

## ГОЛОЦЕНОВЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ НА ПОЛУОСТРОВЕ ФАЙЛДС, ОСТРОВ КИНГ-ДЖОРДЖ (ЗАПАДНАЯ АНТАРКТИКА)

д-р геогр. наук С.Р.ВЕРКУЛИЧ<sup>1</sup>, канд. геол.-минерал. наук З.В.ПУШИНА<sup>1</sup>,  
проф. А.ТАТУР<sup>2</sup>, ст. науч. сотр. М.В.ДОРОЖКИНА<sup>1</sup>,  
студент Д.И.СУХОМЛИНОВ<sup>3</sup>, канд. биол. наук Л.Е.КУРБАТОВА<sup>4</sup>,  
канд. геогр. наук Б.Р.МАВЛЮДОВ<sup>5</sup>, д-р геогр. наук Л.М.САВАТЮГИН<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ГНЦ РФ Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург, e-mail: verkulich@mail.ru

<sup>2</sup> Варшавский университет, Варшава, Польша

<sup>3</sup> Санкт-Петербургский государственный университет, факультет географии и геоэкологии

<sup>4</sup> Учреждение Российской академии наук Ботанический институт им. В.Л.Комарова РАН, Санкт-Петербург, Россия

<sup>5</sup> Учреждение Российской академии наук Институт географии РАН, Москва, Россия

Палеогеографические исследования 2008–2012 гг. позволяют обновить представления об изменениях природной среды полуострова Файлдс (остров Кинг-Джордж). Дегляциация полуострова началась не позднее 11500 л.н.; к 9330 л.н. ледник Беллинсгаузена сократился до современных размеров. Климатические условия в районе были относительно теплыми с начала голоцена до 5300 л.н., в периоды 4000–2000 л.н., 1400–600 л.н. Похолодания имели место 5300–4000 л.н., 2000–1400 л.н. и, вероятно, в течение малого ледникового периода. Относительный уровень моря достиг максимальных высотных отметок 19–20 м перед 5760 л.н., а затем снижался (за исключением подъема между 2000 л.н. и 1300 л.н.). Дегляциация шла быстро с начала голоцена до 5300 л.н., 4000–2000 л.н. и 1400–600 л.н.; в периоды 5300–4000 л.н., 2000–1400 л.н. и, вероятно, в течение малого ледникового периода происходило замедление дегляциации и разрастание местных ледников и снежников. Размеры ледника Беллинсгаузена существенно сокращались в среднем голоцене (до 2000 л.н.), между 1400 л.н. и 600 л.н. Разрастание ледника до современных границ происходило 2000–1400 л.н. и в течение последних 600 лет.

**Ключевые слова:** Западная Антарктика, остров Кинг-Джордж, голоцен, озерные осадки, наземные отложения, радиоуглеродное датирование, диатомовый анализ, палеогеографическая реконструкция.

### ВВЕДЕНИЕ

Палеогеографические исследования проводятся на полуострове Файлдс (рис. 1) учеными разных стран с 70-х гг. XX века [Заморуев, 1972; Симонов, 1975; Barsch, Mäusbacher, 1986; John, Sugden, 1971; Hall, 2007; Martinez-Macchiavello et al., 1996; Matthies et al., 1990; Mäusbacher et al., 1989; Schmidt et al., 1990; Tatur et al., 2004; Watcham et al., 2011]. Предшествующие данные отражают основные черты развития территории в послеледниковое время. Однако многие природные объекты, характе-

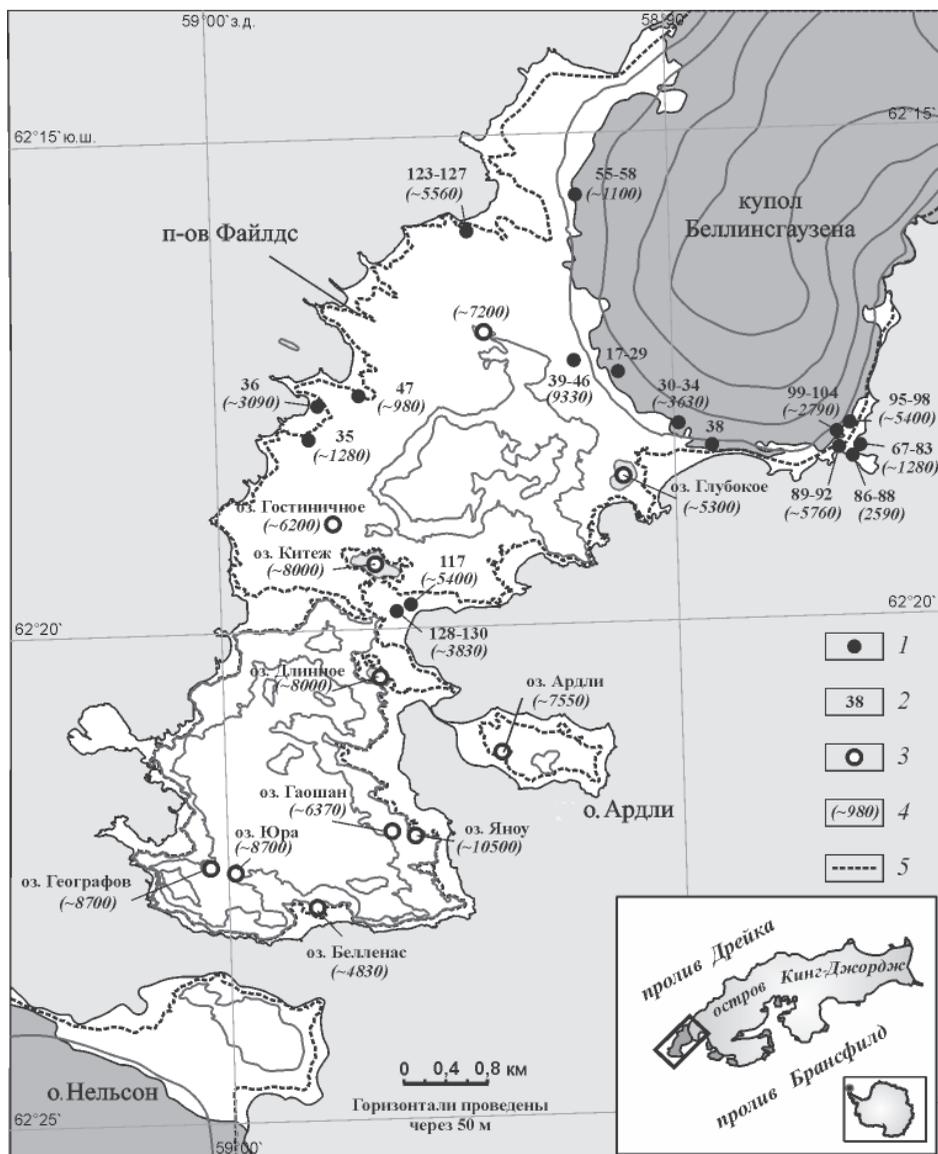


Рис. 1. Схема полуострова Файлдс и фактического материала:

1 – точки изучения разрезов отложений в 2008–2012 гг.; 2 – номера точек изучения разрезов отложений в 2008–2012 гг.; 3 – точки предшествующих исследований с данными в соответствии с [Hall, 2007; Mäusbacher et al., 1989; Schmidt et al., 1990; Tatur et al., 2004; Watcham et al., 2011]; 4 – древнейшие значения возраста (радиоуглеродных лет назад) органического материала в точках; 5 – горизонталь 20 м над у.м.

ризующие прошлые изменения климата, уровня моря и местного оледенения, были обнаружены и изучены здесь недавно, благодаря экспедиционным и лабораторным работам 2008–2012 гг. В статье приводятся предварительные результаты этих работ, которые дополняют и уточняют представление о голоценовых изменениях природной среды полуострова.

## МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Полевые работы на полуострове Файлдс (летние сезоны 2008–2009, 2010–2011, 2011–2012 гг.) заключались в изучении рельефа и наземных четвертичных отложений. Высотная и координатная привязка точек обнаруженных четвертичных отложений производилась с использованием GPS и нивелирования. После детального описания строения разрезов отложений из них отбирались образцы на различные виды аналитических исследований.

Возраст ископаемых мхов, водорослей и раковин определялся с применением радиоуглеродного метода в Санкт-Петербургском государственном университете (СПбГУ), Россия (жидкостно-сцинтиляционный метод), и в Лаборатории радиоуглеродного датирования г. Познань, Польша (АМС-метод). Одна датировка возраста ископаемых раковин была получена уран-ториевым методом в СПбГУ. Видовые определения ископаемых мхов проводились в Ботаническом институте им. В.Л. Комарова РАН (Санкт-Петербург, Россия). Диатомовый анализ (изучение видового и количественного состава диатомей в осадках) проводился в ГНЦ РФ Арктический и антарктический НИИ (Санкт-Петербург, Россия). Образцы для исследования были подготовлены по стандартной методике [Диатомовый анализ, 1974]; изучение диатомовой флоры велось с помощью светового микроскопа Amplival при увеличении  $\times 1000$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ

*Распространение, залегание и строение отложений.* Ранее не указанные в литературе разрезы четвертичных отложений на полуострове Файлдс были изучены в 16 точках при расчистке естественных обнажений и в закопушках (см. рис. 1). В закопушках глубиной до 0,5 м (точки 35, 47, 86–88) были вскрыты поверхностные рыхлые отложения (пески, гравий, супесь, остатки мхов) до элювия коренных пород или галечника (рис. 2). Расчистки на склонах холма (128–130), рытвин и долин (36, 67–83, 117, 123–127), эрозийных останцов (39–46, 89–92) обнажили разрезы отложений видимой мощностью до 1,2 м, которые сложены обломочным, часто слоистым материалом разной размерности (от песков с гравием до суглинков), нередко содержат ископаемую органику (мхи, водоросли, раковины) и имеют разный генезис. Подобные отложения включены и в моренный комплекс на краю ледникового купола Беллинсгаузена (точки 17–29, 30–34, 38, 55–58, 95–98, 99–104). Они представлены блоками рыхлых толщ озерного, водно-ледникового или морского происхождения мощностью примерно до 1,0 м с сохранившейся, часто смятой в складки первичной слоистостью, с глетчерным льдом в основании. Эти блоки (т.н. «отторженцы») были захвачены и перемещены ледником в период его разрастания, а во время дегляциации обнажились при таянии вмещающего их льда и снижении ледниковой поверхности. Сохранность первичной картины накопления разрезов отложений в отторженцах подтверждается наличием в них слоев с макроостатками флоры и фауны и комплексов ископаемых диатомовых водорослей.

*Возраст отложений.* Значения возраста ископаемых мхов, водорослей и раковин приведены на рис. 2. За исключением нижней части разрезов 39–46, 55–58, 123–127, где залегают морские осадки интерстадиала, датировки указывают на формирование отложений разного генезиса на полуострове Файлдс в течение голоцена и, в большинстве случаев, на стратиграфическую последовательность осадконакопления. Однако возраст ископаемых мхов *in situ* на подошве разреза 67–83 оказался моложе всех значений датировок, полученных выше. Очевидно, остатки мхов, захороненные с глубины около 1,0 м вверх по разрезу, являются переотложенными. Они могли вымы-



ваться из «отторженцев» на моренах края ледника Беллинсгаузена (подобных разрезу 99–104) и переноситься водными потоками вниз, к месту накопления в точке 67–83.

Значения радиоуглеродных датировок ископаемых морских организмов нуждаются в коррекции на так называемый Antarctic Marine Reservoir Effect (AMRE) – «эффект антарктического морского резервуара», который ведет к завышению возраста подобного материала относительно истинного [Berkman, Forman, 1996]. Поправка, введенная в полученные значения датировок морских водорослей и раковин (разрезы 36, 89–92, 95–98), составляет около 1064 лет в соответствии с данными по возрасту морских вод у полуострова Файлдс [Milliken et al., 2009].

*Диатомовая флора в отложениях.* Изученная ископаемая диатомовая флора отражает широкий спектр условий осадконакопления. Морские комплексы диатомей *in situ* установлены в разрезах 89–92 и 117 (см. рис. 2); в них преобладают бентосные виды (в первом – *Pseudogomphonema kamtschaticum*, во втором – *Cocconeis fasciolata*). Особенности видового состава диатомей в осадках разреза 117 показывают, что он формировался в холодноводных условиях прибрежной антарктической зоны.

Пресноводные комплексы диатомей установлены в отложениях большинства рассматриваемых разрезов. Количество диатомей в комплексах различных разрезов и нередко по отдельным разрезам сильно варьирует (от тысяч до десятков миллионов панцирей в грамме сухого осадка). Вместе с тем практически во всех комплексах преобладают один или несколько бентосных видов диатомей, таких как *Planothidium lanceolatum*, *Cavinula cocconeiformis*, *Diadescmic contenta*, *Fragilaria capucina* var. *rumpens*, *Gomphonema gracile*, *Navicula* sp, *Pinnularia borealis*, *Psammothidium metakryophilum*, *Stausosirella pinnata*, *S. construens* var. *venter*. Анализ содержания, состава и экологических характеристик видов диатомей показывает, что часть комплексов развивалась в мелководных олиготрофных озерах с недостаточным количеством питательных веществ, богатых кислородом, щелочных, с высоким содержанием растворенных минеральных солей и кальция (основание разрезов 30–34 и 67–83, разрез 38, средняя часть и верх разреза 39–46, верхние части разрезов 86–88, 99–104, 123–127). В других отложениях пресноводные бентосные диатомовые комплексы беднее по количественным оценкам и видовому разнообразию и часто характеризуются увеличением содержания диатомей – обитателей быстро текущих вод, почвенных и аэрофильных видов (*Planothidium lanceolatum*, *Pinnularia borealis*), которые указывают на возможность осадконакопления в небольших проточных озерах с заметным поступлением талых вод или даже во временных водотоках.

В разрезах 39–46, 89–92, 95–98 есть интервалы отложений, где вместе присутствуют морские и пресноводные виды (см. рис. 2). В первом морские виды составляют всего 12 % от общего количества диатомей, среди морских численно доминируют неритические планктонные виды. По-видимому, присутствие здесь морских диатомей является следствием размыва и переотложения осадков интерстадиала. В разрезе 89–92 смешанный комплекс диатомей (морские виды составляют около 40 %) обнаружен в осадках, залегающих выше отложений с морским комплексом диатомей *in situ*, и явно отражает опреснение лагуны талыми водами при ее отделении от моря. В разрезе 95–98 единичные пресноводные и морские диатомеи не формируют отчетливого комплекса. По-видимому, они были переотложены в результате активного размыва талыми водами морских осадков голоцена, возможно, в русле водотока.

*Ископаемые мхи в отложениях.* В изученных образцах отложений определено восемь видов мхов, экологическая амплитуда которых широка. Виды *Sanionia georgico-*

*uncinata* (Müll.Hall.) Ochyra & Hedenäs (обнаружены в разрезах 67–83, 86–88, 123–127, 128–130) и *Bryum pseudotriquetrum* (Hedw.) P.Gaertn. (разрез 128–130) обычно растут в нивальных местообитаниях, ручьях, лужицах, а также на почве и мелкозем. *Polytrichastrum alpinum* (Hedw.) G.L.Sm. (разрез 67–83) и *Chorisodontium aciphyllum* (Hook. f. & Wils.) Broth. (разрез 128–130) могут встречаться как в сухих, так и сырых местообитаниях, на почве, гумусе и торфе, иногда на хорошо дренированных склонах. *Andreaea gainii* Card (разрез 67–83) – скальный вид, который растет на сухих открытых каменистых субстратах кислого состава, реже на почве и гумусе в трещинах скал. Гидрофитные виды *Warnstorfia sarmentosa* (Wahlenb.) Hedenäs (разрезы 55–58, 123–127), *Campylium polygamum* (Schimp. in B.S.G.) Lange & C.Jensen (разрезы 67–83, 123–127) предпочитают расти во влажных местах (по берегам ручьев, озер, в нивальных местообитаниях, лужицах), а также в озерах. Водный вид *Drepanocladus longifolius* (Wilson ex Mitt.) Broth. (разрезы 17–29, 38, 39–46, 67–83, 86–88, 99–104) в Антарктике растет только в олиготрофных озерах на глубине 4–10 м.

### ОБСУЖДЕНИЕ

На условия и время начала дегляциации полуострова Файлдс указывают особенности рельефа и древнейшие послеледниковые отложения. Органический материал стал накапливаться в местных водоемах 10500 л.н. (см. рис. 1), что означает освобождение участков полуострова от покровного оледенения минимум на 1000 лет раньше. За короткое время эти участки появились во многих районах полуострова. Более того, край ледника Беллинсгаузена достиг современного положения перед 9330 л.н., когда в точке 39–46 стали накапливаться озерные осадки (см. рис. 1, 2). Это опровергает представления о деградации здесь единого куполообразного ледникового покрова и о постепенном сокращении ледника Беллинсгаузена до современных размеров примерно к 5000 л.н. [Mäusbacher et al., 1989; Schmidt et al., 1990]. Столь быстро могло разрушаться оледенение, состоявшее из сочлененных маломощных ледниковых полей на выровненных поверхностях, небольших ледниковых куполов на возвышенностях и ледниковых тел на склонах и в долинах. О низком экзарационном потенциале оледенения последнего ледникового максимума на полуострове говорит сохранность разрезов рыхлых морских отложений интерстадиала с флорой и фауной *in situ* [Веркулич и др., в печати]. После исчезновения этого оледенения на поверхности суши не осталось моренных гряд, фиксирующих стадийное отступление края ледникового покрова. Наконец, во многих районах полуострова есть каналы прошлого стока ледниковых вод, плановые очертания которых говорят о таянии разделенных остаточных полей мертвого льда, – типичная картина быстрой деградации маломощного «холодного» оледенения [Большаянов, Веркулич, 1990].

Инициация и ход дегляциации полуострова Файлдс зависели от изменений климата и уровня моря. На рис. 3 сведены данные о времени существования здесь озер, а также накопления мхов на суше, органических отложений в колониях пингвинов, морских отложений. Как видно, с начала голоцена до 8000 л.н. появилось много озер с биотой, расположенных в широком интервале высот в разных районах. Почти все они возникли благодаря активному таянию снега и льда. Лишь в осадках озера Длинного возрастом около 8000 л.н. был обнаружен морской диатомовый комплекс [Watcham et al., 2011], что указывает на влияние поднимающихся при трансгрессии морских вод на образование водоема. На наш взгляд, активное развитие дегляциации в этот период связано прежде всего с заметным потеплением. Такой вывод согласуется с данными о климатическом оптимуме начала голоцена, полученными в Антарктиде на основе изучения ледяных кернов [Masson et al., 2000].

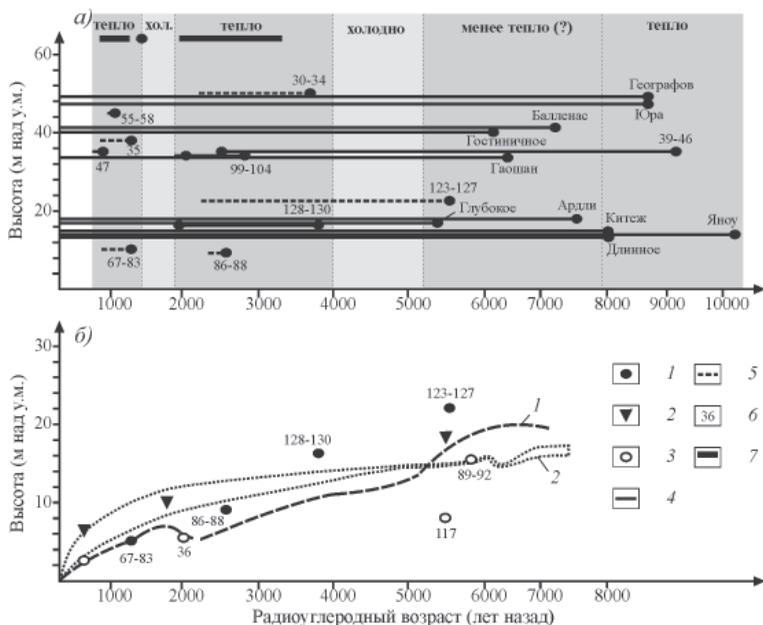


Рис. 3. Изменения климатических условий (а) и относительного уровня моря (б) на полуострове Файлдс в голоцене:

1 – отложения озер и мхов на суше; 2 – отложения в колониях пингвинов; 3 – морские отложения с раковинами и морскими водорослями; 4 – существование водоемов и мест накопления мхов на суше; 5 – существование водоемов и мест накопления мхов на суше с предположительным временем окончания осадконакопления; 6 – номера точек (местоположение озер и точек и строение разрезов отложений в точках – см. рис. 1, 2); 7 – интервалы значений датировок радиоуглеродного возраста ископаемых мхов вблизи края и на краю ледника Беллинсгаузена в соответствии с [Hall, 2007]. На графике (б): 1 – авторская реконструкция изменений относительного уровня моря; 2 – изменения относительного уровня моря в соответствии с [Watcham et al., 2011].

На следующий этап дегляциации (8000–5300 л.н.) изменения уровня моря оказали большее влияние. По нашим наблюдениям, следы голоценового воздействия морских вод распространены на полуострове до высотных отметок 18–19 м. Разрез морских отложений 89–92 с раковинами *Laternula elliptica* возрастом около 5760 л.н. расположен на высоте 15 м (см. рис. 1, 2); причем известно, что эти моллюски обитают на глубине более 3–5 м [Ahn, 1994]. Значит, морские воды достигали современных высотных отметок 18–20 м перед 5760 л.н. Примерно с 5800–5700 л.н. уровень моря стал снижаться, о чем говорит наличие на высоте 18 м над уровнем моря пингвиных колоний возрастом около 5500 л.н. [Tatur et al., 2004]. Подъем уровня моря до современных горизонталей 18–20 м способствовал освобождению ото льда значительной площади полуострова (см. рис. 1). Наличие осадков с ископаемыми раковинами возрастом около 5400 л.н. в «отторженцах» на леднике Беллинсгаузена (разрез 95–98 – см. рис. 1, 2) указывает на уменьшение площади ледника в это время по сравнению с его современными размерами.

Появление новых озер отражает продолжение дегляциации на полуострове в период 8000–5300 л.н. в довольно теплых условиях, хотя образование многих водоемов было больше связано с подъемом уровня моря, чем с климатом (например, озер Ардли и Глубокое в соответствии с [Watcham et al., 2011]). Результаты палеолимнологических исследований в краевой зоне Восточной Антарктиды и изучения ледяных кернов

указывают на некоторое похолодание в районе шестого континента в это время [Веркулич, 2007; Masson et al., 2000]. Возможно, условия периода 8000–5300 л.н. в районе полуострова Файлдс были не так теплы, как ранее.

Между 5300 л.н. и 4000 л.н., по-видимому, имело место относительное похолодание. Хотя в ранее возникших озерах продолжалось осадконакопление, образование новых водоемов в это время не выявлено (см. рис. 3). Осадки этого возраста в озере Гаошан не содержат диатомей [Watcham et al., 2011], что говорит о довольно суровом ледовом режиме озера. Такое похолодание должно было приостановить дегляциацию и способствовать росту снежников на территории полуострова. Из-за этого мог замедлиться гляциоизостатический подъем территории (снизиться скорость падения относительного уровня моря), что привело к формированию площадок морских террас на отметках 9–12 м над уровнем моря. Однако похолодание не вызвало существенного разрастания купола Беллинсгаузена – на это указывает продолжение накопления осадков в разрезе 39–46.

В период примерно 4000–2000 л.н. климатические условия на полуострове были теплыми, о чем говорит появление новых озер и мест накопления мхов в увлажненных участках суши (см. рис. 3). Потепление в течение этого периода времени выявлено и на других участках суши краевой зоны Антарктиды [Björck et al., 1993; Веркулич, 2007]. При этом разрезы озерных отложений со мхами и пресноводными диатомовыми комплексами (30–34, 99–104, 17–29 – см. рис. 1, 2) обнаружены и в «отторженцах» на моренах ледника Беллинсгаузена. Это означает сильное сокращение или даже исчезновение ледника между 4000 л.н. и 2000 л.н. Подобное предположение выглядит правдоподобным: гляциологические наблюдения и расчеты показывают возможность полного исчезновения ледника Беллинсгаузена в течение 285 лет при сохранении климатических условий последнего десятилетия [Rückamp et al., 2011].

Дегляциация периода 4000–2000 л.н. должна была вести к ускорению изостатического подъема полуострова. Скорее всего, тогда были образованы глубокие русловые врезы в морские террасы и береговые валы на современных высотных отметках 7–12 м. Их происхождение объясняется одновременным быстрым снижением относительного уровня моря (базиса эрозии) и интенсивным стоком талых вод.

Следующий короткий период (примерно 2000–1400 л.н.) характеризуется относительным похолоданием. Ни нами, ни другими исследователями не были найдены отложения, которые начали бы накапливаться в это время. Кроме того, в этот период прекратилось существование некоторых палеоводоемов (разрезы 39–46, 99–104) и закончилось формирование толщи мхов разреза 128–130 (см. рис. 1–3). Подобное похолодание могло способствовать разрастанию ледника Беллинсгаузена, в ходе которого он захватил и переместил к своему современному краю изученные в «отторженцах» озерные и морские отложения голоцена. О возможности увеличения ледниковой нагрузки на полуостров в это время говорит характер изменений относительного уровня моря. На многих участках побережья полуострова распространены береговые валы и площадки террас с высотными отметками поверхности 5–7 м над уровнем моря, а за ними, в глубь полуострова – расширенные пологие днища палеолагунов с очень небольшим врезом и уклоном русел водотоков. Такой рельеф обычно создается в случае замедления падения или даже роста уровня моря, что могло быть связано с замедлением изостатического подъема территории. Судя по датировкам морских водорослей в разрезе 36 и озерных мхов в основании разреза 67–83 (см. рис. 2), формирование данных форм рельефа происходило примерно между 2000 л.н. и 1300 л.н.

Результаты наших и предшествующих исследований регистрируют появление на полуострове новых водоемов и развитие органической жизни примерно между 1400 л.н. и 600 л.н. (см. рис. 3). В точках 35 и 47 (см. рис. 1, 2) отложения этого возраста залегают над элювием коренных пород на значительных высотах и на удалении от ледника Беллинсгаузена. В точках 55–58 и 38 содержащие органику отложения залегают в «отторженцах» краевого моренного комплекса ледника Беллинсгаузена. Все это указывает на наличие теплых и влажных климатических условий и на некоторое сокращение границ ледника. Вероятно, в течение данного интервала времени быстро падал уровень моря и шел активный сток талых вод, что привело к образованию форм глубокого вреза в береговые валы и террасы на высотных отметках 4–7 м над уровнем моря на многих участках побережья полуострова. В начале этого периода (после примерно 1300 л.н.) на краю ледника Беллинсгаузена размывались отложения в моренах с органическим материалом возрастом примерно 2000–1600 л.н. Этот материал был отложен в разрезе 67–83 выше мхов *in situ* возрастом около 1280 л.н. (см. рис. 2).

В течение последних 600 лет на полуострове имело место, как минимум, одно похолодание, которое вызвало увеличение заснеженности территории и небольшое продвижение границ ледника Беллинсгаузена. Свидетельством этому служат включенные в моренные отложения на краю и вблизи края ледника мхи возрастом примерно до 600 л.н. [Hall, 2007]. В расположенной на краю ледника точке 55–58 отложения со мхами возрастом около 1100 л.н. перекрыты тяжелым суглинком с обломочным материалом разной размерности, – типичным моренным материалом (см. рис. 2). Обследование рельефа и отложений прилегающих к леднику территорий показало, что его край мог выдвигаться относительно современных границ максимум на 100–150 м. При этом выдвигание происходило в основном в виде отдельных языков в примыкающие к краю ледника долины и котловины. Факт увеличения заснеженности территории полуострова подтверждают обнаруженные нами гряды у подножий западных и юго-западных склонов центральной возвышенности полуострова. Их форма, размеры (высота до 25 м) и сложение (грубообломочный материал с мелкоземом, практически не выветренный) указывают на значительный рост мощности залегающих на склонах снежников в недавнем прошлом.

Время последнего разрастания ледника Беллинсгаузена и снежников пока не установлено. Можно лишь предположить, что эти события относятся к малому ледниковому периоду. В течение последующих столетий природные условия на полуострове, по-видимому, были близки к современным и способствовали продолжению деградации местного оледенения.

## ВЫВОДЫ

Исследования 2008–2012 гг. дополняют и уточняют предшествующие представления об изменениях природной среды полуострова Файлдс (остров Кинг-Джордж), позволяя заключить:

– освобождение полуострова от маломощного оледенения «холодного» типа началось не позднее 11500 л.н., и уже к 9330 л.н. площадь ледника Беллинсгаузена сократилась примерно до современных размеров;

– климатические условия в районе полуострова были относительно теплыми с начала голоцена до 5300 л.н. (максимум тепла до 8000 л.н.), в периоды 4000–2000 л.н., 1400–600 л.н. и в последнем столетии; относительные похолодания имели место между 5300 л.н. и 4000 л.н., между 2000 л.н. и 1400 л.н. и, вероятно, в течение малого ледникового периода;

– поднимающийся с начала голоцена относительный уровень моря достиг в районе полуострова максимальных высотных отметок 19–20 м перед 5760 л.н., а затем в целом снижался (за исключением незначительного подъема примерно между 2000 л.н. и 1300 л.н.);

– дегляциация полуострова шла быстро с начала голоцена до 5300 л.н., с 4000 л.н. до 2000 л.н. и с 1400 л.н. до 600 л.н.; в периоды 5300–4000 л.н., 2000–1400 л.н. и один раз в течение последних 600 лет происходило замедление дегляциации и разрастание местных ледников и снежников;

– ледник Беллинсгаузена чутко реагировал на изменения климата и уровня моря существенным сокращением своей площади в среднем голоцене (до 2000 л.н.), между 1400 л.н. и 600 л.н. и разрастанием примерно до современных границ между 2000 л.н. и в течение последних 600 лет.

*Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ № 11-04-01247-а и № 12-05-00607-а с использованием данных, полученных по итогам работ в рамках государственного контракта от 26.08.2011 № 16.518.11.7093 по теме «Развитие приборной базы и проведение исследований в полярных областях Мирового океана с использованием уникальной установки научно-экспедиционное судно «Академик Федоров» (УСУ НЭС «Академик Федоров»)» Министерства образования и науки Российской Федерации..*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

*Большаинов Д.Ю., Веркулич С.Р.* Каналы стока талых ледниковых вод и возможности палеогеографических реконструкций // Изв. Всесоюз. геогр. о-ва. 1990. Т. 122. № 1. С. 58–64.

*Веркулич С.Р.* Реконструкция голоценовых изменений климата в краевой зоне Восточной Антарктиды на основе изучения донных осадков озер и морских заливов // Известия РАН. Сер. географ. 2007. № 4. С. 38–43.

*Веркулич С.Р., Дорожкина М.В., Пушина З.В., Татур А., Сухомлинов Д.И., Крылов А.В.* Условия интерстадиала и характер оледенения Последнего ледникового максимума на острове Кинг-Джордж (Западная Антарктика) // Лед и снег. 2012. № 4 (120) (в печати).

Диатомовый анализ. Т. 1. Л.: Наука, 1974. 403 с.

*Заморуев В.В.* Рельеф и современные рельефообразующие процессы п-ва Файлдс (о. Кинг-Джордж, Южные Шетландские острова) // Тр. Сов. антаркт. экспед. 1972. Т. 55. С. 110–134.

*Симонов И.М.* Физико-географическая характеристика п-ова Файлдс // Антарктика: Докл. комис. 1975. Вып. 14. С. 128–135.

*Ahn I.Y.* Ecology of the Antarctic bivalve *Laternula elliptica* (King and Broderip) in Collins Harbor, King George Island: benthic environment and an adaptive strategy // Holocene environmental changes in Antarctic coastal areas (Memoirs of NIPR, Special issue 50). Tokyo: NIPR, 1994. P. 1–10.

*Barsch D., Mäusbacher R.* New data on relief development of the South Shetland Islands, Antarctica // Interdisciplinary Science Reviews. 1986. Vol. 11 (2). P. 211–218.

*Berkman P.A., Forman S.L.* Pre-bomb radiocarbon and the reservoir correction for calcareous marine species in the Southern Ocean // Geophysical Research Letters. 1996. Vol. 23. P. 363–366.

*Björck S., Håkansson H., Olsson S. et al.* Paleoclimatic studies in South Shetland Islands, Antarctica, based on numerous stratigraphic variables in lake sediments // Journal of Paleolimnology. 1993. Vol. 8. P. 233–272.

*John B.S., Sugden D.E.* Raised marine features and phases of glaciation in the South Shetland Islands // British Antarctic Survey Bulletin. 1971. Vol. 24. P. 45–111.

- Hall B.L. Late-Holocene advance of the Collins Ice Cap, King George Island, South Shetland Islands // *The Holocene*. 2007. Vol. 17 (8). P. 1253–1258.
- Martinez-Macchiavello J.C., Tatur A., Servant-Vildary S., Del Valle R. Holocene environmental change in a marine-estuarine-lacustrine sediment sequence, King George Island, South Shetland Islands // *Antarctic Science*. 1996. Vol. 8 (4). P. 313–322.
- Masson V., Vimeux F., Jouzel J. et al. Holocene climate variability in Antarctica based on 11 ice-core isotopic records // *Quaternary Research*. 2000. Vol. 54. P. 348–358.
- Matthies D., Mäusbacher R., Storzer D. Deseption Island tephra: a stratigraphical marker for limnic and marine sediments in Bransfield Strait area, Antarctica // *Zeitschrift für Geologie und Paleontologie*. 1990. Vol. 1. P. 153–165.
- Mäusbacher R., Muller J., Schmidt R. Evolution of postglacial sedimentation in Antarctic lakes (King Georg Island) // *Zeitschrift für Geomorphologie*. 1989. Vol. 33. P. 219–234.
- Milliken K.T., Anderson J.B., Wellner J.S., Bohaty S.M., Manley P.L. High resolution climate record from Maxwell Bay, South Shetland Islands, Antarctica // *Geological Society of America Bulletin*. 2009. Vol. 121. P. 1711–1725.
- Rückamp M., Braun M., Suckro S., Blindow N. Observed glacial changes on the King George Island ice cap, Antarctica, in the last decade // *Global and Planetary Change*. 2011. Vol. 79. P. 99–109.
- Schmidt R., Mäusbacher R., Müller J. Holocene diatom flora and stratigraphy from sediment cores of two Antarctic lakes (King George Island) // *Journal of Paleolimnology*. 1990. Vol. 3. P. 55–74.
- Tatur A., Del Valle R., Barczuk A., Martinez-Macchiavello J. Records of Holocene environmental changes in terrestrial sedimentary deposits on King George Island, Antarctica: a critical review // *Ocean and Polar Research*. 2004. Vol. 26 (3). P. 531–537.
- Watcham E.P., Bentley M.J., Hodgson D.A., Roberts S.J., Fretwell P.T., Lloyd J.M., Larter R.D., Whitehouse P.L., Leng M.J., Monien P., Moreton S.G. A new Holocene relative sea level curve for the South Shetland Islands, Antarctica // *Quaternary Science Reviews*. 2011. Vol. 30. P. 3152–3170.

S.R.VERKULICH, Z.V.PUSHINA, A.TATUR, M.V.DOROZHKINA, D.I.SUKHOMLINOV,  
L.E.KURBATOVA, B.R.MAVLUDOV, L.M.SAVATYUGIN

## **HOLOCENE ENVIRONMENTAL CHANGES IN THE FILDES PENINSULA, KING GEORGE ISLAND (WEST ANTARCTIC)**

*The paleogeographic investigations (2008–2012) allowed renovating previous conceptions on the Holocene environmental changes in the Fildes peninsula, King George Island. The peninsula deglaciation had started before 11500 years B.P., and the Bellingshausen ice cap reduced up to actual size by 9330 years BP. The local climatic conditions were relatively warm since early Holocene till 5300 years BP, and during time intervals 4000–2000, 1400–600 years BP. The relative cooling in the area took place 5300–4000, 2000–1400 years BP, and, probably, during Little Ice Age. The relative sea level rise (since early Holocene) had reached maximum (altitudes 19–20 m a.s.l.) before 5760 years BP; after that relative sea level in general fall (with exclusion of the rise during 2000–1300 years BP). The peninsula deglaciation process accelerated since the early Holocene till 5300 years BP, 4000–2000 years BP and 1400–600 years BP. 5300–4000 years BP, 2000–1400 years BP and, probably, during Little Ice Age, deglaciation of the peninsula become slower. Size of the Bellingshausen ice cap decreased significantly in middle Holocene (till 2000 years BP) and within period 1400–600 years BP. The ice cap area increase (to the modern boundaries) took place 2000–1400 years BP, and once during last 600 years.*

**Keywords:** West Antarctic, King George Island, Holocene, lake sediments, terrestrial deposits, radiocarbon dating, diatom analysis, paleogeographic reconstruction.