

вдоль скальной стены на некотором удалении перпендикулярно оси ледника, часто вдоль оси троговой долины с обеих сторон под ее скальными стенами. Такое расположение морен выглядит непривычно, и первоначально они принимались за каменные глетчеры.

Самостоятельность Байкальской физико-географической страны отмечается во всех результатах исследований. Влияние Байкала на его побережье распространяется до вершин горных хребтов, окружающих озеро. В теплом полугодии при тихой погоде охлаждающее влияние Байкала проявляется в среднем до 250–500 м высоты по обращенным к нему береговым склонам. Но оно может значительно возрастать или уменьшаться под влиянием ветровых потоков. В холодное время года тепловое воздействие Байкала

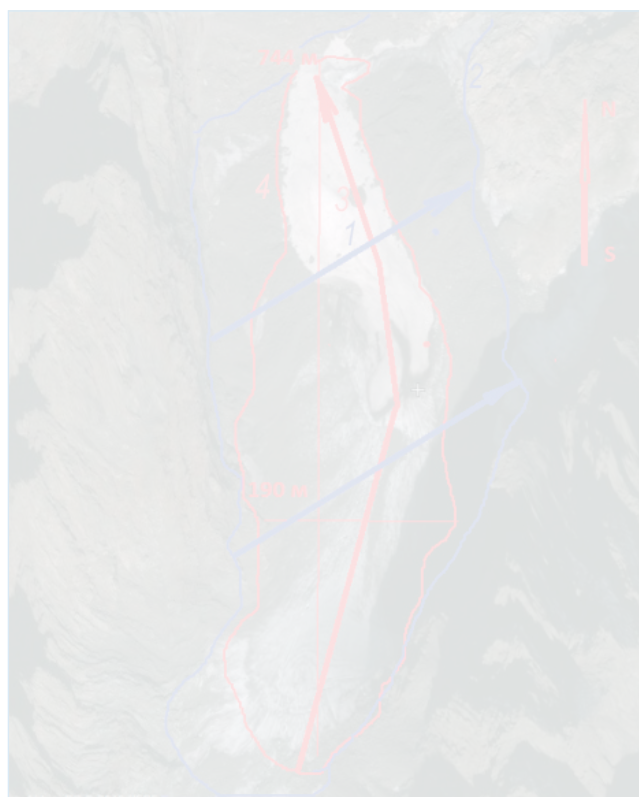


Рис. 9. Изменение направления движения и оси ледника Разорванный-3 при повышении снеговой линии в исторический отрезок существования ледника:  
1 – ось присклонового ледника; 2 – граница присклонового ледника;  
3 – ось современного ледника (2019 г.); 4 – граница современного ледника

достигает 2–2,5 км над его поверхностью, а по долинам рек — до 30–50 км и более. Над котловиной Байкала с воздушными массами в течение года проносится в среднем около 100 км<sup>3</sup> влаги.

В долинах рек Верхний Колдас и Асикта, расположенных дальше к востоку, влияние воздушных масс Байкала не сказывается и современное оледенение отсутствует, хотя имеется схожий альпийский рельеф.

Таким образом, обнаруженные малые формы оледенения Верхнеангарского хребта в совокупности с ледниками Байкальского и Баргузинского хребтов составляют Байкальскую ледниковую систему, ранее не выделявшуюся.

*М.Д. Ананичева,  
Г.Ю. Пакин  
(Институт географии РАН).  
Фото Г.Ю. Пакина*

## РЕЗУЛЬТАТЫ ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫХ МЕДИКО-ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА НИС «ЛЕДОВАЯ БАЗА МЫС БАРАНОВА» (АРХ. СЕВЕРНАЯ ЗЕМЛЯ)

В отделе геофизики проводятся исследования не тривиальных гелиофизических факторов, способных оказывать воздействие на человека и среду его обитания независимо от проявлений солнечной активности (СА), а также интенсивности галактических и солнечных космических лучей. Как правило, эти факторы относятся к неэлектромагнитному диапазону и, в отличие от солнечных вспышек и геомагнитных возмущений, характеризуются скоростью мгновенного воздействия. Оценка такого воздействия на характеристики сенсоров и показатели жизненно важных функций человека является проблемно-ориентированной задачей геофизических исследований на период 25-го цикла СА (2020–2031 годы).

К основным биомаркерам человека, способным реагировать на изменения геофизической среды, относятся артериальный пульс (Pulse) и кровяное давление, которое при каждом ударе сердца колеблется между систолическим (верхнее, Ps) и диастолическим (нижнее, Pd). Эти биомаркеры были выбраны для проведения предварительных медико-геофизических наблюдений на научно-исследовательском стационаре «Ледовая база Мыс Баранова» в 2017 году (рис. 1). Цель исследований состояла в изучении «контрответа» показателей Ps, Pd и Pulse на прохождение Солнца через меридиан (кульми-

нация). Научным основанием исследований послужили результаты эксперимента академика М.М. Лаврентьева и др. (1990), свидетельствующие об изменении характеристических значений физического датчика и биологического индикатора во время прохождения Солнца через меридиан. Учитывая сезоны незаходящего и невосходящего Солнца за полярным кругом, исследование реакции показателей геофизической среды и биосферы на положение Солнца представляет фундаментальное значение в проблеме адаптации организма человека к условиям высоких широт Арктики и Антарктики.

Программа наблюдений выполнялась с 22 января по 18 апреля 2017 года в полуденном интервале с 13 ч 00 мин до 13 ч 45 мин (UTC+8). Донором биомаркеров был сотрудник станции без вредных привычек и хронических заболеваний (мужчина 35 лет). Сеансы измерений проводились с помощью тонометра A&D Medical UA по схеме интервалов с учащением сеансов до 2–3 мин к моменту кульминации Солнца в 13 ч 21 мин. В итоге за весь период наблюдений проведено 447 измерений (149 по каждому биомаркеру). Средние значения показателей составили: Ps~125 мм рт. ст., Pd~78 мм рт. ст. и Pulse ~75 уд/мин, что соответствует хорошему состоянию сердечно-сосудистой системы в экстремальных условиях.



Рис. 1. Научно-исследовательский стационар «Ледовая база Мыс Баранова» (арх. Северная Земля).  
Фото Б.И. Бакаленко

Для изучения «контрответа» показателей  $P_s$ ,  $P_d$  и Pulse проводился статистический анализ всего массива данных (Statistica 6.0). На рис. 2а представлено сравнение временных рядов  $P_s$ ,  $P_d$  и Pulse, полученных методом сглаживания T4253H. На рисунке видно, что во временных рядах проявляются устойчивые доминирующие вариации с периодами  $\sim 10$  мин. Колебания такого типа характерны для солнечных осцилляций, охватывающих все сферы Солнца, включая электромагнитное излучение в области УФ-радиации, где на участке NUV330-370 nm отмечается максимум амплитуды солнечных осцилляций (излучение NUV330-370 nm составляет  $\sim 40\%$  поступающей к земной поверхности УФ). Это означает, что низкочастотные флуктуации параметров нижней атмосферы, в т. ч. приповерхностного давления (hPa), обусловлены воздействием солнечных осцилляций и флуктуации hPa, в свою очередь, должны отражаться в давлении крови на стенки артерий. Данная версия подтверждается прямой зависимостью  $P_s$  от hPa (рис. 3).

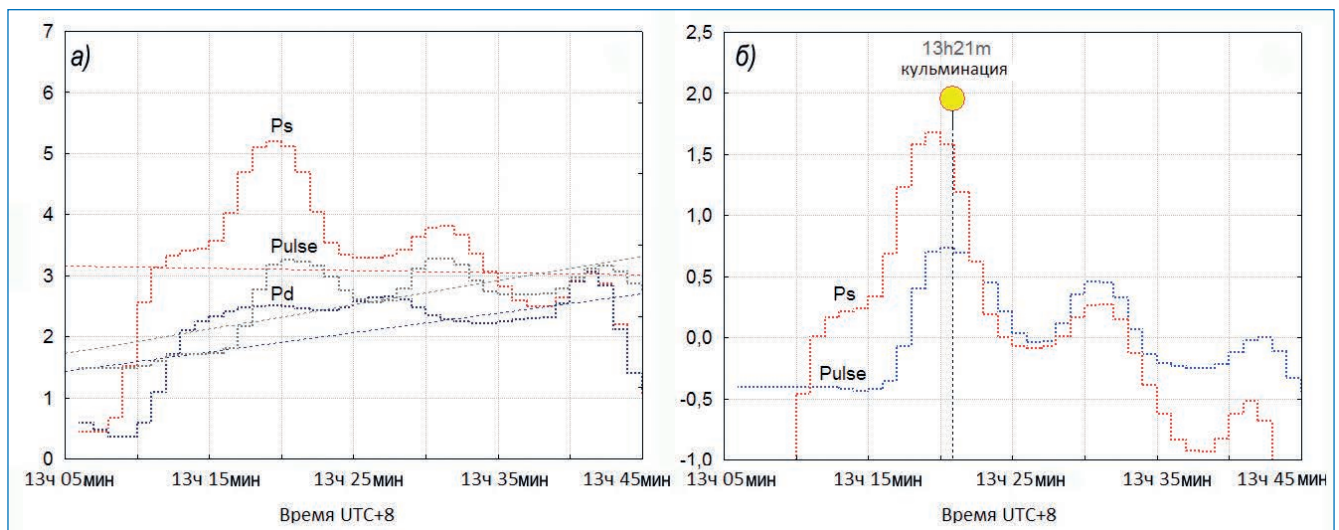
Возвращаясь к рис. 2а, следует отметить, что временной ряд  $P_d$  отличается от  $P_s$  и Pulse слабой амплитудой с фазовым расхождением. На графиках также видны линейные тренды разной направленности, возможно, связанные с физиологическими характеристиками донора. На рис. 2б показано сравнение рядов  $P_s$  и Pulse после исклю-

чения трендов. Ключевым фрагментом рисунка является близкое соответствие максимальной амплитуды систолического давления ( $P_s$ ) и артериального пульса (Pulse) моменту кульминации Солнца (13 ч 21 мин). Этот впервые установленный факт является ключевым результатом предварительных медико-геофизических наблюдений.

Наряду с биомаркерами артериальной системы проводились факультативные измерения офтальмотонуса (intraocular pressure, IOP) — внутриглазного давления, регуляция которого связана с наличием целого ряда физиологических механизмов, в т. ч. содержанием мелатонина (гормона эпифиза). К сожалению, сжатые сроки наблюдений не позволили выявить однозначную связь показателей IOP с нетривиальными факторами. Тем не менее первые результаты измерений показали реакцию офтальмотонуса на астрономические явления, в частности на лунные затмения (измерения IOP во время солнечных затмений не проводились). При этом чувствительность  $P_s$  и Pulse к прохождению лунных затмений не проявилась. Таким образом, офтальмотонус, как биомаркер ЦНС, участвующий в процессах психической регуляции человека и связанный с его характерологической особенностью — чувствительностью, отличается от биомаркеров артериальной системы показателем в сизигии — положением Земли, Луны и Солнца на одной линии.

Рис. 2. Распределения показателей артериального давления ( $P_s$ ,  $P_d$ ) и артериального пульса (Pulse) человека в полуденном интервале 13 ч 00 мин – 13 ч 45 мин за период с 22.01.2017 года по 18.04.2017 года. НИС «Ледовая база Мыс Баранова».

а) распределения  $P_s$ ,  $P_d$  и Pulse без исключения линейных трендов, б) — распределения  $P_s$  и Pulse после исключения трендов



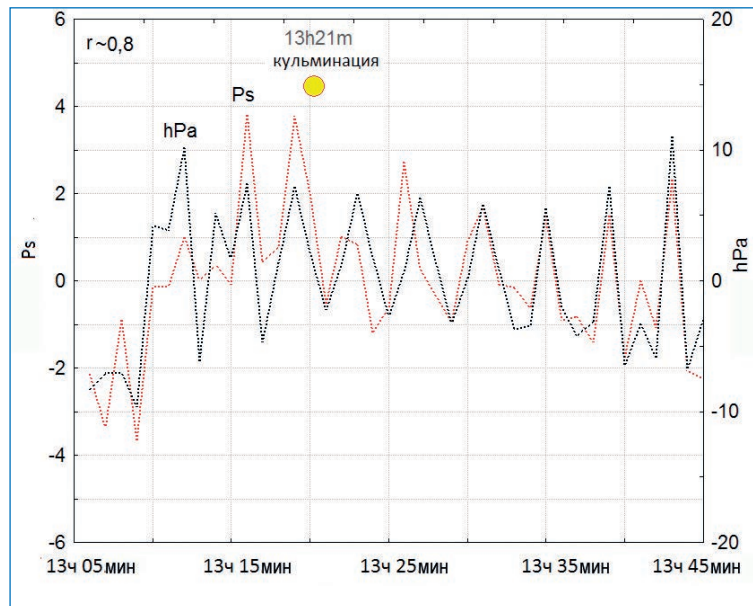


Рис. 3. Сравнение хода систолического давления (Ps) с приповерхностным давлением (hPa) в полуденном интервале 13 ч 05 мин – 13 ч 45 мин за период с 20.01.2017 по 18.04.2017. НИС «Ледовая база Мыс Баранова»

Развитие темы исследований во многом зависит от проведения годовой программы наблюдений биомаркеров в моменты надира, восхода и захода Солнца, т. к. еще в 1951 году японский ученый Маки Таката обнаружил эффект флокуляции белков в крови человека, вызванный восходом Солнца. До настоящего времени неизвестно, может ли усиливаться «эффект Такаты» от экватора к полюсу или наоборот. Хотя такая зависимость обнаружена у микроорганизмов. В частности, наблюдения за фазой роста штамма *E.coli*M17, проводившиеся д-ром мед. наук В.М. Воробейчиковым на НЭС «Академик Федоров» во время рейса из Санкт-Петербурга в Антарктиду (45-я РАЭ), показали, что активность штамма связана с географическим положением, т. е. положением в поле силы тяжести Земли.

Представленные результаты позволяют классифицировать воздействие кульминации Солнца на биомаркеры человека как астрономический фактор, обеспечивающий ритмические проявления временной структуры организма. На основе этого вывода в 2018 году было разработано предложение для Итоговой общественной резолюции по вопросам социально-экономического развития Арктической зоны Российской Федерации Международного форума «Арктика: настоящее и будущее» (с. 98–99):

«В целях реализации задач по обеспечению профессиональной деятельности и сохранению здоровья человека на период его длительного пребывания в экстремальных условиях высоких широт рекомендовать провести исследование чувствительности биомаркеров человека к воздействию факторов космической погоды в процессе профессиональной деятельности в Арктике. К числу задач относятся исследования адаптации здорового организма к экстремальным значениям метео- и гелиогеофизических факторов, а также продолжительности солнечного освещения в течение года. Биологический смысл адаптационных процессов состоит в мобилизации функциональных резервов, необходимых для поддержания гомеостаза. Конечный результат активации системы адаптации есть приспособление организма к новым условиям среды. Несостоятельность защиты организма и, как следствие, развитие патологического процесса (болезнь) зависит от силы и длительности дей-

ствия угнетающего фактора. В высоких широтах Арктики угнетающими факторами, в первую очередь, являются продолжительные сезоны полярной зимы (невосходящее Солнце) и полярного лета (незаходящее Солнце). Продолжительность этих сезонов обусловлена географической широтой. В 2016–2017 гг. при проведении медико-геофизических наблюдений на научно-исследовательском стационаре «Ледовая база Мыс Баранова» (о. Большевик, арх. Северная Земля) установлено, что биомаркеры артериальной и центральной нервной системы человека (ЦНС) способны реагировать на положение Солнца, в частности на прохождение светила через меридиан (кульминация). Полученный эффект обусловлен чувствительностью области промежуточного мозга — гипоталамуса, в которой большое число групп клеток регулируют нейроэндокринную деятельность мозга и гомеостаза организма. Кроме того, гипоталамус отвечает за циркадный ритм, что чрезвычайно важно для фундаментальных положений в хрономедицине. Известно, что при изоляции человека от ориентации по времени суток (часы, солнечный свет) циркадный ритм изменяется с 24 ч на 25 ч. Вероятность развития такого процесса в сезоны полярной ночи и полярного дня достаточно высокая. Очевидно, что продолжительность действия полярных сезонов в совокупности с действием гелиогеофизических факторов может вызвать необратимый механизм в общей структуре нервной системы. Предупреждение и прогнозирование показателей биомаркеров человека, а также разработка медико-геофизических рекомендаций для состава научных и военных станций является целью данного предложения. В настоящее время наиболее оптимальными пунктами для выполнения научной программы являются НИС на о. Большевик (арх. Северная Земля) и п. Баренцбург (арх. Шпицберген)».

Авторы выражают глубокую благодарность геофизику Б.И. Бакаленко и врачу А.А. Коробченко за участие в программе предварительных медико-геофизических наблюдений на НИС «Ледовая база Мыс Баранова» в 2016–2017 годах.

С.Н. Шаповалов, В.Т. Соколов (ААНИИ)