

ПРИРОДА

№ 2, 2000 г.

И.А. Зотиков

Антарктический феномен - озеро Восток

(с) "Природа"

*Использование или распространение этого материала
в коммерческих целях
возможно лишь с разрешения редакции*



Образовательный сетевой выпуск
VIVOS VOCO! - ЗОВУ ЖИВЫХ!

<http://www.accessnet.ru/vivovoco>

Антарктический феномен — озеро Восток

И.А.Зотиков



Игорь Алексеевич Зотиков, член-корреспондент РАН, доктор географических наук, почетный полярник, главный научный сотрудник Института географии РАН. Область научных интересов — гляциология, теплофизика ледников. Автор монографий: "Тепловой режим ледникового покрова Антарктиды" (Л., 1977), "Теплофизика ледниковых покровов" (Л., 1982); нескольких научно-популярных и художественных книг, в том числе "За разгадкой тайн ледяного континента" (М., 1984). Участник шести антарктических экспедиций (двух советских и четырех американских).

Открытие гигантского подледникового озера в Антарктиде вблизи российской станции Восток многие называют одним из крупнейших географических открытий XX в. Длина озера около 250 км, ширина около 50 км, глубина до 750 м. Однако скважина, пробуренная над ним в толще льда и остановленная на глубине 3623 м (всего в нескольких десятках метров от озера), пока воды не коснулась. Бурение прекращено из-за опасности нестерильного от-

бора проб, способного повредить уникальную реликтовую систему озера. Это решение было принято в 1998 г. на заседании SCAR (Scientific Council for Antarctic Research) — международного научного комитета по антарктическим исследованиям. Мы еще вернемся к этому решению, попытавшись прежде разобратся в сущности самого феномена.

¹ Кропоткин П. А. // Зап. Рус. геогр. об-ва по общей географии. СПб, 1876. №6.

² Зубов Н. Н. // Вестн. МГУ. Сер. геогр. 1955. Вып.2. №3. С.3—14; Он же. О льдах Арктики и Антарктики. М., 1959; Он же. // Метеорология и гидрология. 1959. №2. С.22—27.



На станции Восток.

Фото Л. Л. Елдышева

Вода под ледником

Мысль о том, что при очень большой толщине ледника температура у его нижней границы может стать равной температуре плавления льда, известна с конца прошлого века. Она следовала из представлений П.А.Кропоткина¹, полагавшего, что в толще крупных, холодных сверху ледников, где не сказываются временные колебания температуры, последняя линейно повышается с глубиной, как это происходит в скважинах, пробуренных в других горных породах.

Исходя из этого положения, уже в 50-х годах нашего века океанолог Н.Н.Зубов² ввел понятие критической толщины ледника, при которой у его дна достигается температура плавления льда (при соответствующем давлении). Он был первым, кто высказал предположение о том, что необычайно большая толщина ледниковых щитов в удаленных от берегов местах, обнаруженная при первых сейсмических исследованиях ледников в Антарктиде, может послужить причиной существования воды в

нижних частях, даже когда температура льда на поверхности очень низка.

В 1955 г. английский гляциолог Г.Робин опубликовал свою, ставшую классической, работу³, в которой показал, что поле температуры формируется в толстых антарктических ледниках под сильным воздействием вертикального переноса холода опускающимися вниз частичками льда, и отнюдь не линейно. Поэтому использовать подход Зубова для оценки условий в глубинах таких ледников нельзя.

В 1961 г. мною были проведены теплофизические расчеты, основанные на решении уравнения теплопроводности в леднике, рассматриваемом как движущаяся жидкость. Учен был и конвективный перенос холода сверху вниз. На этой основе проанализированы данные о ледниковом покрове центральной части Восточной Антарктиды, полученные в первых четырех советских антарктических экспедициях (САЭ), и показано, что по профилю от станции Мирный к станции Восток и далее к Южному географическому полюсу центральные области ледникового покрова Антарктиды находятся в условиях, когда отвод тепла от нижней поверхности ледника вверх из-за большой его толщи-

ны очень мал⁴. В связи с этим часть геотермического потока должна постоянно затрачиваться на непрерывное таяние у границы лед—твердое ложе. В тех же работах было приведено рассчитанное из указанных выше соображений поле температур по всей толщине льда под станцией Восток и показано, что температура льда у его нижней границы равна температуре плавления (-2°C) при давлении у ложа более 300 атм. Вывод был таким: талая вода в виде сравнительно тонкой пленки выдавливается в те места, где толщина ледника меньше, и намерзает там вновь, двигаясь к краям ледника уже в виде льда. В отдельных углублениях подледного ложа эта вода может скапливаться в виде озер под самой толстой центральной частью Антарктического ледяного щита.

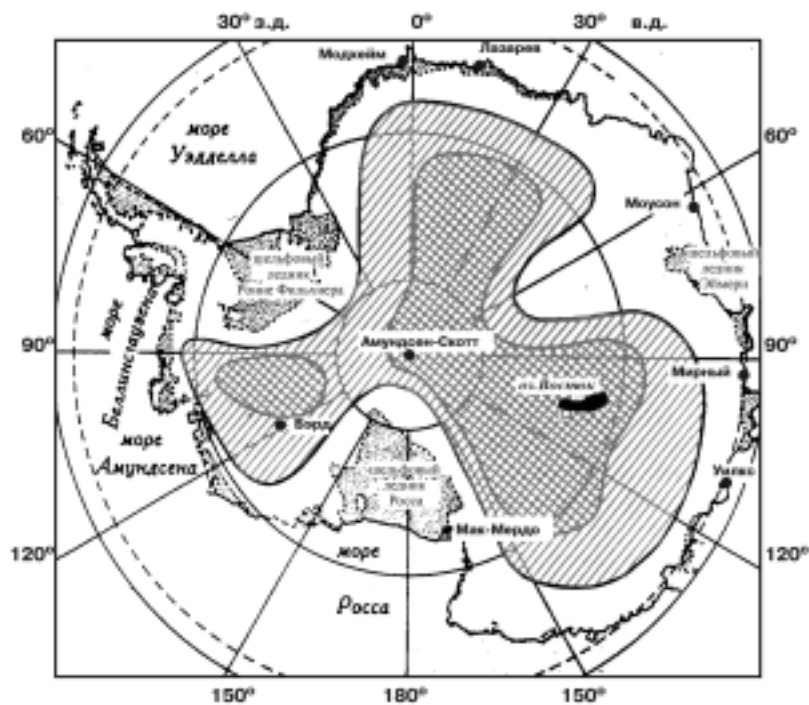
Таким образом, можно полагать, что подо льдом Антарктиды, на площади, почти равной площади Европы, разливается море пресной воды. Она должна быть богата кислородом, который доставляют постепенно опускающиеся в глубины верхние слои льда и снега. И очень может быть, что в этом подледниковом озере есть жизнь.

Через два года уже была составлена расчетная карта облас-

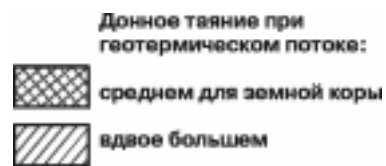
³ Robin G. Q. de // Journ. of Glaciology. 1955. V.2. №18. P.523—532.

⁴ Зотиков И.А. // Информ. бюл. САЭ. 1961. №28. С.16—21.

⁵ Zotikov I. A. // Intern. Assoc. Hydrology. 1963. №1. P.36—44.



Расчетная карта областей Антарктиды, охваченных донным таянием при разных значениях геотермического потока (Зотиков И.А., 1963).



тей непрерывного таяния у ложа в центральной части ледникового покрова Антарктиды. Из карты следовало, что станции Восток, Амундсен-Скотт, Берд находятся в областях, где идет непрерывное донное таяние, и можно ожидать, что здесь существуют подледниковые озера⁵.

Надо сказать, что реакция на это открытие была двоякой. С одной стороны, признавалась его важность, а с другой — на докторскую диссертацию «Тепловой режим Антарктиды», написанную автором в 1967 г., были даны отрицательные отзывы.

К счастью для меня, завершилось бурение самой глубокой тогда скважины (два с лишним километра) на американской станции Берд, которая относилась к области, где должно было происходить подледниковое таяние. Когда бур достиг дна ледника, в скважину хлынула пресная

вода. Бур был мгновенно разрушен и навечно вморожен в лед. Со станции Берд мне пришла телеграмма с поздравлениями по поводу того, что я оказался прав. Она подоспела как раз к защите, которая прошла успешно, хотя в ВАКе диссертация подвергалась дополнительному рецензированию еще два года.

Признание постоянного донного таяния и подледниковой воды в центральной части Антарктиды в дальнейшем создало новые подходы к реконструкции четвертичных ледниковых покровов, поискам скоплений полезных ископаемых (в особенности нефти и газа), выдавливаемых к краям ледников водой, оно стало главным теоретическим фактором отклонения проекта захоро-

⁵ Капица А.П. // Информ. бюл. САС. 1960. №19. С.10—14.; Капица А.П., Сорохтин О.Г. // Там же. 1965. №51.С.19—22.

нения радиоактивных отходов на дне ледникового покрова в Центральной Антарктиде.

Но возвратимся немного назад. Большую роль в нашей озерной истории сыграло сейсмическое зондирование ледникового щита под станцией Восток, проведенное под руководством А.П.Капицы в 1959 и 1964 гг. Это зондирование позволило определить толщину щита⁶. При этом оказалось, что помимо главного пика отражения от дна ледника в приемном сигнале выявлялся еще один. Тогда он был интерпретирован как отражение от нижней границы слоя осадочных пород под ледником (сейчас мы знаем, что это было дно подледникового оз.Восток, а «осадочные породы» — водой этого озера).

Подледниковые озера

Первые убедительные и достаточно подробные экспериментальные данные о подледниковых озерах в центральной части Восточной Антарктиды были получены британскими учеными в 70-х годах с помощью радиолокации. Для объяснения необычно сильных отражений от дна ледника вблизи станции Советская, где толщина льда около 4200 м, Робин с коллегами предложил считать эту аномалию сигналом, поступающим от границы лед—вода⁷. Дальнейший анализ был проведен английским геофизиком Г.Освальдом на основе данных, полученных в полевых работах 1971—1972 гг. Оказалось, что гладкие поверхности дна ледника (с аномальным отражением) имеют протяженность в несколько километров, причем нередки и в других частях Восточной Антарктиды⁸.

⁷ Robin G. Q.de, Swithinbank C.W.M., Smith B.M.E. // Intern. Assoc. of Scient. Hydrology. 1971. Publ. №86. P.97—115.

⁸ Oswald G.K.A. // Journ. of Glaciology. V.15. №73. 1975. P.75—87; Oswald G.K.A., Robin G. Q.de // Nature. 1973. V.245. №5423. P.251—254.

Эту работу продолжили во время полетов в 1974—1975 гг. Оказалось, что 17 других исследованных участков в центральной части Восточной Антарктиды располагались там, где ложе ледника сложено скорее всего скальными породами; скорость ледника (а значит, и интенсивность его эрозионно-транспортующей деятельности) маленькая, а поверхность ледника почти горизонтальная. Это дало основание авторам назвать такие места озерами⁹. Правда, толщина слоя воды в них оставалась неизвестной. Ясно было лишь, что она больше длины радиолокационной волны и достаточно для образования ровной границы лед—вода.

Количество полетов, в которых проводились радиолокационные исследования в 1971—1972 и 1974—1975 гг. и зарегистри-

ровано “водное отражение” от дна ледника в районе станции Восток, было так велико, что это позволило Робину и его группе сделать предположение о наличии в центральной части Восточной Антарктиды большого подледникового озера с центром, расположенным примерно в 150 км к северо-западу от самой станции.

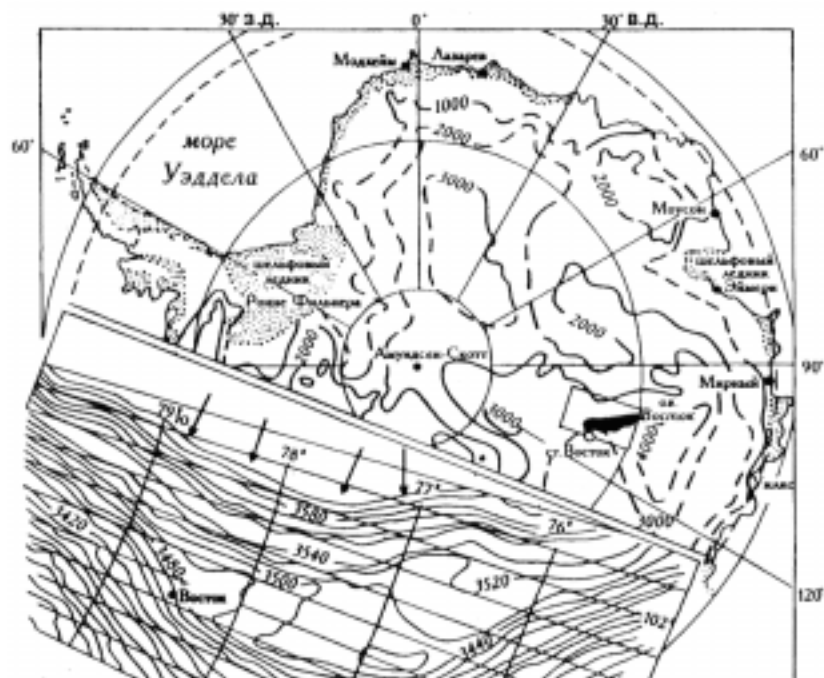
В 70-е годы мне приходилось встречаться в Антарктиде с Робинсом и обсуждать с ним полученные результаты. Мне казалось, что озеро можно обнаружить и при визуальном исследовании ледникового покрова с самолета. Я рассказал Робину, что мой друг, флагштурман авиационного отряда 4-й Советской антарктической экспедиции Р.В.Робинсон и другие летчики при полетах со станции Мирный в район станции Восток видели довольно большие участки поверхности, резко отличавшиеся от остальных. Летчики называли их “озерами”. Они встречались все-

гда в одних и тех же местах, поэтому их даже использовали для навигации. Озера обладали одной особенностью: были видны с летящих низко над поверхностью ледника самолетов, в стороне от них, т.е. когда угол зрения наблюдателя по отношению к поверхности был очень мал. Когда же самолет пролетал над самим таким озером, его поверхность и границы ничем не отличались от других мест. Об этом Робинсон написал в очень короткой заметке¹⁰. Вскоре, к сожалению, он погиб.

А что, если это были видимые на поверхности черты, отличающие плавающие на воде части ледника от ползущих по неровностям твердого подледникового ложа? Ведь априори можно сказать: если размеры озера будут намного больше толщины ледника, такие отличия несомненно появятся.

Робин принял во внимание данные Робинсона и вскоре тоже обнаружил поверхностные следы озера — более белые его берега, которые в некоторых случаях были близки к радиолокационным “берегам”. Однако чтобы убедить оппонентов в существовании большого озера, нужны были дополнительные доказательства.

Они появились, когда в 1993 г. английский исследователь Д.Ридли при обработке данных лазерной альтиметрии со спутника “ERS-1” получил компьютерные отметки высот ледникового покрова по точкам для каждого 10 км² и построил с большой точностью карту изолиний высоты поверхности Антарктиды. Наложив на трехмерную поверхность ледника, построенную по этим изолиниям, тени и взглянув на нее с боку, как это делал Робинсон (только компьютерно), он увидел на поверхности ледникового щита контуры огромного озера, расположенного как раз над местом, где радиолокацион-



Толщина ледникового покрова Антарктиды. На врезке — изолинии высоты поверхности ледникового покрова над оз. Восток (Ridley G. et al., 1993). Стрелками показано направление течения льда.

⁹ Робинсон Р. В. // Информ. бюл. САЭ. 1960. №18. С.28—29.

¹⁰ Ridley G.P., Gudlip W., Laxson S.W. // Journ. of Glaciology; 1993. V.39. №133. P.625—634.

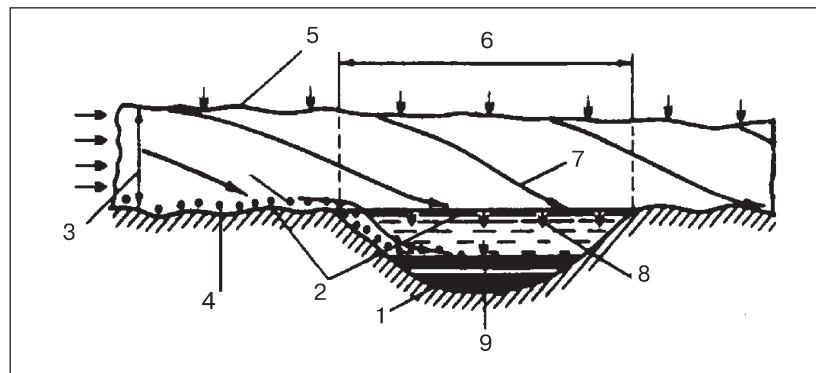
ные отражения Робина и его коллег показывали поверхность подледного озера, на котором лежал ледник¹¹. Более того, поверхностный след озера охватывал и район подледной воды, обнаруженной Робинсом, что еще раз подтверждало существование огромного озера. Заметим, что “озеро Ридли” уже простиралось и под станцией Восток.

Озеро под станцией

Появление статьи Ридли, его сотрудничество с Робинсом и мой приезд в Полярный институт им.Р.Скотта по приглашению Робина для совместной работы послужили хорошим поводом организовать в Кембридже рабочее совещание с обсуждением проблемы существования этого озера. Именно в это время мы впервые назвали его Востоком, подчеркнув, что оно находится и под станцией Восток. Это название прижилось, хотя нигде официально не утверждено.

Вопросов для обсуждения накопилось немало. Оставалось сомнение в том, что озеро существует именно как озеро, т.е. в нем достаточно толстый слой воды, и лед не лежит на слое жидкой ледниковой грязи. Ведь лед над озером — это ледник, пришедший к нему от ледораздела, который расположен хоть и близко, но все же в ста с лишним километрах. Он приближается к озеру и проходит над ним сверху со скоростью 3 м/год. А это значит, что ледник постоянно несет в озеро и откладывает благодаря таянию у дна моренный материал в виде ледниковой грязи.

Средняя величина “шероховатости” подледникового ложа в Центральной Антарктиде на отрезках, близких к 200 км (примерная длина подледникового озера), была оценена тогда в 500 м. Поскольку по всей этой длине радиолокационные отражения от дна ледника показали водную поверхность, можно с достаточной уверенностью счи-



Предполагаемое строение подледникового озера типа Восток: 1 — замкнутое углубление в подледниковом рельефе, 2 — нижняя поверхность ледника, 3 — толщина ледника, 4 — моренный материал и ледниковая муть, переносимые ледником к дну озера, 5 — верхняя поверхность ледника, 6 — поверхность ледника, поддающаяся визуальному обнаружению с самолета (“озеро Робинсона”), 7 — линии тока льда, 8 — вода озера, 9 — слой седиментации на его дне.

тать, что под ней “спрятан” рельеф дна той же шероховатости, т.е. с глубинами до 500 м. (Конечно, в том случае, если бы ледник не заполнял озеро ледниковой грязью.)

Мои расчеты показали, что за время существования оз.Восток ледник смог принести в него около 100 м ледниковых отложений, даже у берега, на который он напозаает в первую очередь. Следовательно, есть много свидетельств тому, что озеро до сих пор существует, и средняя толщина воды в нем — несколько сотен метров. С этими результатами мы с Робинсом пришли на первое рабочее совещание по оз. Восток, которое состоялось в ноябре 1993 г. в помещении Британской антарктической службы в Кембридже.

Кроме сотрудников самой службы и Полярного института им.Р.Скотта в нем принял участие Ридли (Миллардская космическая лаборатория, Лондон) и Капица. Совещание согласилось с нашими выводами о том, что скорость осадконакопления в оз.Восток так мала потому, что оно расположено очень близко к ледоразделу и скорость движения ледника, проходящего через озеро, тоже мала. Другие “озера”, которые находятся в более

отдаленных от ледораздела и быстро движущихся частях ледникового щита, могут быть заполнены до краев такими отложениями (ледниковой грязью), как это обнаружено бурением до дна ледяных струй Западной Антарктиды.

И все же в отчете этого совещания говорилось, что глубина слоя воды в озере пока неизвестна (где-то между несколькими десятками и первыми сотнями метров), хотя вопрос о его существовании уже близок к положительному решению. Подчеркивалось, что второе отражения от ложа ледника, которое Капица интерпретировал как отражение от слоя осадочных пород, могло прийти от нижней границы слоя воды под ледником, поэтому данные сейсмоки в районе озера должны быть пересмотрены.

Через год в Риме проходило очередное совещание SCAR, где по предложению российской делегации уже обсуждался феномен под условным названием “озеро Восток”. Обсуждение было вызвано тем, что со станции Восток уже около 30 лет ведется бурение льда с отбором керна, принесшее исключительные научные результаты¹². К тому времени уже было пробурено более 3500 м из предполагаемых 3750

м толщи ледника.

Было решено продолжить бурение на станции Восток, но так, чтобы бур не проник в озеро и не загрязнил его, пока не будут проведены оценки возможного влияния такого проникновения и разработаны безопасные методы.

Под шельфовым ледником

В 1995 г. я снова несколько месяцев проработал в Кембриджском университете. Вместе с Робинотом мы повторно изучили ряд имеющихся в архиве Полярного института лент с записями отражений от дна ледника, а также нашли пленку, содержащую более ста отдельных кадров, показывающих положение и форму отраженных от нижней поверхности сигналов.

Большинство из них оказались четкими и резкими, их Робин и посчитал отражением от границы раздела вода—лед. Следовательно подо льдом действительно было озеро почти по всей длине этого галса — от станции Восток и далее почти на 250 км на северо-запад. И только в одном месте, где-то в средней части записи, отраженные импульсы внезапно стали слабее и шире. По-видимому, здесь подо льдом был остров или полуостров, который пересекал самолет.

Но главное — интервалы между сигналами, отраженными от верхней и нижней поверхностей льда, а, значит, и толщина ледника в разных местах озера была неодинаковой. Она увеличивалась от 3700 м у южного края озера, вблизи станции Восток, до 4100 м у северного берега.

Эти данные мы сопоставили с данными Ридли о высоте поверхности. Оказалось, что близкая к 3500 м у станции, т.е. у южного конца озера, она постепенно увеличивается к северу на 50 м.

Более того, изолинии высот ледяного покрова над озером оказались параллельны друг другу и перпендикулярны к длинной оси озера. Другими словами, это не просто толстый озерный лед, но лед движущийся, растекающийся по озеру вдоль его длинной оси, т.е. ледник плавающий, а, значит, шельфовый. Только этот ледник не имеет края, обрывающегося в открытое море; правильнее называть его гигантским “внутренним” шельфовым ледником. Разница в его толщине обусловлена именно сопротивлением растеканию.

Анализ показал, что неодинаковая толщина и высота поверхности ледяного покрова под озером дает возможность оценить среднюю плотность воды в подледниковом озере, а значит, и ее соленость. Если выделить в плавающем ледяном покрове толщиной h вертикальную колонку, то условие ее гидростатического равновесия можно записать в виде

$$\rho_i h = \rho_w [h - (H_s - H_w)].$$

Здесь ρ_i , ρ_w — средняя по толщине плотность льда и плотность воды в озере; H_s , H_w — абсолютные уровни поверхности ледяного покрова и свободной поверхности воды в озере, в которой плавает ледник (до высоты H_w поднялась бы вода в скважине, будь она реально пробурена).

Тогда, считая, что при растекании шельфового ледника изменяются лишь величины h и H_s , условие равновесия можно переписать в дифференциальной форме:

Это выражение говорит о том, что если для разных частей ледника с разными уровнями высот поверхности и толщиной построить график, на котором по оси абсцисс будут отложены толщины ледника h , а по оси ординат — соответствующие этим толщинам высоты поверхности

$$\frac{dH_s}{dh} = \left[1 - \frac{\rho_i}{\rho_w} \right].$$

H_s , то для шельфового ледника такие зависимости будут иметь вид прямых линий, угловые коэффициенты которых зависят лишь от отношений средних плотностей льда и воды озера. Но так как средняя плотность льда нам известна, можно определить плотность, а значит и соленость воды в озере, не проникая в него.

Поместив экспериментальные точки для ледяного покрова над оз. Восток на график в отмеченных выше координатах, я обнаружил, что они действительно расположены по прямой, лежащей близко к линии, соответствующей пресной воде в озере. Так был сделан вывод о том, что вода в озере пресная или очень мало соленая (по сравнению с обычной морской водой)¹³.

Полученные данные позволяют также определить высоту (уровень) свободной поверхности воды H_w , в которой плавает этот ледяной покров. Оказалось, что она на 3100 м выше уровня моря, т.е. вода озера не имеет прямого контакта с океаном, окружающим со всех сторон Антарктиду. И еще, если считать ледник шельфовым, то в оз. Восток, т.е. в подледниковой, заполненной водой пещере под станцией Восток должны существовать течения. Они обусловлены различием высоты нижней границы этого ледника в разных его частях и подобны той циркуляции, которая хорошо изучена, например, для подледниковой, заполненной водой пещеры под шельфовым ледником Росса. В этом случае можно ожидать подъема воды у одной стороны озера и опускания водных масс у другого его конца с возникновением соответствующих горизонтальных течений противоположной направленности у верхней и нижней границ. Это может не только существенно повлиять на жизнь в озере, но и сделать ее неодинаковой в разных местах,

¹² Котляков В.М., Николаев В.И., Барков Н.И. // Материалы гляциолог. исслед. 1987. Вып.59. С.30—37.

¹³ Kapitsa A.P., Ridley J.K., Robin G.Q. de at al. // Nature. 1996. V.381. №6584. P.684—688.

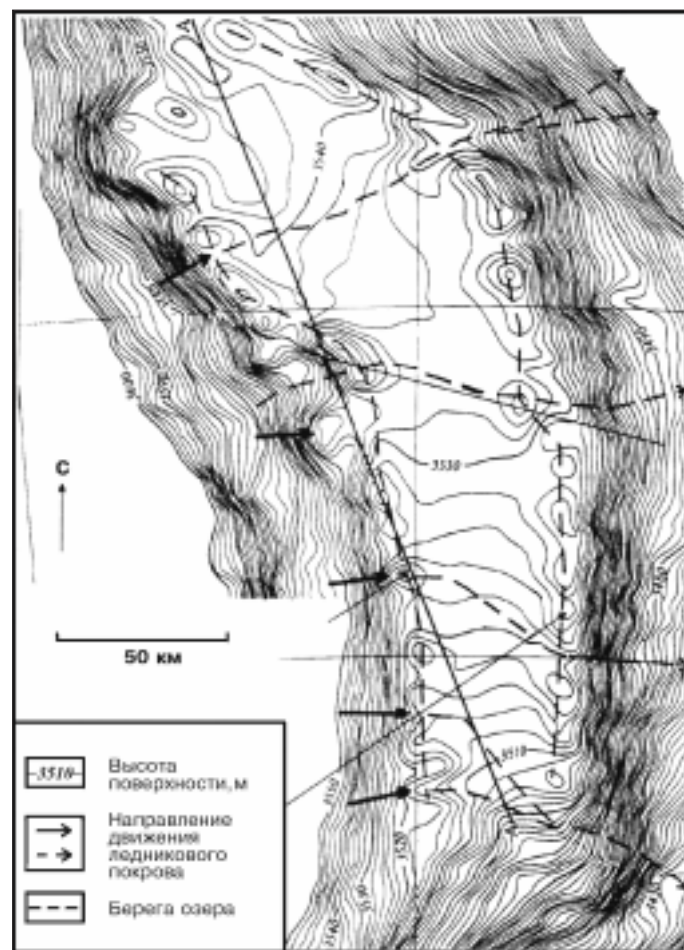
что должно учитываться при выборе мест поиска, если при первом контакте с озером жизнь в нем не обнаружится.

На втором совещании по проблемам оз. Восток в Кембридже в 1995 г. главным стало обсуждение вопроса о жизни в озере и мерах предосторожности, которые должны быть приняты, чтобы его не загрязнить биологически.

Российский микробиолог С.С.Абызов в результате исследований керн из глубочайшей в Антарктиде скважины на станции Восток показал, что микроорганизмы существуют в состоянии анабиоза во льду вплоть до самых глубоких горизонтов¹⁴. Пока считается, что жизнь, которая может быть найдена в воде озера или его донных отложениях, тоже ограничена микроорганизмами. При этом ни один из них, известных сейчас, не смог бы существовать достаточно долго в этой воде. Однако вполне возможны бактерии, которые находятся в самых близких к воде озера слоях льда, где он уже частично плавится, и которые могут быть оживлены, когда озерная вода войдет в нижнее устье скважины и проникнет в его стенки. Здесь уместно вспомнить историю бурения на Востоке.

Бурение на Востоке

Первая попытка проникнуть в ледяную толщу была сделана здесь начальником станции В.С.Игнатовым в 1959 г. С помощью электрического нагревателя он проплавил первые 40 м ледника. Дальше бур не продвигался, а лишь кипятил воду в скважине, увеличивая ее диаметр. В 1960 г. автор этих строк изготовил в мастерских станции Мирный термобур с отсосом воды от



Детали поверхностного рельефа ледника над оз. Восток.

дна скважины в специальный контейнер. Однако на станции Восток и эта установка вмерзла в лед на глубине 50 м. Через четыре года вместе с Капицей мы предложили создать для проникновения к ложу ледника автоматическую станцию с атомным нагревателем, в качестве которого был выбран один из миниатюрных атомных реакторов мощностью 100 кВт. Предполагалось, что помещенный в контейнер длиной до 10 м и диаметром около 1 м он проплавит ледниковый покров на всю его глубину и доставит туда приборы и оборудование. При этом контейнер, оставаясь связанным с поверхностью лишь тонким коммуникационным кабелем, погрузится в лед без образования скважины. (Использование атомного реак-

тора в Антарктиде в то время никого не пугало. Ведь именно тогда американцы строили атомную электростанцию на своей главной антарктической станции Мак-Мердо.) К сожалению (а может быть, к счастью), наш проект не был осуществлен.

Настоящее глубокое бурение началось в 1967 г. с приходом буровиков Ленинградского горного института под руководством Б.Б.Кудряшова. Почти 30 лет, сменяя друг друга, работают на Востоке специалисты этого коллектива. В настоящий момент их буровой снаряд достиг глубины 3623 м при общей толщине ледника 3750 м.

Основная часть скважины бурилась для получения непрерывного ледяного керн. Собранная при его анализе информация да-

¹⁴ Абызов С.С., Липенков В.Я., Бобин Н.Е. и др. Характеристика различных слоев ледника Центральной Антарктиды в связи с микробиологическими исследованиями // Антарктика: Докл. Комиссии. М., 1993. Вып.32. С.188—194.

ла возможность восстановить климатические характеристики¹⁵ за 420 тыс. лет. Было выявлено почти четыре цикла похолоданий и потеплений. Кроме того, получены стерильные керны для микробиологических исследований.

По мере бурения скважины интерес к его результатам падает у одних специалистов и растет у других. Поскольку скважина вошла в придонный горизонт льда и он оказался деформированным, керн уже нельзя использовать для сколько-нибудь точной реконструкции климата.

В то же время появились данные о том, что бур проник в намерзший снизу лед: размер кристаллов льда резко возрос. Возможно, этот лед образовался из воды озера во времена, когда ледяной покров был еще очень тонок, а температура у его поверхности уже очень низка? Но расчеты показывают, что из воды озера может намерзнуть не более 100 м льда. Вместе с тем за последний миллион лет у дна ледникового покрова в Центральной Антарктиде стоял, по нашим оценкам, почти километровый слой льда. Значит, лед в скважине другого происхождения — он мог образоваться из-за неодинакового теплообмена между дном озера и его ледяной крышей, благодаря отмеченным выше течениям или из-за краевых эффектов у берегов озера. Будущее покажет.

Открытие оз.Восток вызвало большой интерес среди специалистов, изучающих спутник Юпитера — Европу, поверхность которой, по некоторым данным, покрыта ледяным щитом. Под ним должен существовать слой талой воды в виде системы озер или даже подледникового океана. И если будет найдена жизнь в оз.Восток, много шансов, что она существует и в подледной воде Европы. Неудивительно поэтому, что дальнейшее изучение антарктического озера, создание необходимой аппаратуры для проник-

новения в воду и донные осадки, а также стерильное извлечение проб воды и кернов собираются финансировать космические агентства.

Исследования оз.Восток Российской антарктической экспедицией продолжаются. Группа геофизиков под руководством В.А.Мосолова повторила сейсмическую съемку озера с целью детального изучения толщи воды и рельефа дна. Оказалось, что максимальная глубина озера — 750 м, а на дне имеется слой осадочных пород. При поперечном профилировании выявилось, что часть озера мелководна (наши полярники называли эти места болотами). Пока исследования ограничены двумя десятками километров от станции. В этом году планируется расширить район сейсмических работ.

Специалисты из Санкт-Петербургского горного института и Арктического и Антарктического научно-исследовательского института заняты созданием новой экологически чистой технологии, которая обеспечит стерильное проникновение в воду (именно эта группа выиграла конкурс, объявленный недавно РФФИ и Министерством науки и технологий РФ на лучший проект).

* * *

Итак, бурение на станции Восток приостановлено — за шаг до цели. Что же будет дальше? Иногда высказывается мнение, что пробуренную нашими учеными скважину нужно законсервировать и начать проникновение в озеро в другом месте и другими способами. Предлагается, например, бурение горячей водой, отработанное в последние годы на американской станции Амундсен-Скотт на Южном полюсе. Еще один вариант — создание криобота — подледниковой автоматической станции, подобной упомянутой выше. В этой установке, разрабатываемой американскими специалистами для протаивания ледяного панциря Европы, вместо атомного нагре-

вателя предполагается использовать электрический, с подачей энергии с поверхности. Кроме того, в криоботе планируется устройство для плавания в подледниковом море. Мне же кажется, что гораздо более рациональным и, главное, справедливым, было бы проникновение в озеро российской буровой установки — у наших ученых из Санкт-Петербурга бесценный опыт глубокого бурения в Антарктиде. Именно они постоянно заботятся о биологической чистоте скважины и керна, именно они отобрали образцы льда, из которых стало известно о жизни в нижних слоях толщи под станцией Восток и о климате планеты.

Работа выполнялась при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Грант 99-05-64057. ■

¹⁵ Petit J.R., Jouzeb S., Barkov et al. // Nature. 1999. V.399. №6735. P.429—435.