

- [9] *Haila Y.* Scaling environmental issues: problems and paradoxes // *Landscape and Urban Planning*. 2002. Vol. 61. N 2. P. 59—69.
- [10] *Hall O., Hay G. J., Bouchard A., Marceau D. J.* Detecting dominant landscape objects through multiple scales: An integration of object-specific methods and watershed segmentation // *Landscape Ecology*. 2004. Vol. 19. N 1. P. 59—76.
- [11] *Jin Yao, Peters D., Havstad K., Gibbens R., Herrick J.* Multiscale factors and long-term responses of Chihuahuan desert grasses to drought // *Landscape Ecology*. 2006. Vol. 21. N 8. P. 1217—1231.
- [12] *O'Neill R. V., Johnson A. R., King A. W.* A hierarchical framework for the analysis of scale // *Landscape Ecology*. 1989. Vol. 3. N 34. P. 193—205.
- [13] *Vasconcelos De M. J. P., Zeigle B. P., Graham L. A.* Modeling multiscale spatial ecological processes under the discrete-event systems paradigm // *Landscape Ecology*. 1993. Vol. 8. N 4. P. 273—286.

Москва
akhorosh@orc.ru

Поступило в редакцию
1 сентября 2011 г.

Изв. РГО. 2012. Т. 144. Вып. 2

© **В. Г. ЧУВАРДИНСКИЙ**

РЕЗУЛЬТАТЫ СКВОЗНОГО РАЗБУРИВАНИЯ ЛЕДНИКОВЫХ ПОКРОВОВ АРКТИКИ И АНТАРКТИДЫ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ЧЕТВЕРТИЧНОГО ПЕРИОДА

Сквозное разбуривание ледниковых покровов Антарктиды, Гренландии, арктических островов с полным отбором ледяного керна, а также изучение ледников в естественных разрезах показало, что ледниковые покровы в своей придонной части (а равно в других частях льдов) не содержат обломочного материала валунной размерности. Во льдах отмечаются лишь редкие включения пылевидного и мелкозернистого вещества, значительная часть которого относится к вулканическому пеплу. Нижние придонные части покровных льдов не участвуют в общем движении ледников, а лежат на ложе ледника, консервируя доледниковую поверхность.

В качестве неопровержимых доказательств существования огромных четвертичных ледниковых покровов в Северном полушарии в пример ставится само наличие мощного покровного оледенения в Антарктиде и в Гренландии, а также ледниковых куполов на арктических островах. Дополнительно к этому аргументу выработаны многочисленные критерии былых покровных оледенений в Европе, Северной Америке, Северной Азии.

В первую очередь к ним относятся якобы выпаванные и вырезанные ледником в кристаллических породах фиорды, шхеры, озерные котловины, бараньи лбы, полированные скалы, штрихи и борозды на них. Считается установленным, что ледники разносили на тысячи километров глыбы и валуны кристаллических пород, дислоцировали породы платформенного чехла вплоть до фунда-

мента, переместили на многие сотни километров огромные отторженцы, площадью иногда в десятки квадратных километров и объемом во многие миллионы кубических метров.

Самое широкое распространение получили утверждения об огромной выпахивающей и срезающей деятельности покровных ледников, действующих наподобие планетарного бульдозера.

Но для подтверждения таких предположений нужны надежные сведения по закономерностям движения и геологической деятельности покровных ледников. И такие ценнейшие материалы были получены благодаря многолетним работам специалистов разных стран: гляциологов, геологов, буровиков геофизиков, в Гренландии, Антарктиде, на ледниках арктических островов. В результате произошло неожиданное: из оплота и бастиона ледниковой теории современные ледниковые покровы стали фактором развенчания ледникового учения.

Покровные материковые льды — это льды растекания, они движутся посредством вязко-пластичного течения льда и скольжения элементарных пластинок льда по внутриледниковым сколам. Скорость движения значительно меняется по разрезу ледниковой толщи. Активней всего перемещаются верхняя половина и средняя толщина льда, тогда как скорость движения придонных слоев льда снижается почти до нуля, а самые базальные слои льда — на границе с подстилающими породами, обездвижены и не участвуют в общем движении льдов и фактически консервируют доледниковую поверхность.

Однако сторонники ледникового учения не считают нужным учитывать данные гляциологии (иначе от ледниковой теории мало что остается). Вот что пишет видный современный исследователь ледников Антарктиды и ледников Арктики Д. Ю. Большианов [2] в «Проблемах Арктики и Антарктики»: «Для современного этапа развития ледниковой теории характерно полное игнорирование тех закономерностей движения ледников, которые исследуются такой наукой, как физика ледников. Имеющиеся многочисленные данные достаточно определенно свидетельствуют о том, что холодные арктические ледники покровного типа не способны производить активную механическую работу по преобразованию ледникового ложа» (с. 85).

Второе дыхание в решении проблем четвертичного периода открывается в результате сквозного разбуривания покровных льдов с полным отбором ледяного керна. Особенно уникальными являются скважины, разбурившие мощнейшие покровные льды Гренландии и Антарктиды до коренного основания.

Ценнейшие данные бурения опровергли хрестоматийные представления о существовании в донной части материковых льдов мощной толщи мореносодержащего льда (придонной морены), начиненного огромными глыбами и валунами.

Во всех учебниках по общей и четвертичной геологии, по геоморфологии, в справочниках и научно-популярной литературе приводятся схемы строения материковых льдов с мощной толщей мореносодержащего льда, с огромными глыбами и валунами кристаллических пород, включенными в нижнюю часть ледника. Весьма наглядно это, например, иллюстрируется на схеме в учебнике профессора МГУ Н. В. Короновского «Общая геология», где мореносодержащая толща покровного ледника, состоящая почти нацело из крупноглыбового материала, занимает почти 1/3 мощности всего ледника [14]. В ледниковой схеме В. М. Котлякова [15] придонная морена достигает почти сотни метров мощности и содержит большое количество валунов. Если взять за основу схему

Н. В. Короновского, то ледник при его растаивании даст толщу донной морены с преобладанием глыб порядка 300 м, а в схеме В. М. Котлякова — несколько меньше.

Главный и неожиданный результат разбуривания ледников Арктики и Антарктиды — отсутствие по всему разрезу ледниковой толщи моренных включений. Не обнаружено моренных включений даже в придонных частях этих мощнейших льдов. Еще раз повторюсь: в учебниках, словарях и популярных изданиях именно придонные части ледников изображаются в виде беспрерывной и мощной — во многие сотни метров, мореносодержащей толщи ледника с огромными — до нескольких десятков метров в поперечнике, глыбами и валунами коренных пород. Но буровые данные ясно показывают, что в придонных частях ледников отсутствуют моренные включения, если за них не считать отдельные песчаные зерна, пылевидные частицы или агрегаты частиц вулканического пепла. В керне придонных частей льдов минеральные включения можно выявлять при помощи микроскопа, так как невооруженным глазом их не всегда удастся обнаружить. Ну, а где глыбы и валуны? Они обязаны составлять главную часть морены и являться основным «ледниковым» признаком морены — ведь именно из-за наличия валунов на европейских и других равнинах обширные территории стали «покрывать» материковыми льдами. Ответа на этот вопрос нет — в мореносодержащем льду покровных ледников даже единичных валунов и глыб не обнаружено.

Кратко ознакомимся с фактическим материалом по сквозному разбуриванию ледников арктических островов, затем Гренландии и Антарктиды.

Покровные льды арктических островов. Архипелаг Северная Земля. Разбурены до коренного основания покровные ледники купольного типа — ледник Вавилова на о-ве Октябрьской Революции и ледник Академии Наук на о-ве Комсомолец. На леднике Вавилова пройдено 7 скважин глубиной 459—557 м. Наиболее информативны две скважины — глубиной 459.3 и 557 м. По всему разрезу этих и других скважин лед чистый, но близ забоя — в придонных частях ледников, отмечены минеральные включения размером порядка микрона и отдельные зерна до 3 мм, а также скопления песчано-глинистого вещества в виде мелких сгустков.

Мощность льдов, вмещающих разрозненные минеральные включения, до 2.5 м [4, 13, 23]. На леднике Вавилова придонные слои льда обездвижены, приморожены к ложу, а сдвиговые деформации наблюдались на глубине 457.93—458.3 м [4].

На леднике Академии Наук пробурена одна скважина, достигшая коренного ложа на глубине 761 м. В придонной части ледника содержатся минеральные включения песчано-глинистой размерности и низкой (разреженной) концентрации. Придонные слои льда не участвуют в общем движении ледника [4, 13].

Архипелаг Шпицберген. Ледники Шпицбергена подразделяются на два типа. На Западном Шпицбергене преобладают горно-долинные ледники. Они несут на своей поверхности глыбы и валуны, обрушившиеся с горных склонов. На Восточном Шпицбергене развито оледенение покровного типа и поверхностная морена, естественно, не имеет места. Покровные ледники насквозь пробурены несколькими скважинами.

Ледниковое плато Амундсена. Скважина глубиной 586.7 м достигла коренного основания, близ которого лед состоит из чередования слоев прозрачного и непрозрачного льда. В непрозрачных слоях зафиксированы ми-

неральные включения микронной размерности [9]. Эти микровключения наиболее заметны на глубине 511.6 и 566.7 м. По данным лабораторных анализов минеральные микровключения представлены чешуйками слюды, микрочастицами кварца, вулканическим пеплом и шлаком, спорами и пылью [1].

Плато Ломоносова. Хотя плато Ломоносова расположено на Западном Шпицбергене, его оледенение относится к покровному типу. Скважина, пробуравившая ледник Фритьоф, достигла ложа на глубине 220 м. В керне нижних слоев льда отмечены пылевидные включения микронной размерности, а забой скважин пришелся на коренные породы [10]. В скважине, пробуравившей ледник Гренфьорд и достигшей коренного ложа на глубине 211 м, во льду также отмечаются минеральные включения микронной размерности [10].

Ледниковый купол о-ва Девон (Канадская Арктика). Две скважины глубиной 298.9 и 299.4 м насквозь пробурили этот ледник. На высоте от 2.6 до 4 м от ложа во льду зафиксирована концентрация микрочастиц. Затем на высоте 1.2 м и до забоя скважины снова установлена концентрация микрочастиц [37]. Сведений о минеральном составе и процентном содержании микрочастиц во льду авторы статьи не приводят.

Гренландия. Гренландский ледниковый покров — самый мощный в Северном полушарии, наибольшая толщина льда составляет 3416 м [6]. Его размеры сопоставимы с гипотетическим Скандинавским ледниковым покровом. В разных частях Гренландского покрова льды были пробурены насквозь пятью глубокими скважинами с полным отбором ледяного керна.

Северо-западная часть ледяного покрова. На ст. Кэмп-Сенчюри ледниковый покров был насквозь пробурен американскими буровиками в 1968 г. Скважина достигла коренного ложа на глубине 1391 м. По всему разрезу лед чистый, но в основании ледника вскрыта толща льда мощностью 15.7 м, содержащая пылевидные, мелкоземистые вещества. Этот пласт льда представляет собой частое переслаивание тонких слоев чистого и обогащенного мелкоземом загрязненного льда. Размеры частиц моренного материала в этом мореносодержащем льду (так именуют его авторы) варьируют от менее 2 микрон до сгустков этих частиц размером до 3 см [35].

По весу средняя концентрация моренного материала равна 0.24 %, а по объему — 0.10—0.12 %. Каких-либо обломков валунной размерности в этом мореносодержащем льду не имеется.

В другой статье этих авторов [38] этот же керновый разрез описывается как 17-метровая толща мореносодержащего льда с высоким содержанием (0.24 % по весу) моренного материала, с незначительным увеличением размеров частиц к верхним частям толщи. Авторы снова пишут о микронных размерах частиц. Но, видимо, крайне необходимо найти в разрезе покровного ледника придонную морену, поэтому в нее с готовностью записывают микрочастицы и сгустки микрочастиц. При таянии такой придонной морены образуется тонкий чехол пылевидно-глинистого вещества толщиной порядка 1.5—2 см.

Южная часть ледникового покрова. В 1981 г. закончены буровые работы на ст. Дай-3 (американско-европейская программа). По данным бурения толщина льда на станции 2037 м [39]. Ледяной керн на разной глубине — 500, 901 и 2030—2035 м содержит минеральные включения, представленные вулканическим пеплом разной концентрации от слабой до заметной и сильной. Возраст льда у ложа оценивается в 125—150 тыс. лет [39].

Центральная часть ледникового покрова. В центре Гренландии ледниковый покров пробурен двумя скважинами — GRIP-1 (европей-

ский проект) и GISP-2 (проект США). Первая скважина достигла подледных коренных пород на глубине 3029 м в 1992 г. [26]. Скважина GISP-2 расположена в 30 км юго-западнее первой скважины, ее бурение закончено в 1993 г. Скважина имеет общую глубину 3053 м, из них 1.55 м пройдено по породам ложа [26] (толщина льда, стало быть, несколько более 3051 м). Итак, загадочная центральная часть ледникового щита пробурена сразу двумя скважинами. Может быть, в центре оледенения льды имеют мощную мореносодержащую толщу, образуют придонную морену? Нет, таковые отсутствуют. В нижней части льда отмечаются лишь незначительные включения пылевидного вещества в виде отдельных пятен.

Северная часть Гренландского ледника. Это важный гляциологический подрайон охарактеризован скважиной, пробуренной по Северо-Гренландскому ледниковому проекту. Скважина расположена в центре Северной Гренландии на высоте 2921 м над ур. м. Бурение началось в 1996 г., окончено в 2004 г. В итоге был пробурен ледниковый покров толщиной 3091 м. Описание буровых работ приводится по П. Г. Талалаю [26].

В 2003 г. на глубине 3085 м в скважину хлынула подледниковая пресная вода бурого цвета, она поднялась вверх на 43 м. После некоторого перерыва в 2004 г. буровой снаряд достиг коренного ложа на глубине 3091 м и частично разбурил подстилающие коренные породы — красноцветные песчаники. Судя по описанию керна, ледяная толща по всему разрезу представлена льдом, не содержащим заметных минеральных частиц.

Лед, вскрытый в придонной части ледника, имеет необычный бурый цвет (такой же, как и вода, впоследствии замерзшая). Но здесь буровиков и гляциологов ждала сенсация: в керне озерного льда был обнаружен маленький кусочек древесины реликтового происхождения [26]. По-видимому, при бурении вода древнего озера была взбаламучена и самая легкая донная фракция — кусочек древесины, вмерз во вновь образовавшийся озерный лед.

Ледяной туннель Тутто. В северо-западной части Гренландии по контакту покровного ледника и коренного ложа был пройден специальный ледяной туннель Тутто. Во льду были выявлены минеральные частицы и лед был назван мореносодержащим [40]. О количестве минеральных включений не сообщается, но указывается, что эти включения имеют микронную размерность и они впитывались в донную часть ледника путем процессов примерзания — прилипания. Исследования при помощи электронного микроскопа показали, что выявленные мельчайшие зерна и чешуйки минералов относятся к кварцу, полевым шпатам и налетам кремнезема и не несут никакой обработки — все зерна выветрелые.

Итак, все 5 скважин, насквозь пробуравившие Гренландский ледниковый покров и ледниковый туннель Тутто, предоставляют уникальные материалы по так называемой придонной морене и мореносодержащему льду. Покровные льды и даже выводные ледники (о чем будет сказано далее) не содержат в себе ни глыб, ни валунов, а лишь пылевидные, мелкоземистые включения. Такова будет и настоящая донная (основная) морена — это тонкий плащ глинисто-супесчаного вещества, пылевидного в сухом состоянии.

Мореносодержащий лед в разрезах (обрывах) покровных ледников. Первыми исследователями, приведшими сведения о включениях минеральных веществ в ледниках Гренландии, были Л. Кох, А. Вегенер и Э. Дригальский. Это были так называемые голубые полосчатые льды, содержащие включения пылевидно-мелкоземистого вещества.

Гренландия. В книге Ю. А. Лаврушина [18] приводится выразительная фотография толщи мореносодержащего льда во фронтальном обрыве выводного ледника Фредериксхоб-Инсблинк (юго-запад Гренландии). Помимо помещения ее в текст, эта же фотография в увеличенном виде вынесена на обложку книги, а затем с перерывом в четверть века включена в статью этого автора и О. Г. Эпштейна [19].

Подпись к фотографии в книге гласит: «Толща мореносодержащего льда в основании ледниковой лопасти Фредериксхоб-Инсблинк». В статье подпись к этой фотографии несколько уточняется: «Мощная (около 30 м) пачка мореносодержащего льда в основании ледника Фредериксхоб-Инсблинк».

На фотографии видна мощная толща льда полосчатой текстуры, которая, видимо, и подчеркивается прослоями льда, содержащими минеральное вещество, и прослоями чистого льда. Что это за минеральное вещество, какие минералы его составляют, какой весовой объем или процент этого минерального вещества содержится во льду и, наконец, какой механический (гранулометрический) состав этого вещества? Эти вопросы возникают неизбежно у исследователя, желающего детально ознакомиться со столь уникальным разрезом ледниковой толщи. Но из книги Ю. А. Лаврушина ничего этого не узнаешь, никакой, даже краткой, литологической характеристики этого «мореносодержащего» вещества не приводится.

В статье [19] все же появляются некоторые сведения об этом разрезе. Авторы пишут, что лед в нем представлен чередованием слоев чистого и грязного льда, который именуется то моренной примесью, то минеральными частицами, то минеральным веществом. Но снова нет никаких аналитических данных по гранулометрическому составу «моренной примеси», нет ее минерального состава, нет и процентного содержания в теле ледника. Словно кто-то наложил табу на отбор проб, или все засекретили?

Авторы статьи к тому же создают дополнительные трудности: ими перепутаны фотографии и ссылка на рис. 3 (ледник Фредериксхоб-Инсблинк) почему-то отнесена к Восточно-Антарктическому щиту. Запутывают дело и постоянные ссылки на горные ледники Аляски и Шпицбергена, якобы призванные прояснить вопрос с минеральным веществом в леднике Фредериксхоб-Инсблинк. Но в горных и горно-долинных ледниках совсем другой тип накопления разнообразного материала — там на поверхность ледников в изобилии поступают глыбы и валуны за счет обрушения горных склонов, камнепадов, солифлюкционных процессов на более пологих склонах. Этот крупный материал переходит во внутреннюю морену, а затем под действием силы тяжести и других процессов — в донную морену.

Рассматриваемый разрез «мореносодержащего» (а точнее пылесодержащего) льда является опорным для Гренландского ледникового щита. В капитальной монографии Л. Д. Долгушина и Г. Б. Осиповой «Ледники» указывается: «Крупнейший выводной ледник Юго-Западной Гренландии — ледник Фредериксхоб-Инсблинк широкой лопастью около 25 км в поперечнике выползает на берег» [6]. От моря он отделен флювиогляциальной и морской равниной.

Это опорная ледниковая структура, порожденная великим Гренландским ледниковым покровом, и одновременно это опорный разрез мощной ледниковой лопасти. В связи с колебаниями ледников в четвертичное время эта динамичная лопасть то энергично наступала на приморскую равнину, то отступала.

В соответствии с установками и канонами ледниковой теории этот мощный ледяной поток должен был все сокрушить на своем широком фронте. Он дол-

жен действовать как гигантский бульдозер, интенсивно выпаживать свое ложе, отторгать, дробить и дислоцировать горные породы, сооружать напорные моренные гряды, отражающие конфигурацию ледниковой лопасти. Но ничего подобного не наблюдается. Ледниковая лопасть течет по несколько покатому ложу, она вовсе не вгрызается в подстилающие породы, не дробит их на валуны, не создает широких трогов или узких глубоких фьордов, не формирует она и конечных морен. Нет никаких следов выпаживания и отторжения и в пределах морской равнины. Следует подчеркнуть, что ни глыб, ни валунов не имеется ни в «грязных», ни в чистых льдах. При таянии этой лопасти может образоваться маломощный чехол супесчано-глинистого состава, но из-за отсутствия минералогических анализов нельзя сказать о происхождении частиц, загрязняющих ледниковую лопасть, — то ли это мелкоземистый терригенный материал, впитанный ледником, то ли вулканический пепел, благо Исландия с ее пепловыми вулканами лежит недалеко от Гренландии.

Ледниковая лопасть проясняет и другой вопрос. Путь ледника проходит то по скалистому ложу (и там лед чистый без всяких примесей), то он движется по морским глинам с обильными морскими раковинами. Часть раковин вморожена в подошву ледника, но, как ни странно, хрупкие раковины при этом нередко имеют «прекрасную сохранность» [18]. Стало быть, пора отказываться от представлений о действии ледников наподобие жерновов, дробящих и перемалывающих даже валуны.

Исландия. Основная часть исландских ледников относится к покровному типу. На их поверхность во время извержений местных вулканов выпадает много вулканического пепла, вулканического песка и шлака. Этот материал в дальнейшем распределяется в толще льда, проникая до самого основания.

В согласии с ледниковой теорией включенная в лед пирокластика именуется мореной, видимо действует принцип: коль скоро пирокластический материал находится в теле ледника, он автоматически становится ледниковым.

Второй особенностью исландских купольных ледников является продуцирование ими выводных ледников. Обилие снежных осадков в свою очередь приводит к энергичному продвижению этих ледниковых лопастей.

Многие ледниковые лопасти в IX и XVII—XIX вв. быстро наступали, причем нередко на поля, пастбища викингов-исландцев. В первой половине XX в. ледники отступили, освободив ранее окультуренные земли [6]. Выяснилось, что ледниковые лопасти превратили легкие фермерские постройки в развалины, но поля и пастбища были почти не тронуты и лишь местами засыпаны песчано-глинистым наносом пирокластического происхождения.

Антарктида. В Антарктическом ледниковом покрове в разных его районах пробурено 6 глубоких скважин, достигших коренного ложа. Кроме того, насквозь разбурены шельфовые ледники Росса, Ронне-Фильхнера, Эймери, Лазарева и Шеклтона.

Станция Бэрд (США). Расположена в Западной Антарктиде. В 1968 г. здесь было окончено бурение скважины, прошедшей ледниковый покров и достигшей коренного ложа на глубине 2164 м. Изучение ледяного керна показало, что в приподошвенной части ледника имеется толща мореносодержащего льда мощностью 4.83 м [34]. Толща представлена чередованием чистого льда и льда, содержащего минеральные включения песчано-глинистой размерности. Процентное содержание этих включений авторами статьи не приводится, но какие-либо валуны или глыбы в этой придонной морене отсутствуют.

Что касается мелкозема, то предполагается, что он попадал в лед в процессе примерзания-налипания отложений ложа на нижнюю часть ледника.

Станция Восток (Россия). центральная часть Восточной Антарктиды. Бурение скважины 5Г-1 началось в 1990 г., к февралю 2011 г. лед пробурен до глубины 3720.4 м. Скважина вошла в озерный лед весьма крупного подледникового оз. Восток и уже большая часть этого льда пробурена.

Озеро Восток по площади больше Онежского озера и гораздо глубже его — глубина озера (т. е. толщина озерной воды) по геофизическим данным составляет 700 м, а на отдельных участках озера до 1200 м [22].

Ледниковый лед, пробуренный скважиной 5Г-1, содержит минеральные и органические включения на глубинах 3538, 3608 и 3611 м [20]. В статье В. М. Котлякова [16] эти моренные включения (так они именуются в публикации) представлены вулканическим пеплом, микрочастицами метеоритов (космическая пыль), а также спорами и пылью растений. Процентное содержание этих пылевидных частиц не приводится, валунов или хотя бы щебня по всему разрезу ледяной толщи не отмечено.

Станция Конен (Германия). Находится на Земле Королевы Мод, толщина льда по данным бурения составляет 2774 м. На этой глубине в 2006 г. в скважине появилась вода, поднявшаяся на высоту 80 м. По имеющимся данным в придонных частях ледника включений какого-либо минерального вещества нет. Возраст льда на забое скважины составляет 900 тыс. лет [27].

Станция Купол F (Япония). Расположена в глубине Восточной Антарктиды (со стороны Индийского океана) на так называемом ледниковом куполе F. Скважина бурилась в 2003—2007 гг. и достигла ледникового ложа на глубине 3044 м. Пылевидные включения отмечены близ забоя скважины, а возраст льда близ коренного ложа оценивается в 1 млн лет [27]. Возраст 900 тыс. лет имеют придонные льды под станцией Конен, где они консервируют доледниковую поверхность.

Станция Купол C (европейская программа). Расположена в глубине Восточной Антарктиды (со стороны Тихого океана) на ледниковом куполе C. Пройдя мощную толщу льда, скважина (бурение в 2000—2005 гг.) достигла коренного ложа на глубине 3270 м [27]. Минеральных включений по разрезу льда не отмечено, заметных минеральных или других включений не имеется и в придонных частях льда. Возраст льда на забое скважины у ледникового ложа оценивается в 800 тыс. лет [27].

Станция Купол Лоу (Австралия). Расположена близ побережья в Восточной Антарктиде. Скважина достигла коренного ложа в 1993 г. на глубине 1196 м [27]. Моренных включений не имеется, если за них не считать редкие пылевидные включения.

Шельфовые ледники. Шельфовые ледники Антарктиды питаются за счет стока материкового ледника — прежде всего его выводных ледников, а также за счет выпадения снега на свою поверхность. По данным сквозного разбуривания — до морской воды, и геофизическим данным толщина шельфовых льдов в среднем 400 м [21]. Поскольку шельфовые ледники основной приток льда получают за счет выводных ледников, можно было бы в них ожидать мореносодержащую толщу. Но разбуривание ледников Ронне-Фильхнера (толщина 465 м) и Росса (толщина 416 м) показало отсутствие каких-либо минеральных включений или примеси мелкозема (не говоря уже об обломках валунной размерности) по всей их толще [12, 33].

Особо важное палеогеографическое значение имеет шельфовый ледник Эймери, питающийся за счет мощного притока льда грандиозного выводного ледника Ламберта. По представлениям сторонников ледникового учения этот ледник выпал и продолжает энергично выпаживать грабен ледника Ламберта (крупнейшую тектоническую структуру Антарктиды). Но сквозное разбуривание ледника Эймери (толщина льда 252 м) [25] и подводные исследования его днища показали отсутствие в них даже мелкоземистых включений. Тем самым отпадает вопрос о выпаживании ледником Ламберта рифтогенной структуры и коренных пород, слагающих борта грабена.

Шельфовый ледник Лазарева пробурен насквозь двумя скважинами. Одна вскрыла 374-метровую толщу льда, лежащую на грунте, а вторая пробурила лед до морской воды (толщина льда здесь 356 м) [24]. Никаких моренных и даже единичных минеральных включений в шельфовом леднике Лазарева не отмечено, также их не выявлено и в леднике Шеклтона [3]. Но почему-то сторонники ледниковой теории в обязательном порядке изображают мощную придонную морену и в шельфовых ледниках [15].

Мореносодержащие льды в естественных разрезах Антарктиды. В Антарктиде, особенно в ее западной части — на Земле Виктории, развиты горно-долинные ледники. Еще со времен исследований Р. Пристли (в составе последней экспедиции Р. Скотта) хорошо известно, что эти ледники на своей спине несут валунно-глыбовый материал, обрушившийся на поверхность ледников с крутых горных склонов. В данном разделе горно-долинные ледники не рассматриваются, вопрос будет касаться могучего антарктического ледникового покрова, его естественных обнажений, вертикальных обрывов льда. Широкой известностью пользуется шельфовый ледник Росса — порождение покровного ледника. Он обрывается в море 50-метровым обрывом под названием Ледяной барьер Росса и прослеживается на 900 км. Изучение этого обрыва многими исследователями не выявило в нем каких-либо моренных включений.

В некоторых публикациях указывается, что включения пылеватого и мелкозернистого вещества во льдах Антарктиды имеются, но в крайне незначительных количествах. Так, в книге «Антарктический ледниковый покров» К. С. Лосев [21], касаясь вопроса подледниковых озер, писал: «Учитывая ничтожное количество нерастворимых включений во льду центральной части Антарктического ледникового покрова, можно полагать, что в подледном озере может отложиться только тонкий слой ила». И далее: «При столь ничтожном отложении наносов, даже сравнительно мелкий водоем не может заполниться отложениями за миллионы лет» (с. 91). Мощнейший ледник за миллионы лет не может даже выпажать, размазать по ложу озерную воду, не то чтобы отложить достаточно заметное количество илистых осадков!

А четвертичные ледники (в трудах сторонников учения) за неизмеримо более короткое время преобразовали рельеф, выпажали и дислоцировали толщи пород, отторгли их, раздробили на глыбы и валуны коренные массивы гнейсов, гранитов, диабазов, отполировали и исштриховали скалы. Как-то непонятно «скромно и тихо» ведут себя настоящие (а не виртуальные) мощнейшие материковые льды.

Другие это были процессы, совсем не ледниковые, а главным образом разломно-тектонические. Они, эти процессы и явления и созданные ими геолого-геоморфологические образования, детально рассмотрены в работах [28—31].

Тем не менее важно подробнее рассмотреть и ледниковую деятельность в части осадкообразования и экзарации.

Наиболее информативными в этом плане являются ледники в районе оазиса Бангера в Восточной Антарктиде. В этом районе по программе МГГ проводились специальные работы по выявлению мореносодержащих льдов, а также определению интенсивности ледниковой экзарации. Работа обобщена в статьях и монографии С. А. Евтеева [7, 8]. По его данным, наиболее интересной по содержанию во льдах моренного вещества оказалось краевая часть ледникового покрова, лежащая на кристаллических породах у Холмов Бангера. Здесь «мореносодержащий» лед достигает 40 м; еще более мощная «мореносодержащая» толща льда — 100 м — отмечена в месте слияния выводных ледников Скотта и Денмана [7, 8].

В обнажениях льда у Холмов Бангера на разной глубине мореносодержащего льда было взято 8 проб и определено весовое содержание моренного материала во льду. Оно оказалось равным 0.11 % в верхних частях уступа льда (на высоте 40 м) и постепенно увеличивалось к основанию ледника и, наконец, достигло своего максимума на контакте льда и коренной породы — 11.84 %. Среднее содержание моренного материала на всей мореносодержащей толще оказалось равным 1.87 % (в книге Евтеев [8] снизил его до 1.6 %).

В 100-метровой толще мореносодержащего льда в месте слияния выводных ледников Денмана и Скотта количество моренного вещества оказалось во много раз меньшим, и данные лабораторного его изучения С. А. Евтеевым не приводятся.

Цифра 1.6 % моренного материала в мореносодержащем льду была экстраполирована на всю Антарктиду и в результате этого была выведена формула, по которой покровный ледник ежегодно срезает с кристаллического основания этого материка 0.05 мм. Был также сделан вывод о мощной экзарационной деятельности покровных льдов, о способности их выпахать за время существования льдов сотни метров кристаллических пород.

Прежде чем неимоверно «увеличивать» ледниковую экзарацию, надо было бы ознакомиться с книгой Н. А. Шилов [32], в которой сказано: «Параметры льда, такие как модуль упругости, сопротивление сдвигу и т. д., не идут ни в какое сравнение с аналогичными характеристиками горных пород... Поэтому говорить о механическом разрушении горных пород ледниковыми массами — равносильно признанию за ними мифических свойств».

А теперь посмотрим, что представляет собой мореносодержащая толща льда (придонная морена), которая определяется С. А. Евтеевым в 40 и даже 100 м. Каково литологическое строение этой «придонной морены», какой ее механический и минералогический состав? Необычайно важны петрографический состав глыб и валунов и их количественное содержание. Что об этом сказано в статьях и монографии Евтеева и других источниках? А ничего не сказано, кроме декларации о 40—100-метровых толщах мореносодержащего льда. Не приведено никаких данных по механическому составу «морены», нет минералогических анализов, нет литологического описания мореносодержащих толщ.

А ведь работы выполнялись по программе МГГ! Но мы даже не знаем, сколько в «моренном» веществе содержится вулканического пепла, а сколько терригенных примесей. И только к работе по петрографической характеристике глыб и валунов нет претензий: в мореносодержащем льду (придонной морене) они просто отсутствуют.

Положение с мореносодержащей толщей льда района оазиса Бангера прояснилось только четыре десятилетия спустя, когда геолого-гляциологические

исследования здесь провел Д. Ю. Большиянов (Арктический и Антарктический НИИ) [3, 5]. Согласно его материалам и личным дополнительным сведениям, «мореносодержащая» толща представляет собой лед, содержащий частицы минерального вещества песчано-глинистой и пылевидной размерности. К тому же количество этого вещества во льдах района оазиса Бангера С. А. Евтеевым на порядок завышено.

Но как удавалось столь долго скрывать, что никакой валунно-глыбовой мореносодержащей толщи в нижней части покровных льдов и по всему их разрезу не существует? То пылеватое, мелкоземистое вещество, которое в ничтожном количестве заключено во льду, умело выдавали за придонную морену. И все свято верили. А как иначе? Раз уверенно-назидательно употребляют термины «мореносодержащая толща, придонная морена», то там в обязательном порядке должны быть глыбы и валуны. Толща льда просто должна быть начинена валунами и глыбами и это наглядно показывалось на многочисленных схемах и разрезах!

А что представляет собой «ледниково-валунная формация» на Русской равнине, которая связывается с Фенноскандинавским ледниковым покровом? Вполне точная ее литологическая характеристика приводится в коллективной работе И. И. Краснова и других авторов [17]: «Для ледниковой формации в целом характерно чешуеобразное залегание, наличие тесной связи с составом подстилающих пород, структур захвата, присутствие ледниковых отторженцев, широкое развитие локальных морен, содержащих в своем составе включения буквально всех горизонтов нижележащих дочетвертичных пород». Добавлю: включая глыбы и валуны пород кристаллического фундамента, поднятые в составе тектонической брекчии по глубинным разломам фундамента и чехла. Описанная И. И. Красновым с соавторами «ледниковая» формация на самом деле является разломно-тектонической формацией и она образуется в шовных зонах активных неотектонических разломов и в полосе их динамического влияния [28–30]. Имеется и ряд других природных процессов, ведущих к формированию валунных отложений, но они здесь не рассматриваются.

О тектоническом происхождении ледниково-экзарационного рельефа. Экзарационные типы рельефа — от бараньих лбов до фиордов — считаются ярким творением покровного ледника, выпавшего и срезавшего кристаллические породы. Казалось бы, теперь после сквозного разбуривания покровных ледников стало ясно, что покровные льды ничего не выпавивают и не срезают, а, наоборот, консервируют подледную поверхность. На это указывает отсутствие моренных слоев во льду, если не считать за них вулканический пепел да пылевидные включения, которые ледник впитывает в себя. Неспособность покровных ледников выпавить и размазать по ложу воду реликтовых подледниковых озер тоже говорит за себя. Но представления о действии ледника в качестве гигантского бульдозера очень живучи. Детальное изучение экзарационных типов рельефа, проведенное автором на Балтийском щите, доказывает, что все разновидности экзарационного рельефа созданы новейшими разломно-тектоническими процессами [28, 29, 31], а никак не выпаваны и не прорезаны ледником.

Кристаллический фундамент восточной части Балтийского щита разбит густой сетью неотектонических разрывов, среди которых выделяются глубинные, региональные и приповерхностные разломы: сдвиги, взбросы, надвиги, сбросы, раздвиги. Системы глубинных и региональных неотектонических разломов и крупные экзарационные формы рельефа, такие как фиорды, шхеры,

озерные котловины, в кристаллических породах образуют единые парагенезы. Указанные типы рельефа являются геоморфологическим выражением новейшего разломообразования и неотектонического дислоцирования по разломам в условиях докембрийского кристаллического щита, испытывающего общее горизонтальное тектоническое сжатие.

Установлена парагенетическая связь и более мелких экзарационных типов рельефа с такими структурами, как надвиги, взбросы, сколы, сбросы и сдвиги. Массовое развитие этих форм рельефа наблюдается на окончаниях крупных сдвигов и они по существу представляют собой сместители и зеркала скольжения перечисленных разрывных структур, особенно приповерхностных надвигов и взбросов, вторичных сколов. Верхние дислоцированные их элементы разрушены на блоково-глыбовый материал, впоследствии гравитационно смещенный к основанию склонов.

Разломно-тектонический генезис бараньих лбов, курчавых скал, штрихов и борозд дополнительно подтверждается следующими данными.

1. В контуре крупных обнажений прослеживается погружение (т. е. «уход» под коренные породы) отполированных и изборожденных склонов бараньих лбов и курчавых скал под висячие крылья надвигов, взбросов и пологих сбросов.

2. В интрузивных массивах при гравитационном сползании блоков пород обнажаются отполированные «лысины» типичных бараньих лбов внутриблочного происхождения.

3. Тектонический тип поверхности рельефа бараньих лбов и курчавых скал, представляющих собой структурные волны, характерные для надвиговых структур.

Зеркальная поверхность лбов покрыта пленкой милонитизированных пород, а системы борозд и штрихов имеют параллельные и субпараллельное расположение, типичное для тектонических структур.

Перечисленный широкий спектр морфоструктур и тектоглифов зеркал скольжения включается в арсенал последствий и признаков новейших тектонических дислокаций, что имеет существенное значение для геодинамических исследований и палеогеографических реконструкций.

Свой вклад в палеогеографию кайнозоя вносят и великие ледниковые покровы Гренландии и Антарктиды. «Хвалу и клевету приемля равнодушно», они выполняют важную функцию по консервации древней поверхности, предохраняют ее от денудации.

Заключение. Возложение на покровные ледники «обязанностей» по выполнению огромной и разнообразной геологической и тектонической работы оказалось изначально ошибочным. Для установления генезиса и механизма формирования экзарационных и других типов рельефа, рассматриваемых как ледниковые, отторженцев, «гляциодислокаций», а также валунно-глыбовых отложений необходимо изучать и моделировать совсем другие геологические процессы, в первую очередь разломно-тектонические.

Вместе с тем фактический материал, собранный в рамках ледниковой теории, не пропадет. Он просто переинтерпретируется в соответствии с новой геолого-тектонической концепцией.

Список литературы

- [1] *Архипов С. М., Востокова Т. А., Загороднов В. С.* Нерастворимые микровключения в придонной части ледяного керна восточного ледяного поля на Северо-Восточной Земле (Шпицберген) // *Материалы гляциологических исследований*. 1990. Вып. 70. С. 112—115.
- [2] *Большаинов Д. Ю.* Основные проблемы палеогеографии позднего неоплейстоцена и голоцена Российской Арктики, поставленные исследованиями последнего десятилетия и варианты их разрешения // *Проблемы Арктики и Антарктики*. 2000. Вып. 72. С. 72—97.
- [3] *Большаинов Д. Ю.* Пассивное оледенение Арктики и Антарктики. СПб.: Изд-во ААНИИ, 2006. 296 с.
- [4] *Большаинов Д. Ю., Макеев В. М.* Архипелаг Северная Земля. Оледенение, история развития природной среды. СПб.: Гидрометеониздат, 1995. 217 с.
- [5] *Большаинов Д. Ю.* Новые представления о палеогеографии плейстоцена Арктики и Антарктики // *Отечественная геоморфология: прошлое, настоящее, будущее*. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2008. С. 34—35.
- [6] *Долгушин Л. Д., Осипова Г. В.* Ледники. М.: Мысль, 1989. 447 с.
- [7] *Евтеев С. А.* Определение количества моренного материала, перенесенного ледниками восточного побережья Антарктиды // *Бюлл. Советской Антарктической экспедиции*. 1959. № 11. С. 14—16.
- [8] *Евтеев С. А.* Геологическая деятельность ледникового покрова Восточной Антарктиды. М.: Наука, 1964. 149 с.
- [9] *Загороднов В. С., Зотиков И. А.* Керновое бурение на Шпицбергене // *Материалы гляциологических исследований*. 1981. Вып. 40. С. 157—163.
- [10] *Загороднов В. С., Самойлов О. Ю.* Глубинное строение ледникового плато Ломоносова на о-ве Западный Шпицберген // *Материалы гляциологических исследований*. 1984. Вып. 50. С. 119—126.
- [11] *Зотиков И. А., Даксбери Н. С.* О генезисе озера Восток (Антарктида) // *Докл. РАН*. 2000. Т. 370. № 6. С. 815—818.
- [12] *Зотиков И. А., Гау А. А., Джекобс С. С.* Строение центральной части шельфового ледника Росса в Антарктиде // *Материалы гляциологических исследований*. 1985. Вып. 54. С. 39—44.
- [13] *Клементьев О. Л., Николаев В. И.* Внутреннее строение и термодинамическое состояние ледников Северной Земли // *Материалы гляциологических исследований*. 1992. Вып. 73. С. 103—109.
- [14] *Короновский Н. В.* Общая геология. М.: Изд-во КДУ, 2006. 528 с.
- [15] *Котляков В. М.* Снег и лед в природе Земли. М.: Наука, 1986. 160 с.
- [16] *Котляков В. М.* В ста метрах от тайны // *Вокруг света*. 2004. № 2. С. 93—101.
- [17] *Краснов И. И., Малаховский Д. Б., Ауслендер В. Г., Котлукова И. В.* Гляциальная теория и ее практическое применение на территории северо-запада Восточноевропейской платформы // *Палеогеография и полезные ископаемые плейстоцена севера Евразии*. Л.: Наука, 1986. С. 13—18.
- [18] *Лаврушин Ю. А.* Строение и формирование основных морен материковых оледенений. М.: Наука, 1976. 238 с.
- [19] *Лаврушин Ю. А., Эпштейн О. Г.* Особенности ледового типа литогенеза // *Бюлл. Моск. об-ва испытателей природы. Отд. геол.* 2000. Т. 75. Вып. 6. С. 14—29.
- [20] *Липенков В. Я., Барков Н. И., Саламатин А. Н.* История климата и оледенения Антарктиды по результатам изучения ледяного керна на станции Восток // *Проблемы Арктики и Антарктики*. Вып. 72. СПб.: Гидрометеониздат, 2000. С. 197—236.
- [21] *Лосев К. С.* Антарктический ледниковый покров. М.: Наука, 1982. 160 с.
- [22] *Масолов В. Н., Лукин В. В., Шереметьев А. Н., Попов С. В.* Геофизические исследования подледникового озера Восток в Восточной Антарктиде // *Докл. РАН*. 2001. Т. 379. № 5. С. 680—685.

- [23] Морев В. А., Пухов В. А., Яковлев В. М. Бурение скважин на леднике Вавилова, Северная Земля // Материалы гляциологических исследований. 1981. Вып. 40. С. 154—157.
- [24] Морев В. А. Опыт бурения скважин в Антарктиде // Материалы гляциологических исследований. 1990. Вып. 68. С. 125—127.
- [25] Райковский Ю. В. Гляциологические исследования на шельфовом леднике Эймери // Материалы гляциологических исследований. 1990. Вып. 68. С. 114.
- [26] Талалай П. Г. Первые итоги бурения самой глубокой скважины во льдах Гренландии // Природа. 2005. № 11. С. 32—39.
- [27] Талалай П. Г. Глубокое бурение в Антарктиде: новые проекты // Природа. 2007. № 6. С. 35—49.
- [28] Чувардинский В. Г. О ледниковой теории. Происхождение образований ледниковой формации. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 1998. 302 с.
- [29] Чувардинский В. Г. Неотектоника восточной части Балтийского щита. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2000. 287 с.
- [30] Чувардинский В. Г. Разрывная неотектоника и новые поисковые методики. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2001. 100 с.
- [31] Чувардинский В. Г. Букварь неотектоники. Новый взгляд на ледниковый период. Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2008. 86 с.
- [32] Шило Н. А. Основы учения о россыпях. М.: Наука, 1981. 383 с.
- [33] Engelhardt H., Determann S. Borehole evidence for a thick layer of basal ice in the central Ronne Ice Shelf. // Nature. 1987. Vol. 327. N 1620. P. 318—319.
- [34] Gow J., Epstein S., Sheehy W. On the origin of stratified debris in ice cores from the bottom of the Antarctic ice sheet // J. Glaciol. 1979. Vol. 23. N 89. P. 185—192.
- [35] Herron M., Langway C. The debris-laden ice at the bottom of the Greenland ice sheet // J. Glaciol. 1979. Vol. 23. N 89. P. 193—207.
- [36] Dansgaard W., Hammer C. A new Greenland deep ice core // Science. 1982. Vol. 218. N 45—49. P. 1273—1280.
- [37] Koerner R., Fisher D. Discontinuous flow and ice texture of Devon Island ice cap // J. Glaciol. 1979. Vol. 23. N 89. P. 221—222.
- [38] Langway C., Herron M. Polar ice core analysis // Antarct J. K. S. 1977. Vol. 12. N 4. P. 152—154.
- [39] Marshall P., Kuivinen K. The Greenland ice sheet program, 1980 // Polar Rec. 1981. Vol. 20. n 129. P. 562—565.
- [40] Whalley W. A preliminary scanning electron microscope study quartz grains from a dirt band in the Tuto ice tunnel, northwest Greenland // Arct. and Alp. Rec. 1982. Vol. 14. N 4. P. 355—360.

Апатиты
Мурманская обл.
Lavrentieva@arcticsu.ru

Поступило в редакцию
4 октября 2011 г.

Изв. РГО. 2012. Т. 144. Вып. 2

© Э. Л. ФАЙБУСОВИЧ, А. Т. КАЛОЕВА

РЕСПУБЛИКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ КАК СПЕЦИФИЧЕСКОЕ ЗВЕНО В ТИПОЛОГИИ РЕГИОНОВ

Проблема типологии регионов, под которыми понимаются субъекты РФ, является одной из актуальных. Многочисленные варианты типологии по различным признакам предлагаются в ряде широко известных работ в области