результаты гравитационных измерений в Скандинавии и Северной Америке (областях предполагаемого развития крупнейших оледенений). По мнению проводивших измерения геофизиков западноевропейской и североамериканской научных школ выявленное наличие изостатических аномалий (отклонение погруженных в астеносферу соответствующих территорий земной коры от равновесного состояния, которое должно было бы быть согласно закону Архимеда) в виде отрицательных аномалий силы тяжести *безусловно* указывает на отсутствие равновесия в земной коре после удаления мощной нагрузки ледниковых покровов вследствие их таяния в голоцене. При этом каких-либо сопоставительных обоснованных расчетов не приводится. Например, нет оценки возможных региональных изменений астеносферы, вязкость которой в 2–3 раза меньше вязкости земной коры и которая отличается значительным изменением физического состояния по латерали и в разрезе. Не рассматривается возможность упрочнения литосферы, влияния региональной тектонической структуры, когда отрицательные аномалии приурочены к областям опускания, специфички геологического строения (т. н. гравитационные участки – “холмы”, “воронки”, “пятна”) и др. Не приводятся данные и о приледниковых прогибах, которые, учитывая, в частности, предполагаемую мощность в 3–4.5 км [56] и степень давления на земную кору ледникового щита Северной Америки (Лаврентийского) с указанной выше амплитудой ее прогибания, могли достигать десятков километров ширины и достаточной глубины для проникновения вод сопредельной морской акватории и накопления ледниково-морских отложений, которые по мере осцилляции края ледника могли чередоваться с ледниково-озерными. Известно, что факты – категория упрямая, но трактовать их можно по-разному и вполне реально, что если бы указанные специалисты не слышали о ледниковой экспансии, то дали бы иное объяснение своим наблюдениям. Тем не менее, в основном именно на этих

наблюдениях зиждется представление о реальности феномена гляциоизостазии, то есть чуткой реакции вертикальных движений земной коры на геологически быстрое появление и еще более быстрое исчезновение огромных по размерам и тяжелых ледниковых щитов.

Широко применяемая зарубежными исследователями модель гляциоизостазии ICE-4G [49] и оценка на ее базе изменений уровня океана основана лишь на *теоретических представлениях* о вязкости мантии и ее *возможной* реакции на величину и продолжительность экзогенной нагрузки на земную кору, в зависимости от которых она, *предположительно*, может вести себя либо как упругое тело, либо как жидкость [53]. При этом модель не учитывает влияние на уровень моря синхронных тектонических деформаций, изменений рельефа и глубин на обширнейшей территории ложа Мирового океана. Регулярные в последние годы гравиметрические измерения на Северо-Американском континенте по профилю от штата Айова до Гудзонова залива (рис. 4) с целью изучения предполагаемого согласно закону Архимеда постгляциального изостатического выравнивания земной коры региона показали, что наблюдаемые значения силы тяжести существенно выше теоретических, в т. ч. рассчитанных по моделям ICE 3G и ICE 4G, а также по модели латерально однородной стандартной Земли. Чтобы привести в соответствие наблюдаемые и модельные данные, нужно либо предположить 50% увеличение и без того немалой, как указано выше, мощности бывшего Лаврентийского ледника, на долю которого относят 75% амплитуды понижения уровня Мирового океана в позднем неоплейстоцене [56], либо скорректировать предполагаемую вязкость верхней мантии в сторону увеличения в 2–3 раза [43].

К настоящему времени проблемы изостазии и реакции земной коры на экзогенные нагрузки разработаны еще слабо, примером чему являются, в частности, пока необъясненные случаи *несовпадения* рельефа поверхности Мохо и контуров областей постледниковых поднятий с адекватным знаком аномалий силы тяжести, не повсеместное распространение астеносферы, наличие в литосфере ослабленных горизонтов–волноводов, где должна происходить диссипация и без того уменьшающейся по экспоненте экзогенной нагрузки и пр. [1, 6, 8, 11, 16, 22, и др.]. Часто вертикальные движения поверхности Земли происходят в направлении, противоположном тому, которое должно бы быть согласно принципу изостазии, современные представления о которой являются далеко неоднозначными. Так, Прикаспийская впадина погружается, а должна была бы подниматься; в некоторых горных массивах отмечается избыток масс (Средняя Азия). Продолжаются дискуссии о возможности появления, раз-

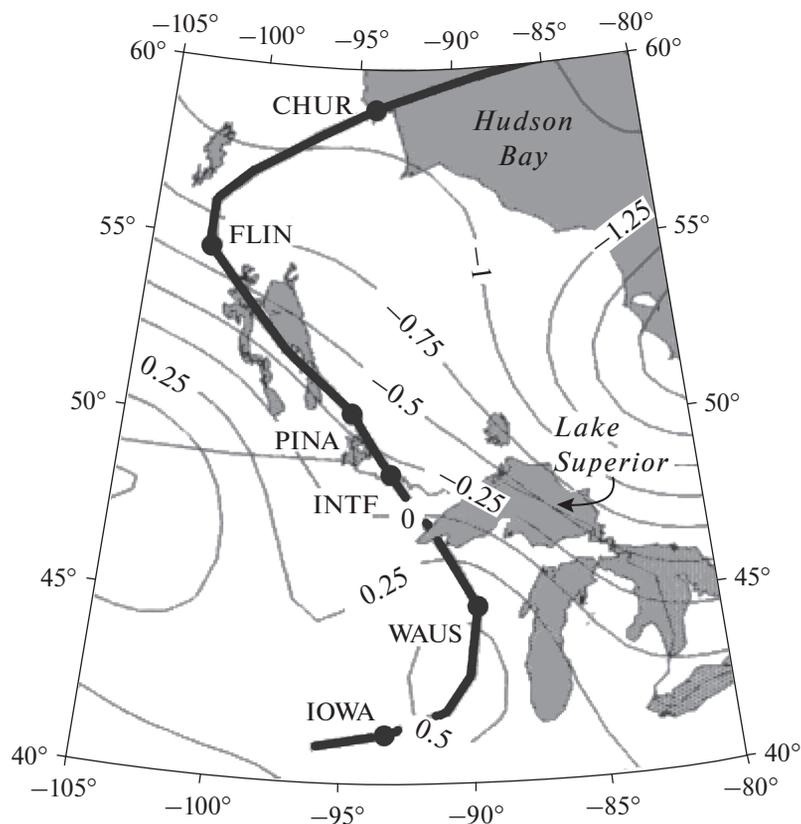


Рис. 4. Гравиметрический профиль через Северную Америку (Lambert, Courtier, 2001).

мерах и развитии предледниковых прогибов и валов. Нет и отчетливой увязки распределения мощностей льда и площадей покровных оледенений. Известно, что над центральными областями последних господствуют антициклоны, при которых выпадение образующих лед осадков ничтожно мало. Например, в Антарктиде их едва выпадает 3–5 см/год. Следовательно, при доминирующей на сегодня парадигме гигантских покровных оледенений в позднем неоплейстоцене [9, 46 и др.] необязательно предполагать повсеместную их мощность, измеряемую в километрах, которую, кстати, исследователи постоянно понижают, например, для Балтийского щита от 18 км до 11, 7, 3.5–2.5 км и даже всего до сотен метров и трех куполов [5, 7, 12, 17, 23 и др.]. Нарастивание ледниковых площадей может происходить не столько в их центральных частях, сколько в пределах постоянно продвигающейся их периферийной зоны как следствие выпадения атмосферных осадков обтекающих циклонов. Соответственно требуют уточнения представления о масштабах и мощностях ледниковых щитов, а также о самой возможности и размерах прогибания земной коры (а не некоторого понижения ее поверхности вследствие уплотнения геологических отложений) под

давлением таких предполагаемых ледниковых массивов.

Изложенное выше дает больше оснований сделать вывод о том, что уровень Мирового океана в голоцене, и прежде всего в южном полушарии, не только в субатлантическое время, но и в целом в послеледниковье не превышал современный. Он либо с незначительными колебаниями асимптотически приближался к нему, либо, достигнув его несколько т. л. н., в дальнейшем испытывал лишь небольшие флуктуации, которые при их различии по географической широте едва ли превышали 0.3–0.5 м, будучи обусловленными кратковременными гидро- и метеорологическими причинами, нерегулярным перераспределением водных масс, гравитационными деформациями эквипотенциальной поверхности Мирового океана и др. Во всяком случае, это можно утверждать по отношению к Антарктике, если согласиться с тем, что построение применительно к голоцену универсальной эвстатической кривой в целом для Мирового океана не достижимо. На основании проведенных исследований можно предполагать, что уровень моря стал адекватным современному не позднее 1000 л. н. и в дальнейшем колебался в пределах нескольких десятков сантиметров по указанным выше причинам. Мнение ряда исследова-

телей о более значительных амплитудах колебания уровня Мирового океана в голоцене не достаточно убедительно, поскольку не принимаются во внимание многие факторы, в числе которых отсутствие учета современного тектонического местоположения постов долговременного наблюдения за уровнем моря, в результате чего измеряются его относительные изменения, которые и абсолютизируются, хотя иногда с оговоркой, что тектоническими движениями можно пренебречь. Поэтому даже для сопредельных морей одного и того же океана гидрокинематика уровня определяется неоднозначно. Так например, считается, что уровень Баренцева моря понижается, а в сопредельных восточнее расположенных морях повышается [4]. К этому следует добавить, что в последние годы все больше появляется публикаций по разным регионам Мира, подтверждающих выводы многих видных исследователей второй половины XX в. [42, 48, 50 и др.] о том, что уровень моря в голоцене не превышал современный [15, 29, 33, 36, 41 и др.]. Известно также, что уровень океана повышается с уменьшением масштаба оледенений. В этой связи нельзя не отметить, что современные размеры шельфовых ледников Антарктиды за последние 10 т. л. являются наименьшими [35] и соответственно уровень океана за этот период — наивысоким.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Автор полагает, что проведенные исследования выходят за рамки региональных и надеется, что они послужат дальнейшему развитию представлений о послеледниковом уровне моря, который, по крайней мере в субатлантическом периоде голоцена (без учета возможных изменений емкости Мирового океана), характеризуется лишь незначительными, в пределах нескольких десятков сантиметров, колебаниями с небольшими региональными различиями относительно его современного положения, обусловленными, главным образом, геологически кратковременными глобальными изменениями климата. На этом фоне направленность миграции береговой линии в сторону моря или суши определяются неотектоническим и в меньшей мере местными литологическим и гидродинамическим факторами конкретных участков береговой зоны.

Хотелось бы отметить, что нередко модели природных сценариев создаются полностью, либо в значительной мере на умозрительных допущениях и в дальнейшем воспринимаются как нечто реальное. Это относится к проблеме и оледенений, и колебаний уровня моря. Автор надеется, что работа послужит сближению взглядов исследователей по проблеме позднеплейстоценового глобального оледенения и связанной с

ним кинематики уровня Мирового океана в голоцене.

Работа выполнена при финансовой поддержке Госзаказа, тема 0149-2014-0035 и Программы Президиума РАН № 13П.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Артемьев М.Е.* Современное состояние проблемы изостазии // Строение и эволюция тектоносферы. К 80-летию со дня рождения В.В. Белоусова. М.: ИФЗ АН СССР, 1987. С. 216–252.
2. *Артюшков Е.В.* Четвертичные оледенения и трансгрессии в Западной Сибири // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1967. № 7. С. 98–114.
3. *Артюшков Е.В.* Геодинамика. М.: Наука, 1979. 328 с.
4. *Ашик И.М., Дворкин Е.Н., Прошутинский А.Ю., Прямыков С.М.* Современные тенденции изменения уровня арктических морей России // Труды РАО-03. СПб.: ААНИИ, 2003. С. 322–326.
5. *Былинский Е.Н.* Влияние гляциоизостазии на развитие рельефа Земли в плейстоцене. М.: Нац. геофиз. ком., 1996. 212 с.
6. *Вержбицкий М.Я., Монин А.С.* Моделирование четвертичных оледенений // Докл. АН СССР. 1986. Т. 287. № 1. С. 82–86.
7. *Войков А.И.* Климатические условия ледниковых явлений настоящих и прошедших. Записки Санкт-Петербургского Минералогического общества. Т. 7. Сер. 2. Ч. 16. СПб.: 1881. С. 21–90; Избр. Соч. М.: АН СССР. Т. III, 1952. С. 321–364.
8. *Грачев А.Ф.* Некоторые вопросы гляциоизостазии // Изостазия. М.: Наука, 1973. С. 152–157.
9. *Гросвальд М.Г.* Оледенение Русского Севера и Северо-Востока в эпоху последнего великого похолодания // Материалы гляциологических исследований. М.: Наука, 2009. Вып. 106. 151 с.
10. *Дунаев Н.Н., Сулержбицкий Л.Д.* Остров Южная Георгия как благоприятный полигон для изучения голоценовых колебаний уровня моря // Геоморфологические и палеогеографические исследования полярных регионов. Сборник материалов. СПб.: СПбГУ, 2012. С. 114–117.
11. *Дунаев Н.Н.* Проблема гляциоизостазии в развитии береговой зоны Байкала // Труды 3-й Междунар. Конфер. “Создание и использование искусственных земельных участков на берегах и акватории водных объектов”. Иркутск: ИЗК СО РАН, 2013. С. 87–90.
12. *Евзеров В.Я., Николаева С.Б.* Первый опыт реконструкции поверхности ледникового покрова в различные стадии оледенения (на примере района хибинских и ловозерских тундр на Кольском полуострове) // Вестн. ЛГУ. Сер. Геология. 2010. № 1. С. 54–59.
13. *Живаго А.В.* Структурная эволюция Южно-Антийского океанического региона в палеоген-четвертичное время // Новые идеи в океанологии. Т. 2. М.: Наука, 2004. С. 67–112.
14. *Ионин А.С., Долотов Ю.С.* Особенности динамики и морфологии берегов поднятия (на примере Но-

- вой Земли) // Тр. Института океанологии. 1958. Т. XXVIII. С. 71–84.
15. Каплин П.А. Вопросы геоморфологии и палеогеографии побережий и шельфа. М.: МГУ, 2010. 617 с.
  16. Короновский Н.В. Изостазия // Соросовский образовательный журнал. 2001. Т. 7. № 11. С. 73–78.
  17. Кропоткин П.А. Исследования о ледниковом периоде // Записки Императорского Русск. геогр. о-ва. СПб., 1876. Т. 7. Вып. 1. 70 с.
  18. Кузин И.Л. Мифы и реалии учения о материковых оледенениях. СПб.: Изд-во СЗНИИ “Наследие”, 2013. 178 с.
  19. Лиценберг Д.А., Сетунская Л.Е., Благоволин Н.С. и др. Морфоструктурный анализ современных вертикальных движений Европейской части СССР // Геоморфология, 1972. № 1. С. 3–18.
  20. Лоция Антарктики. СПб.: ГУНИО МО РФ, 2001. Вып. 2. 287 с.
  21. Николаев Н.И. Новейшая тектоника и геодинамика литосферы. М.: Недра, 1988. 491 с.
  22. Орленок В.В. Основы геофизики. Калининград: КГУ. 2000. 448 с.
  23. Пидопличко И.Г. О ледниковом периоде. Происхождение валунных отложений. Киев: Изд-во АН УССР, 1956. Вып. 4. 336 с.
  24. Пушаровский Ю.М. О структурном развитии Южной Атлантики // Геотектоника. 2002. № 5. С. 45–58.
  25. Удинцев Г.Б., Шенке Г.В. Очерки геодинамики Западной Антарктики. М.: ГЕОС, 2004. 132 с.
  26. Хаин В.Е. Тектоника континентов и океанов (год 2000). М.: Научный мир, 2001. 606 с.
  27. Чувардинский В.Г. Было ли материковое оледенение? Мифы и реальность. Саарбрюккен, Германия: Lambert Academic Publishing, 2004. 284 p.
  28. Bentley M.J., Evans D.J., Fogwill C.J. et al. Glacial geomorphology and chronology of deglaciation South Georgia, sub-Antarctic // Quaternary Science Reviews. 2007. V. 26. № 5–6. P. 644–677.
  29. Camoin G.F., Montaggioni L.F., Braithwaite C.J.R. Late glacial to post glacial sea levels in the western Indian Ocean // Marine Geology. 2004. V. 206. P. 119–146.
  30. Chalmers M.C. Geomorphology of the Stromness Bay area, South Georgia // British Antarctic survey scientific reports. 1971. № 70. 25 p.
  31. Cunningham W.D., Dalziel I.W.D., Lee T.Y., Lawver L.A. Southernmost South America-Antarctic Peninsula relative plate motions since 84 Ma: Implications for the tectonic evolution of the Scotia Arc region // J. Geophys. Res. 1995. V. 100 (B5). P. 8257–8266.
  32. Dalziel I.W.D., Dott R.H., Winn R.D., Bruhn R.L. Tectonic relations of South Georgia Island to the southernmost Andes // Geological Society of America, Bulletin. 1975. V. 86. P. 1034–1040.
  33. Daniel R.M., Wehmiller J.F., Simmons K.R., Linda L. Quaternary sea-level history of the United States developments // Quaternary science. 2007. V. 1. P. 147–183.
  34. Diraison M., Cobbold P.R., Gapais D. et al. Cenozoic crustal thickening, wrenching and rifting in the foothills of the southernmost Andes // Tectonophysics. 2000. V. 316. P. 91–119.
  35. Domack E., Duran D., Leventer A. et al. Stability of the Larsen B ice shelf on the Antarctic Peninsula during the Holocene epoch // Nature. 2005. V. 436. P. 681–685.
  36. Edwards R. Sea levels: resolution and uncertainty // Progress in Physical Geography. 2007. V. 31(6). P. 621–632.
  37. Fairbridge R.W. Dating the latest movements in the Quaternary sea level // New York Academy of science Transactions. 1958. V. 20. P. 471–482.
  38. Freiwald A., Henrich R., Shafer P., Willnomm H. The significance of high-boreal to subarctic maeri deposits in Northern Norway to reconstruct holocene climatic changes and sea-level oscillations // Facies. 1991. V. 25. P. 315–340.
  39. Headland R. The island of South Georgia // Camb. Univers. Press, 1984. 293 p.
  40. Hogg O.T., Barnes D.K.A., Griffiths H.J. Highly diverse poorly studied and uniquely threatened by climate change: an assessment of marine biodiversity on South Georgia’s continental shelf // Public Library of Science. 2011. V. 6 (5). 16 p.
  41. Irion G., Morais J.O., Bundenstock F. Holocene and Pleistocene sea-level indicators at the coast of Jericoacoara, Ceara, NE Brasil // Quaternary research. 2012. V. 77. № 2. P. 251–257.
  42. Jelgersma S., Sea-level changes during the last 10 000 years // World Climate from 8000 to 0 BC. Proceedings International Symposium, Royal Meteorological Society. London, 1966. P. 54–71.
  43. Lambert A., Courtier N., Sasagawa G.S. et al. New constraints on Laurentide postglacial rebound from absolute gravity measurements // Geophys. Res. Letters. 2001. V. 28. P. 2109–2112.
  44. Livermore R., Hillenbrand C.D., Meredith M., Eagles G. Drake Passage and Cenozoic Climate: An open and Shut Case? // Geochemistry, Geophysics, Geosystems. 2007. V. 8(1). P. 1–11.
  45. Macdonald D.I.M., Storey B.C., Thomson, J.W. South Georgia. Cambridge: British Antarctic Survey. BAS GEOMAP Series, Sheet 1; 1 : 250 000 Geological map and supplementary text. 1987. 63 p.
  46. Marshal S.J., James T.S., Clarke G.K.C. North American Ice Sheet reconstructions at the Last Glacial Maximum // Quaternary Science Reviews. 2002. V. 21(1–3). P. 175–192.
  47. Martini P. Deglaciation stages of the Laurentide Ice Sheet in Canada and related glaciomarine and glaciolacustrine deposits. Review of selected features. Geografica // Revista de Geografia. Territorio e Medio Ambiente. 2007. № 7. P. 49–73.
  48. Neumann A.C. Quaternary sea-level data from Bermuda // Quaternaria. 1971. V. 14. P. 41–43.
  49. Peltier W.R. Mantle viscosity and ice-age sheet topography // Science. 1996. V. 273. P. 1359–1364.
  50. Shepard F.P. Sea level rise during the last 20 000 years // Zeitschrift für Geomorphologie. 1961. V. 3. P. 30–35.
  51. Simpson P., Griffiths D.H. The structure of the South Georgia continental block // University of Wisconsin Press. Antarctic Geoscience. 1982. P. 185–191.

52. *Stone Ph., Walton D.* South Georgia : a landscape from rock, ice and sea. Nottingham, UK, British Geological Survey, (Earthwise Publication). 2002. 6 p.
53. *Turcotte D.L., Shubert G.* Geodynamics // Cambridge Univ. Press, 2002. 472 p.
54. *Van der Putten N., Verbruggen C.* The honest of deglaciation of Cumberland Bay and Stromness Bay. South Georgia // *Antarct. Sci.* 2005. V. 17. № 1. P. 29–32.
55. *Watcham E.P., Bentley, M.J., Hodgson D.A. et al.* A new relative sea level curve for the South Shetland Islands, Antarctica // *Quatern. Science Rev.* 2011. V. 30. P. 3152–3170.
56. *Zweck C., Huybrechts Ph.* Modeling of the northern hemisphere ice sheets during the last glacial cycle and glaciological sensitivity // *J. of Geophys. Res. Atmospheres.* 2005. V. 110. P. 1–24.

## Coasts of the South Georgia Micro-Continent in the Solution of the Holocene Eustasy

N. N. Dunaev

The data on the geological and geomorphological structure and morpholithodynamics of the northern shores of the South Georgia micro-continent allowed us to conclude that the Holocene sea level in the region did not exceed the current marks, which was reached during the water level elevation after the previous epoch of the global glaciation not later than 1000 years ago. The author believes that micro-continent as structural elements of the Earth's crust are favorable study regions, where high reliability can be gained to study the trends and rate of the changes in the Holocene, including the modern sea level. Such a research is beyond the scope of the regional study and will contribute to resolve some of the issues of the global approach to science.