

12. АСТРОНОМИЯ, ИССЛЕДОВАНИЯ ОКОЛОЗЕМНОГО КОСМИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА

Программа 12.1. Физика Солнца и околоземного космического пространства (Координатор академик Г. А. Жеребцов)

В Институте солнечно-земной физики завершены создание и ввод в опытную эксплуатацию в Саянской солнечной обсерватории специализированного инфракрасного телескопа АЗТ-33ИК с диаметром главного зеркала 1,7 м (рис. 1).

Предварительные измерения показали высокое качество оптической системы телескопа: среднеквадратичная ошибка волнового фронта

двухзеркальной системы составляет 1/15 длины волны 6328 \AA , 80 % энергии содержится в кружке 0,34 угл. с (для идеальной системы 80 % в кружке 0,32 угл. с). Телескоп будет использоваться для отработки методов дистанционной диагностики технического состояния космических аппаратов, наблюдений по программам отделения физических наук РАН («Солнечный ветер: генерация и взаимодейст-

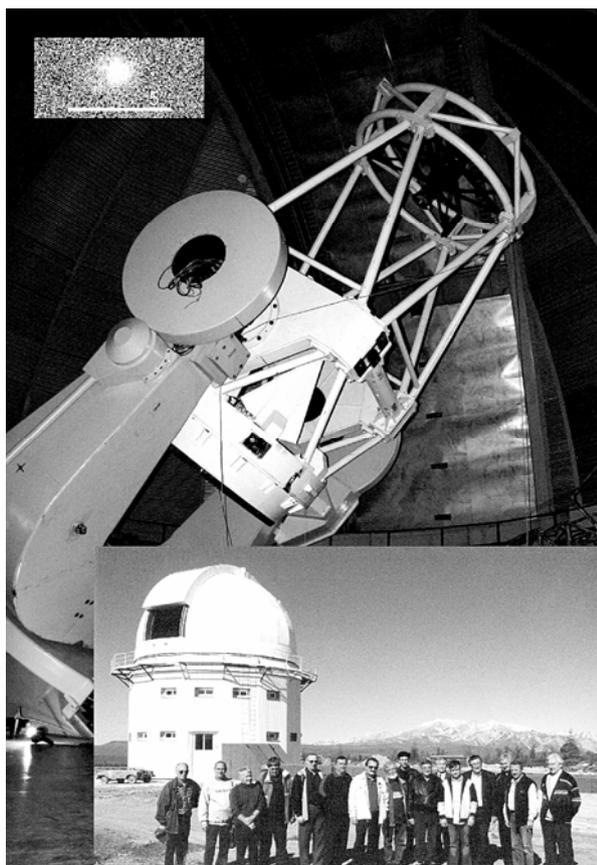


Рис. 1. Телескоп АЗТ-33ИК и его купол в Саянской обсерватории ИСЗФ. Вверху слева «Первый свет» телескопа — звезда альфа Орла, зарегистрированная в кассеграиновском фокусе 18 июля 2004 г.

Fig. 1. The telescope AZT-33IR and its dome in the Sayan observatory of ISTP. The «first light» of the telescope — the star alpha Aquila detected at Cassegrainian focus, July 18, 2004 (at the top).

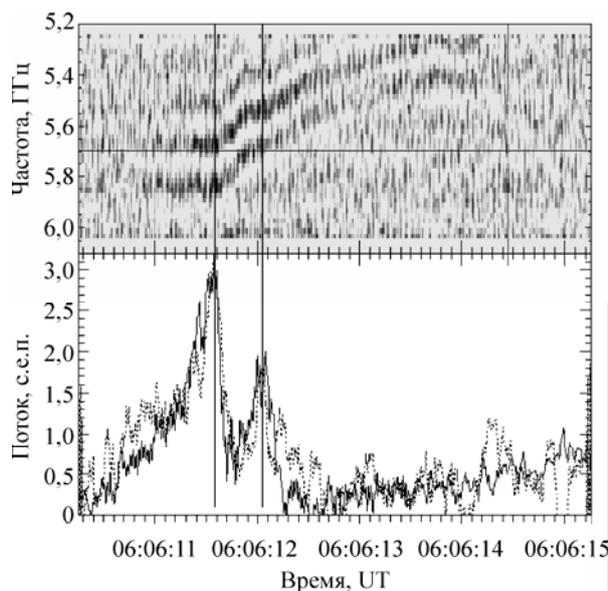


Рис. 2. Вверху: «Зебра»-структура на динамическом спектре, данные Пекинской астрономической обсерватории (НАОК), 5,2—6,3 ГГц. Горизонтальная линия — частота приема Сибирского солнечного радиотелескопа ИСЗФ СО РАН. Интервал времени — 5 с. Внизу: временные профили (интенсивность в зависимости от времени) излучения на фиксированных частотах, полученные на ССРТ (сплошная линия) и НАОК (пунктирная линия). По оси x — всемирное время, по оси y — поток, с. е. п. (солнечные единицы потока).

Fig. 2. At the top: «Zebra» structure in the dynamic spectrum of flare microwave burst, data of the Beijing astronomic observatory (NAOC), 5.2—6.3 GHz. Horizontal line — Siberian Solar Radio Telescope (SSRT) receiving amplitude (ISTP SB RAS). Time interval — 5 sec. x axis corresponds to the time (UT), y axis corresponds to the frequency, GHz. At the bottom: Single-frequency time profiles obtained at the SSRT (solid line) and the NAOC spectropolarimeters (dotted line).

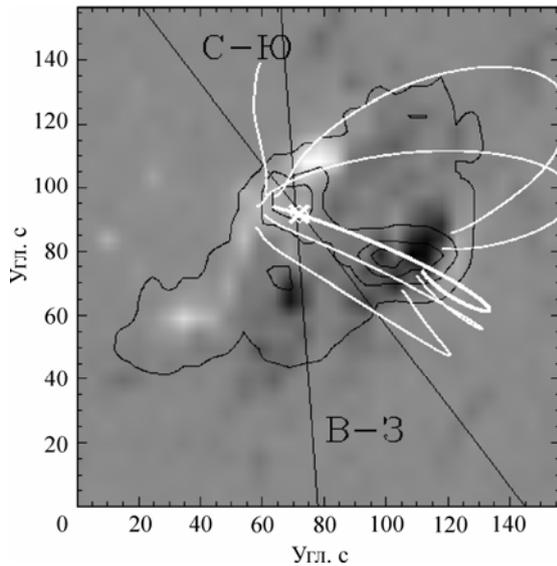


Рис. 3. Магнитограмма (фон рисунка) и наложенное на нее крайнее ультрафиолетовое излучение (контур). Белое перекрестие показывает положение «зебра»-источника, определенное по данным ССРТ. Черные прямые линии С—Ю, В—З показывают направление сканирования по лучам север—юг, запад—восток. Показано несколько линий магнитного поля (белые петли), реконструированных из магнитограммы, используя потенциальное приближение магнитного поля.

Fig. 3. Magnetogram (half-tone) overlaid with contours of the extreme ultraviolet emission. The crossing of the white straight lines shows the location of «zebra»-source defined according to the SSRT data. Black straight lines show the scanning directions of SSRT interferometers. X axis corresponds to the arc sec, Y axis corresponds to the arc sec. There are shown several magnetic field lines (white loops). The lines were reconstructed from the magnetogram using the magnetic field potential approximation.

вие с Землей и другими планетами») и Министерства образования и науки («Исследование миграции малых тел Солнечной системы»).

Учеными того же Института на Сибирском солнечном телескопе (ССРТ) впервые удалось определить положение источника микроволнового когерентного излучения типа «зебра», генерируемого в области энерговыделения солнечной вспышки (рис. 2, 3). Также впервые показано, что разные полосы «зебра»-структуры генерируются в одном источнике. Определен тип плазменных волн, генерирующих «зебра»-структуру, что позволило впервые определить локальные величины плотности плазмы и магнитного поля в области энерговыделения солнечной вспышки.

В этом же Институте выдвинута новая концепция магнитозвукового резонатора, по-

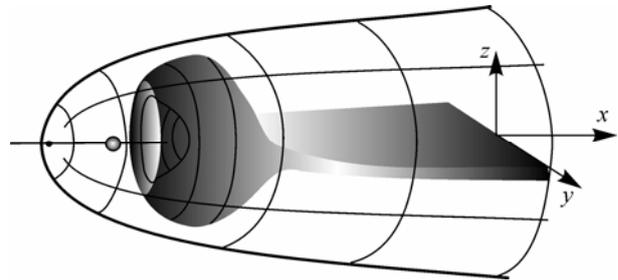


Рис. 4. Близняя часть плазменного слоя хвоста магнитосферы Земли как резонатор для сверхнизкочастотных МГД-колебаний. Локализация ближнего плазменного слоя соответствует области регистрации наблюдаемых колебаний. Расчет собственных частот, проведенный в рамках реалистичной модели магнитосферы, показал их хорошее совпадение со спектром наблюдаемых сверхнизкочастотных колебаний.

Fig. 4. The near part of the plasma sheet in the Earth's magnetosphere tail as a resonator for ultra-low-frequency MHD oscillations. Location of the near plasma sheet corresponds to the region where oscillations are observed. Eigen frequency calculation made within the framework of a realistic magnetosphere model gives a good concordance with the observed spectrum of oscillations.

зволяющая объяснить существование в магнитосфере Земли сверхнизкочастотных (с частотой порядка одного миллигерца) электромагнитных колебаний с дискретным спектром. Существующая теория глобального резонатора не может ответить на многие вопросы, предложенная гипотеза рассматривает наблюдаемые волны в качестве собственных мод магнитозвуковых колебаний в ближнем плазменном слое хвоста (рис. 4). Этот важный структурный элемент магнитосферы занимает значительную ее часть и характеризуется наименьшим значением альфвеновской скорости, что обеспечивает возможность запирания там магнитозвуковых волн с необходимыми значениями собственных частот порядка единиц миллигерц и позволяет объяснить отсутствие утечки волн в солнечный ветер через открытый хвост магнитосферы.

Программа 12.2. Физика межпланетной среды и космических лучей
(Координатор докт. физ.-мат. наук Е. Г. Бережко)

Учеными Института космофизических исследований и аэронавтики им Ю. Г. Шафера на основе данных Якутской и Австралийской установок широких атмосферных ливней на карте всего неба построено распределение направлений прихода космических лучей с энергией выше $8 \cdot 10^{18}$ эВ и установлено наличие статистически значимого потока космических лучей из локальных областей, образующих различные группы, в том числе подтверждающие ранее полученный другим методом результат о существенном вкладе внегалактических источников космических лучей в этой области энергий (рис. 5).

В этом же Институте изучен вклад остатков сверхновых в фоновое гамма-излучение Галактики. Показано, что космические лучи, заключенные в остатках, обеспечивают существенный вклад в фоновое излучение при энергиях $\epsilon_\gamma \geq 1$ ГэВ, причем в области энергий $\epsilon_\gamma \geq 1$ ТэВ этот вклад является преобладающим

по сравнению со стандартной моделью, в которой основным источником фонового гамма-излучения считались галактические космические лучи, порождающие гамма-излучение в галактическом диске.

Выполнены расчеты, которые объяснили природу избытка (по сравнению со стандартной моделью) гамма-излучения в области $\epsilon_\gamma = 1 \div 20$ ГэВ, зарегистрированного космическим прибором EGRET (рис. 6). Измерения потока фонового гамма-излучения, выполненные при энергии $\epsilon_\gamma = 1$ ТэВ наземной установкой Milagro, полностью соответствуют сделанным предсказаниям.

В Институте космофизических исследований и аэронавтики им. Ю. Г. Шафера после обработки экспериментальных результатов показано, что стратосферные потепления, особенно мажорные, сопровождаются распространением планетарной волны с периодом около 10 сут. (рис. 7).

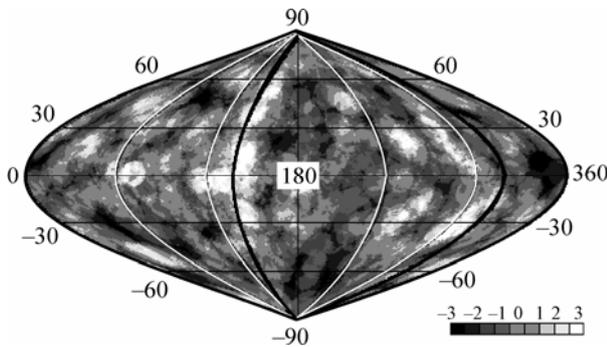


Рис. 5. Карта распределения по направлениям прихода космических лучей с энергией $E_0 \geq 8 \times 10^{18}$ эВ в галактических координатах. Интенсивность потока дана в единицах $n_\sigma = (N - \langle N \rangle) / \sqrt{\langle N \rangle}$ — отклонения наблюдаемого числа N широких атмосферных ливней (ШАЛ) от ожидаемого среднего $\langle N \rangle$ для изотропного потока.

Жирная линия — плоскость Сверхгалактики.

Fig. 5. A map for the distribution in arrival directions of $E_0 \geq 8 \times 10^{18}$ eV cosmic rays in galactic coordinates. The intensity of a flux is in units of deviation $n_\sigma = (N - \langle N \rangle) / \sqrt{\langle N \rangle}$ of the number N of extensive air showers (EAS) observed from the average $\langle N \rangle$ expected for the isotropic flux. A heavy line is the Supergalaxy plane.

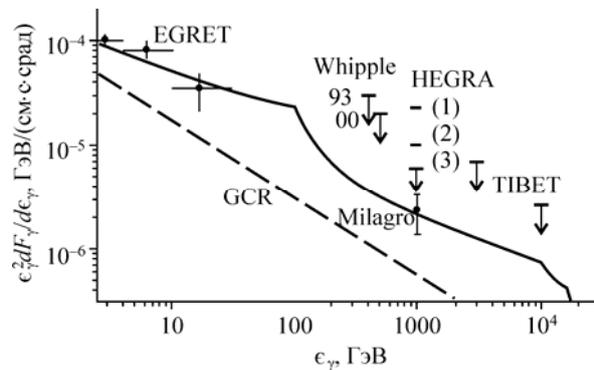


Рис. 6. Спектр диффузного гамма-излучения внутренней области Галактики. Штриховая кривая соответствует вкладу галактических космических лучей, сплошная кривая — расчет с учетом вклада космических лучей, заключенных в остатках сверхновых. Показаны экспериментальные данные EGRET, Milagro и верхние пределы наземных установок Whipple, HEGRA и Tibet.

Fig. 6. The spectrum of diffuse gamma-radiation for the inner region of the Galaxy. The dashed line corresponds to the contribution of galactic cosmic rays, the solid line is the calculation taking into account the contribution of cosmic rays contained in the Supernova remnants. Experimental data of EGRET, Milagro and the upper limits for ground arrays Whipple, HEGRA and Tibet are presented.

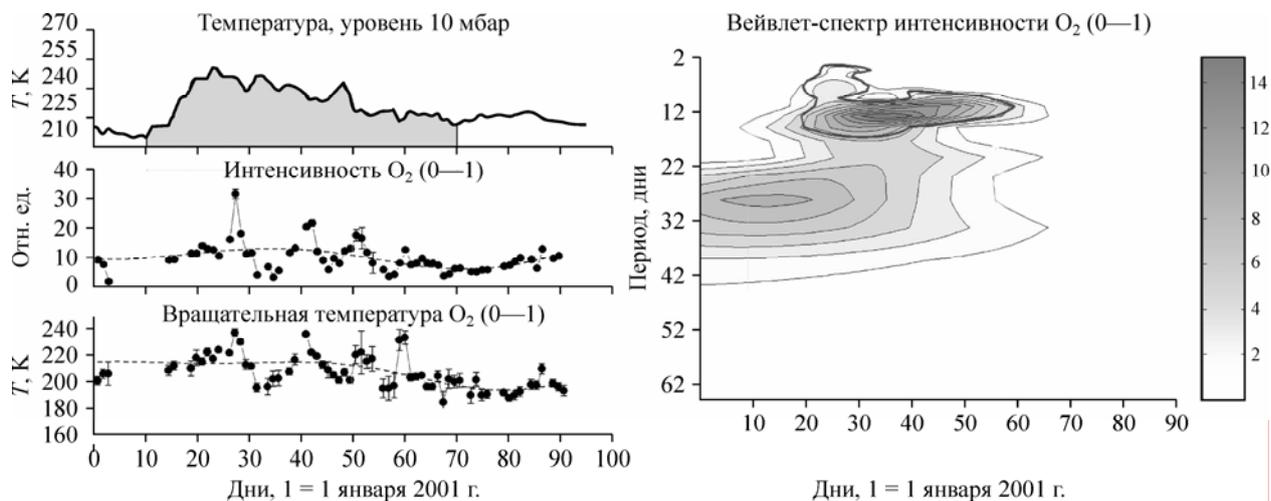


Рис. 7. Сравнение среденочных параметров эмиссии $O_2(0-1)$ на высоте мезопаузы с температурой стратосферы на уровне 10 мбар (на графике температуры стратосферы выделен период мажорного потепления) (слева) и вейвлет-спектр временного ряда интенсивности $O_2(0-1)$ (жирным контуром в спектре выделена область, где мощность спектра превышает 95-процентный доверительный уровень) (справа).

Fig. 7. At the left: The comparison of average-night parameters in $O_2(0-1)$ emission at the mesopause heights with the stratosphere temperature at the 10 mb level. At the plot of stratospheric temperature the period of major warming is stood out. At the right: A wavelet spectrum of the time series of the $O_2(0-1)$ intensity. The heavy contour in the spectrum is the region where the spectrum power exceeds the 95 % confidence level.

Программа 12.3. Физика атмосферы и окружающей среды (Координатор докт. физ.-мат. наук Г. Г. Матвиенко)

Учеными Института оптики атмосферы завершена разработка метода «активной спектрофелометрии», основой которого является применение в процессе измерения оптических характеристик атмосферного аэрозоля контролируемого искусственного воздействия и решения обратных задач. Это позволило существенно расширить возможности экспериментального исследования физико-химических свойств субмикронного аэрозоля, в том числе фактора конденсационного роста и фактора летучести.

Метод предусматривает увлажнение и нагрев аэрозоля, а также отсечку мелких частиц с использованием четырехступенчатой диффузионной батареи. Информация о спектре размеров и показателе преломления частиц аэрозоля получается из решения обратной задачи (рис. 8).

В том же Институте разработано программное обеспечение для сети многоканальных солнечных фотометров на территории Западной Сибири, включая алгоритмы и программы восстановления общего содержания водяного пара. На рис. 9 приведены примеры восстановления общего содержания паров воды в атмосфере из измерений радиометром SP-4. Здесь же приведены данные всемирной сети

AERONET. Показано, что типичная погрешность определения общего содержания водяного пара в атмосфере радиометром SP-4 не более 5 %, что соответствует мировому стандарту.

В отделе физических проблем БНЦ разработана методика определения строения неоднородной осадочной литосферной среды по распространению низкочастотных радиоволн (так называемый радиоимпедансный метод). Создана аппаратура для радиоимпедансного зондирования слоистой среды в диапазоне 10—300 кГц (рис. 10). Показана перспектива этого метода при решении задач расчленения осадочного чехла по литологическому составу, выявления блокового строения кристаллических массивов и обнаружения шовных зон, связанных с разломами, аномально проводящих зон, связанных с засоленностью и трещиноватостью горных пород в сейсмоактивных районах.

Созданная аппаратура применена для изучения русла реки Селенга в районе паромной переправы «Тресково». Получен разрез аллювиальных отложений под руслом реки в месте строящегося мостового перехода, он подтверждается данными бурения (до глубины 30 м) (см. рис. 10).

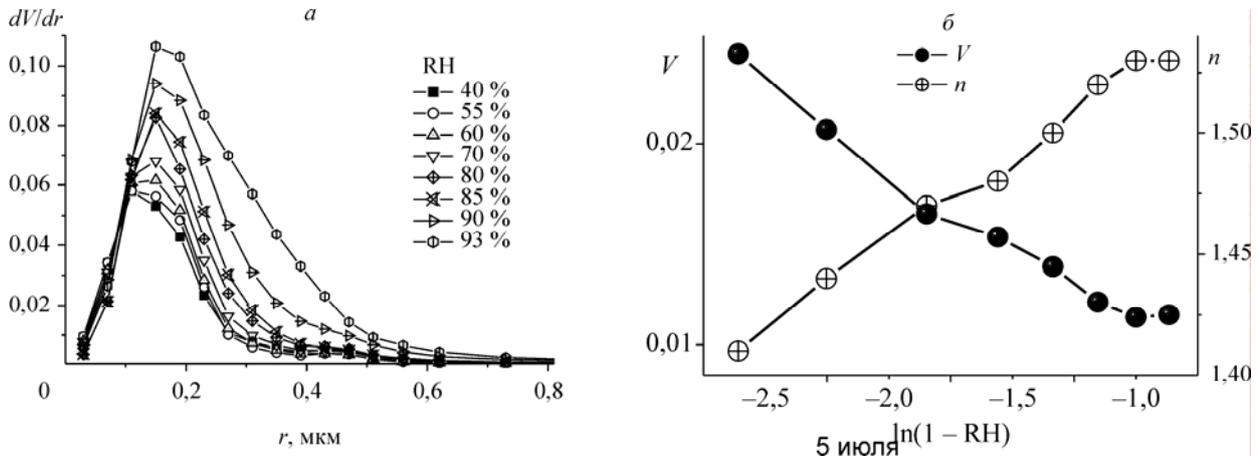


Рис. 8. Изменение функции распределения dV/dr частиц по размерам r с ростом относительной влажности RH воздуха (а) и изменение показателя преломления n и субмикронного объема V субмикронного аэрозоля с ростом относительной влажности воздуха (б).

Fig. 8. The variation of the particle distribution function dV/dr in size r with increase in the relative humidity RH of air (a); and the variation of the index of refraction n and the submicron volume V of submicron aerosol with the growth of the relative humidity of air (b).

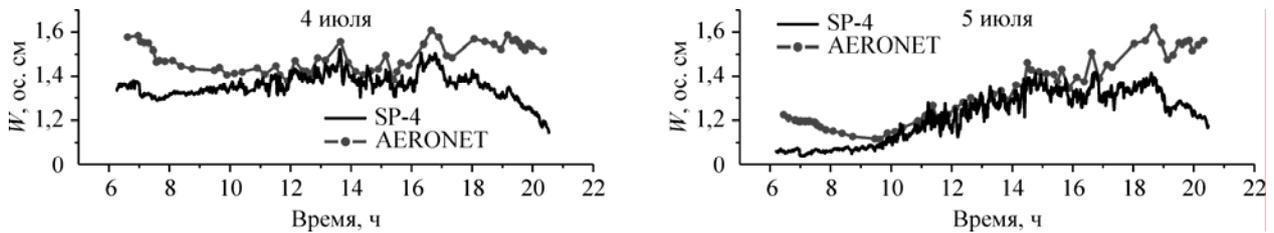


Рис. 9. Результаты восстановления общего содержания воды в вертикальном столбе атмосферы (в осадочных сантиметрах) по данным солнечного фотометра SP-4 (ИОА СО РАН) и радиометра сети AERONET.

Fig. 9. Results of reconstruction of the total water content in the atmospheric vertical column W based on data of the sun photometer SP-4 (IAO SB RAS) and the radiometer of the network AERONET.

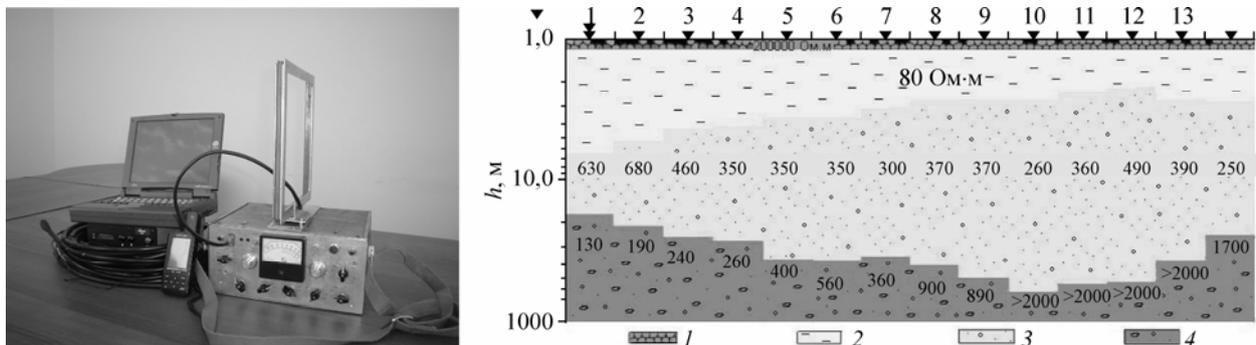


Рис. 10. Комплект аппаратуры для радиоимпедансного зондирования слоистой среды в диапазоне 10—300 кГц (слева) и геоэлектрический разрез по профилю реки Селенга в районе переправы «Тресково», март 2004 г. Расстояние между пикетами 20 м, между берегом и крайними пикетами — 15 м. 1 — лед, 2 — вода, 3 — песчано-гравийные отложения, 4 — гравийно-галечные отложения.

Fig. 10. Equipment for radio-impedance sounding of the stratified medium in the range of 10—300 kHz (at the left) and goelectrical section on the Selenga river within the Treskovo crossing, March, 2004 (at the right). The distance between pickets is 20 m, the distance between ultimate pickets and coast lines is 15 m. 1 — ice, 2 — water, 3 — sandy-gravel sediments, 4 — gravel-pebbles sediments.