

## Об открытии подледникового озера в районе станции Пионерская (Восточная Антарктида)

С.В. Попов, Ю.Б. Черноглазов

Полярная морская геологоразведочная экспедиция, Санкт-Петербург

*Статья поступила в редакцию 13 мая 2005 г.*

*Представлена членом редколлегии Ю.Я. Мачеретом*

Изложены результаты изучения подледникового озера, обнаруженного по материалам радиолокационного профилирования, выполненного в 2004 г.

В период летних работ 49-й Российской антарктической экспедиции (РАЭ) в 2004 г. сотрудники Полярной морской геологоразведочной экспедиции провели радиолокационное профилирование по трассе следования санно-гусеничного похода из обсерватории Мирный на станцию Восток. Работы начались 11 января 2004 г. и завершились по возвращении в обсерваторию 21 марта. Они выполнялись на новом техническом уровне и положили начало следующей стадии изучения центральных районов Восточной Антарктиды посредством автономных научных походов, начатых отечественными и зарубежными учеными еще с первых лет изучения ледяного континента.

Исследования 2004 г. были продолжены в период работ 50-й РАЭ, а их программа существенно расширена за счет гляциологических наблюдений. В настоящей публикации изложены результаты изучения подледного рельефа в районе станции Пионерская ( $69^{\circ}44,8'$  ю.ш.,  $95^{\circ}32,2'$  в.д.).

Интерес к району станции Пионерская (рис. 1) возник после анализа данных, полученных при радиолокационном профилировании, выполненном в 2004 г. На временном радиолокационном разрезе отчетливо зафиксировано отражение от границы раздела лед-вода протяженностью около 2 км (рис. 2), сходное с наблюдаемыми в районе подледникового оз. Восток и на шельфовых ледниках. Авторы высказали предположение о существовании непосредственно под станцией Пионерская, в районе гор Голицына незначительного по размерам подледникового водоема округлой формы.

В летний полевой сезон 50-й РАЭ было выполнено 8 радиолокационных маршрутов с целью картирования береговой черты и изучения подледного рельефа бортов водоема (рис. 3). Общая протяженность маршрутов составила 29,9 км. Как оказалось в ходе работ, реальные размеры озера существенно выше предполагаемых, поэтому полностью выполнить его картирование и определить границы в период работ 50-й РАЭ не представилось возможным.

При расчетах и построении разрезов и карт изолиний толщина ледника определялась по стандартной методике с помощью «надирного» метода [4]. Скорость распространения электромагнитных волн в леднике была выбрана равной 168 м/мкс [5].

При построении рельефа дневной поверхности были использованы материалы проекта GTOPO30 (<http://edcwww.cr.usgs.gov/landdaac/gtopo30>). Гридирование данных с целью создания карт изолиний проведено по алгоритму *Minimal Curvature* с использованием программы Surfer 8 (Golden Software Inc.).

Обработка материалов радиолокационного профилирования показала, что толщина ледника изменяется от 1600 до 2500 м. Доминирующая форма подледного рельефа — ярко выраженная корытообразная долина глубиной около 300 м северо-восточного простирания (рис. 4), дно которой располагается на абсолютной высоте около 400 м. Крутизна бортов долины большей частью превышает 400 м/км ( $22^{\circ}$ ). С севера и юга к ней примыкают куполообразные (?) поднятия округлой формы с абсолютными высотами более 800 м. К этой долине, названной авторами *долиной Пионерской*, приурочено одноименное подледниковое озеро, выявленное по временным радиолокационным разрезам, часть которых приведена на рис. 5. Его ширина в изученной части составляет от 1,5 до 3,5 км (в краевых частях) при длине более 10 км.

Оз. Пионерское — один из многочисленных водоемов, расположенных под ледниковым покровом Антарктиды. Практически все они, кроме нескольких (в числе последних озера Восток и Конкордия),

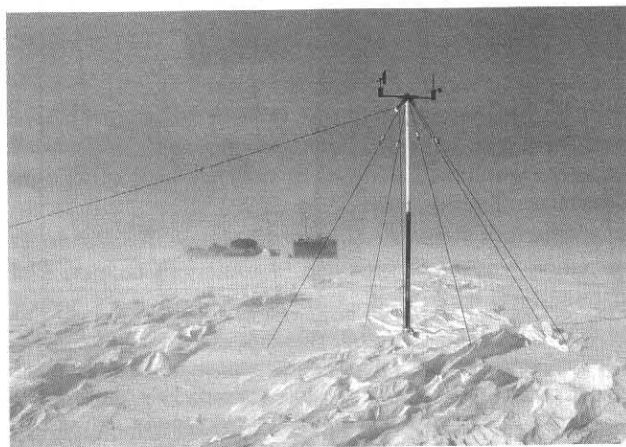


Рис. 1. Станция Пионерская, март 2005 г. Фото А.А. Екайкина

Fig. 1. Pionerskaya Station, March 2005. Photo of Alexey Ekaykin

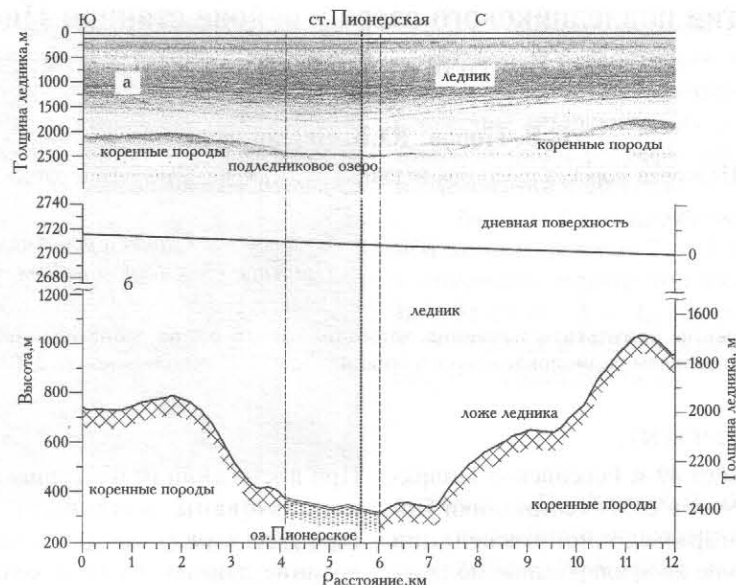


Рис. 2. Временной радиолокационный разрез (а) и профиль подледной поверхности (б) по маршруту LP49. Положение маршрута приведено на рис. 3

Fig. 2. RES record (a) and ice base profile (b) along LP49 route. See location in Fig. 3

имеют приблизительно одинаковые размеры, не превышающие 15–20 км [6]. Вполне вероятно, что озера образовались под влиянием сходных процессов. Таким образом, выяснение причин формирования оз.

Пионерского может стать ключом к пониманию природы этих уникальных объектов. Разумеется, рассматриваемый район изучен еще недостаточно, однако некоторые выводы можно сделать уже сейчас.

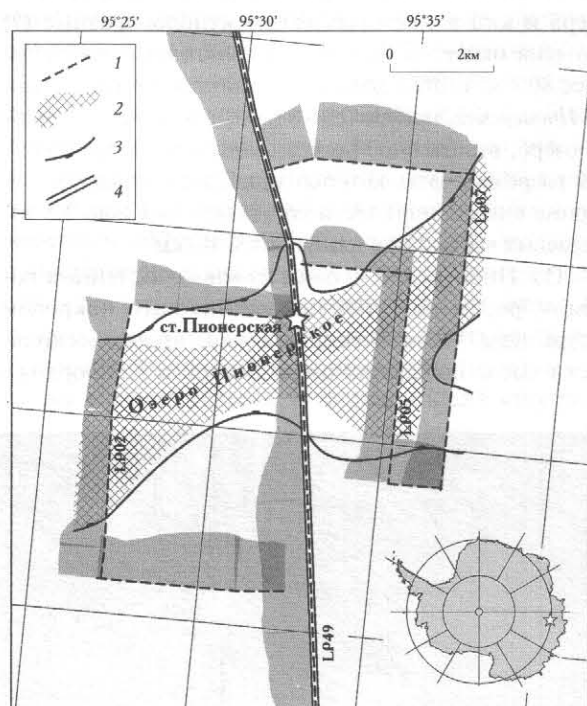


Рис. 3. Схема профилей подледной поверхности района подледникового оз. Пионерского: 1 — маршруты радиолокационного профилирования; 2 — зеркало подледникового оз. Пионерского; 3 — граница дна подледниковой долины (структурная линия  $L_6$ ); 4 — трасса санно-гусеничного похода

Fig. 3. Ice base sections map of subglacial Lake Pionerskoye area: 1 — RES routes; 2 — the lake water table; 3 — boundary of the subglacial valley; 4 — Myrny-Vostok convoy route

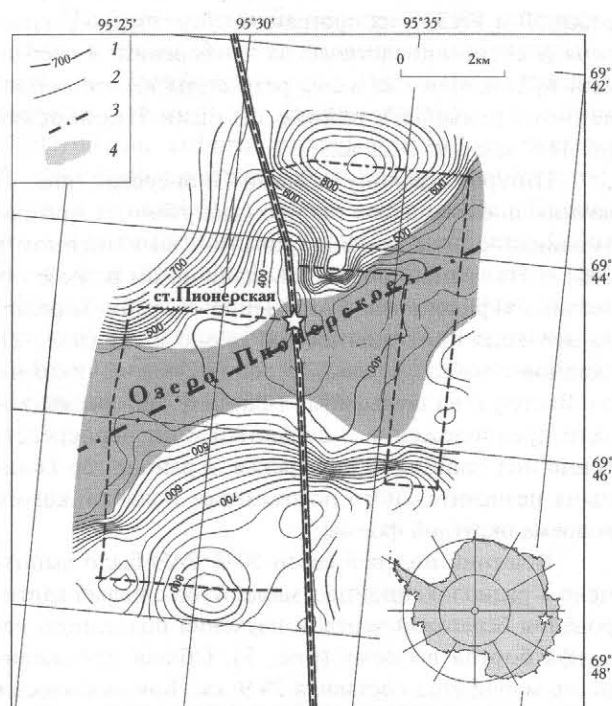


Рис. 4. Подледный рельеф района оз. Пионерского: 1, 2 — основные и дополнительные изогипсы подледного рельефа, соответственно; 3 — положение предполагаемого разлома; сечение изолиний 25 м. Остальные обозначения см. на рис. 3

Fig. 4. Subglacial relief of the Lake Pionerskoye area: 1, 2 — main and additional ice base contours; 3 — hypothetical deep fault; ice base contour interval is 25 m

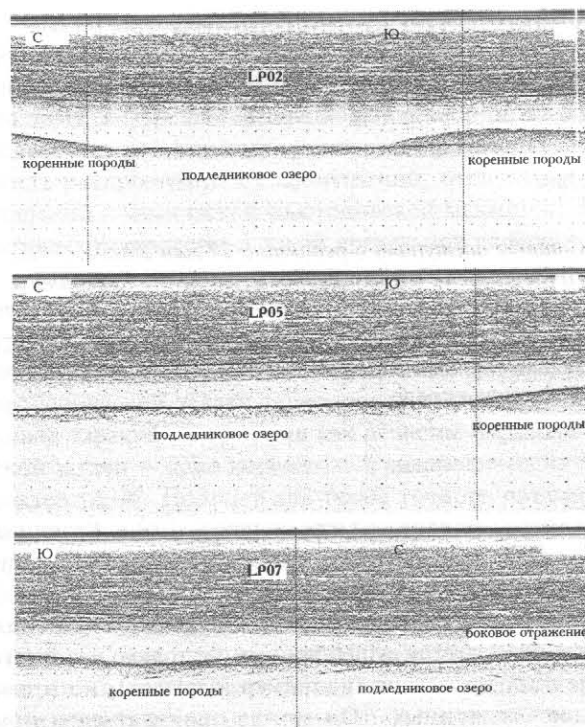


Рис. 5. Примеры временных радиолокационных разрезов по маршрутам LP02, LP05 и LP07. Пунктирными линиями нанесены границы подледникового оз. Пионерского. Положение маршрутов приведено на рис. 3

Fig. 5. RES records along LP02, LP05 and LP07 routes. Boundaries of the subglacial Lake Pionerskoye are shown by the dashed lines. See the routes location in Fig. 3

Расчеты, проведенные по модели И.А. Зотикова [2], показали, что для существования подледникового водоема в районе станции Пионерская при удельной аккумуляции  $22,1 \text{ г/см}^2\text{год}$ , температуре на глубине затухания сезонных колебаний  $-38,8^\circ\text{C}$ , плотности поверхностного снежного покрова  $0,42 \text{ г/см}^3$  [3] и толщине ледника  $2400 \text{ м}$  величина геотермального потока должна быть не менее  $114 \text{ мВт/м}^2$ . Это вдвое превышает его среднюю величину на континентах ( $56,5 \text{ мВт/м}^2$ ) [1]. Полученная цифра не противоречит моделированию и выводам, сделанным в [7] для выявленных на тот момент подледниковых озер.

Из вышеизложенного следует, что оз. Пионерское, вероятно, располагается в зоне глубинного разлома, подобно озерам Радок (центральная часть гор Принс-Чарльз, Восточная Антарктида), Байкал, Восток и пр. Этот вывод может быть подтвержден или опровергнут при дальнейшем изучении данного района путем не только радиолокационных, но и магнитометрических, гравиметрических, сейсмических и сейсмологических исследований.

Дополнительным аргументом в пользу приуроченности долины Пионерской к глубинному разлому служит наличие, как отмечалось выше, крутых бортов с уклонами более  $22^\circ$ . Вполне вероятно, что эти уступы маркируют границы блоков. На рис. 4 нанесена осевая часть обсуждаемого гипотетического разлома.

Оз. Пионерское располагается непосредственно на трассе ежегодных санно-гусеничных транспортных походов на станцию Восток в относительной близости от обсерватории Мирный ( $370 \text{ км}$ ), что существенно упрощает его изучение.

В заключение авторы приносят благодарность за помощь в проведении полевых работ Ф.М. Биганову, А.А. Виноградову, В.М. Виноградову, В.Р. Воронину, С.Н. Горшкову, А.Б. Даньярову, А.А. Екайкину, А.М. Еналиеву, А.А. Корнееву, Н.Г. Одайкину, В.И. Пляченко, В.Г. Рынковенко, А.С. Семенову, Р.З. Хайбуллину и А.Г. Цывареву, а также А.А. Екайкину, В.Ф. Ильину, А.И. Погорельскому и Ю.Я. Мачерету за конструктивную критику и помощь в написании статьи.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Аплонев С.В. Геодинамика. СПб., Изд-во Санкт-Петербургского ун-та, 2001, 360 с.
2. Зотиков И.А. О температурах в толще ледников Антарктиды. — Антарктика, 1963, с. 61-105.
3. Липенков В.Я., Екайкин А.А., Барков Н.И., Пурше М. О связи плотности поверхностного слоя снега в Антарктиде со скоростью ветра. — МГИ, вып. 85, 1998, с. 148-158.
4. Попов С.В. Методика обработки аналоговых материалов радиолокационного профилирования. — Российский геофиз. журнал, т. 23-24, 2001, с. 57-61.
5. Popov S.V., Sheremet'ev A.N., Masolov V.N. et al. Velocity of radio-wave propagation in ice at Vostok station, Antarctica. — Journ. of Glaciology, v. 49, № 165, 2003, p. 179-183.
6. Siegert M.J., Carter S., Tabacco I. et al. A revised inventory of Antarctic subglacial lakes. — Antarctic Science, 2005.
7. Siegert M.J., Dowdeswell J.A. Spatial variations in heat at the base of the Antarctic ice sheet from analysis of the thermal regime above subglacial lakes. — Journ. of Glaciology, v. 42, № 142, 1996, p. 501-509.

## SUMMARY

During the austral summer field season of 49<sup>th</sup> Russian Antarctic Expedition (2004) the radio-echo sounding (RES) in the region of Russian Pionerskaya Station ( $69^\circ 44.785'S$ ,  $95^\circ 32.197'E$ ) was carried out by Polar Marine Geological Research Expedition. A small size subglacial lake (named Pionerskoye) has been discovered under the station area. The investigations have been continued in 2005. The RES-data have shown the lake being from  $1.5$  up to  $3.5 \text{ km}$  wide and more than  $10 \text{ km}$  long. Ice thickness over the lake is about  $2400 \text{ m}$ . The modelling has shown the geothermal flow has not to be less than  $114.1 \text{ mW}\cdot\text{m}^{-2}$ . It is approximately twice the average flow over the mainland. This is the evidence of a deep fault of the Earth crust in the lake area. Steep slopes (more than  $22^\circ$ ) are additional confirmation of the assumption.