

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ КРИОЛИТОЗОНЫ

УДК 550.837

ВОЗМОЖНОСТИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ
ПРИ ПОИСКАХ ПЛЕЙСТОЦЕНОВОЙ МЕГАФАУНЫ В ПОЙМЕННЫХ
И НАДПОЙМЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ РЕКИ ЮРИБЕЙ (ЯМАЛ)

В.В. Оленченко, А.Н. Шеин

*Институт нефтегазовой геологии и геофизики имени А.А. Трофимука СО РАН,
630090, Новосибирск, просп. Акад. Коптюга, 3, Россия; OlenchenkoVV@ipgg.sbras.ru, SheinAN@ipgg.sbras.ru*

Представлены и обсуждаются результаты опытно-методических геофизических исследований, выполненных для оценки эффективности и разрешающей способности электроразведочных методов при поисках плейстоценовой мегафауны в мерзлых отложениях. Установлены параметры геоэлектрического разреза, показаны способы и возможности выделения объекта, предложена методика работ и локализованы потенциальные участки поисков.

Ямал, электротомография, георадиолокация, многолетнемерзлые породы, плейстоценовая мегафауна, мамонт

POSSIBILITIES OF GEOPHYSICAL METHODS
IN THE SEARCH FOR PLEISTOCENE MEGAFUNA IN FLOODPLAIN
AND ABOVE FLOODPLAIN DEPOSITS OF THE YURIBEY RIVER (YAMAL)

V.V. Olenchenko, A.N. Shein

*Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, SB RAS,
630090, Novosibirsk, Av. Akad. Koptiyuga, 3, Russia; OlenchenkoVV@ipgg.sbras.ru, SheinAN@ipgg.sbras.ru*

The results of experimental and methodological geophysical studies carried out for assessing the efficiency and resolving power of electrical methods in the search for Pleistocene megafauna in the frozen sediments are presented and discussed. The parameters of geoelectrical section are estimated. The technique and possibilities of mapping a target are described. The field work methodology is suggested, and sites for detailed survey are outlined.

Yamal, electrical resistivity tomography, ground-penetrating radar, permafrost, Pleistocene megafauna, mammoth

ВВЕДЕНИЕ

Мамонты (*Mammuthus primigenius*) были широко распространены в позднем плейстоцене на территории Евразии, и хотя они не дожили до наших дней, их останки до сих пор обнаруживаются в многолетней мерзлоте и зачастую служат ценным объектом для дальнейших морфологических и генетических исследований [Малярчук, Деренко, 2006; Петрова, 2009]. При этом воссоздается облик животного, его морфология, выясняются онтогенетические особенности, возраст и пол погибшего животного, условия его гибели и захоронения. Такие сведения особенно важны при определении стратиграфической и географической изменчивости мамонта [Петрова, 2009]. Мерзлые останки представителей мамонтовой фауны являются источником комплексной информации о плейстоценовых экосистемах [Магаданский ма-

монтенок, 1981], а также источником генетической информации.

До настоящего времени большинство находок останков мамонтов были случайными. Первые и пока единственные в отечественной и мировой практике геолого-разведочные работы на мамонтовую кость были проведены в 1980-х гг. в Северной Якутии [Смирнов, 2007], а примеры применения геофизических методов при поисках палеофауны исчисляются единицами [Papadopoulos et al., 2005; Lukjanov et al., 2007; Patrick et al., 2007].

Основными геофизическими методами, применяемыми при исследованиях такого рода, являются георадиолокация и электротомография. Однако результаты применения этих методов не всегда убедительны. Дело в том, что костные останки за время нахождения в земле приобретают

физические свойства окружающей среды и практически не отображаются в геофизических полях. Специальными исследованиями [Оленченко, Чемякина, 2009] было установлено, что костные человеческие останки в погребальных комплексах эпохи бронзы не выделяются ни по отражению электромагнитного сигнала, ни по удельному электрическому сопротивлению (УЭС). Тем не менее встречаются публикации, в которых авторы ожидают, что костные останки должны создавать аномалии повышенного УЭС и отраженную электромагнитную волну при георадиолокационном зондировании [Papadopoulos et al., 2005]. Существует два основных фактора, осложняющих применение геофизических методов при поисках остатков плейстоценовой мегафауны. Первый – это малые размеры объектов (одиночные кости), второй – слабая контрастность по физическим свойствам объекта поисков и вмещающей среды.

Совершенно другой тип объекта поисков представляют собой сохранившиеся в криолитозоне туши мамонтов. Их размеры достигают 2,5–3,0 м, а мерзлая биомасса по электрофизическим свойствам приближается к льду, свойства которого весьма контрастны по сравнению с вмещающей средой. В связи с этим потенциальная возможность обнаружения такого крупного и контрастного объекта геофизическими методами возрастает. Однако отсутствие опыта в таких исследованиях и наработанных методик может привести к отрицательному результату. Это обуславливает необходимость создания методики геофизических исследований при поисках не только мамонтов, но и другой плейстоценовой мегафауны, например шерстистого носорога.

В 2011 г. сотрудниками Института нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН совместно со специалистами из Института экологии растений и животных УрО РАН при поддержке правительства Ямало-Ненецкого автономного округа была предпринята попытка обнаружить труп мамонта, найденного ранее местными жителями и вторично захороненного под наносами в пойме р. Юрибей на п-ове Ямал. К сожалению, из-за сильного паводка участникам экспедиции не удалось подобраться к месту находки мамонта. Тем не менее за время пребывания на берегах Юрибея были выполнены опытно-методические исследования, физическое моделирование и проведены экспериментальные поисковые работы с целью отладки методики.

ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА И УЧАСТКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Район работ расположен на п-ове Ямал в пределах нижнего течения р. Юрибей примерно в 40 км от устья реки при впадении в Байдарацкую губу Карского моря.

Согласно [Полуостров..., 1975] и наблюдениям авторов, в естественных обнажениях в геологическом строении верхней части разреза поймы и надпойменных террас принимают участие верхнечетвертичные озерные и аллювиальные отложения, представленные слоистыми песками и супесями, содержащими примесь растительных остатков.

Район работ относится к зоне сплошного распространения многолетнемерзлых пород мощностью от 50–150 м в пойме Юрибея до 150–300 м на надпойменных террасах [Полуостров..., 1975]. Особенностью района является повсеместное развитие пластовых и полигонально-жильных льдов [Дубиков, Корейша, 1964; Стрелецкая и др., 2006], которые нередко являлись объектом исследований для геофизиков [Полуостров..., 1975; Зыков, 2007]. На берегах р. Юрибей периодически случа-

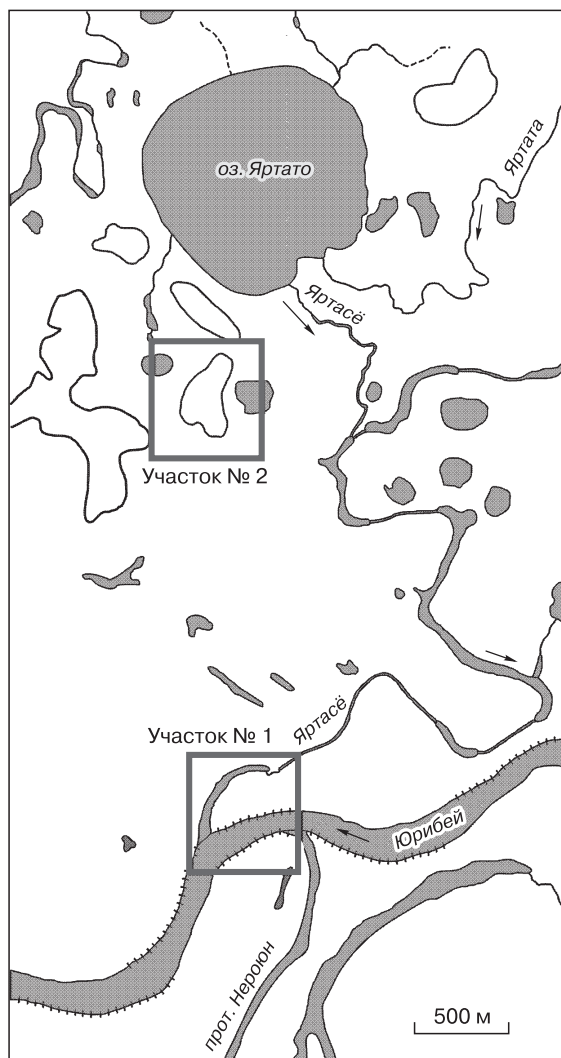


Рис. 1. Схема расположения участков работ.

ются находки плейстоценовой мегафауны. Так, в 2007 г. в верхнем течении реки была найдена самка мамонта, биологический возраст которой на момент смерти составлял около четырех месяцев [Mueller, Latreille, 2009], а по сообщениям местных жителей в 2009–2010 гг. в среднем и нижнем течении реки было обнаружено еще два трупа мамонтов, но точное их местоположение неизвестно.

Опытные работы проводились на двух участках (рис. 1). Участок № 1 располагался на полуострове, в месте слияния рек Юрибей и Ярмасё. Участок сложен пойменными голоценовыми аллювиальными отложениями в виде горизонтально-слоистых средне- и мелкозернистых песков с растительным детритом. На поверхности развиты многочисленные морозобойные трещины шириной раскрытия до нескольких десятков сантиметров, по которым происходит рост ледяных жил. Участок № 2 находился в 2 км к северу от первого, на высокой надпойменной плейстоценовой террасе, сложенной также песками и супесями. На поверхности террасы развит полигональный микро-рельеф, проявлены такие криогенные процессы, как морозобойное растрескивание, образование пятен-медальонов. Глубина сезонного оттаивания на момент исследований составляла 0,05–0,3 м.

СОСТАВ И МЕТОДИКА РАБОТ

Комплекс геофизических методов включал подповерхностное георадиолокационное зондирование (георадиолокацию) и вертикальные электрические зондирования в модификации электротомографии.

Для георадиолокации применялась аппаратура ОКО-2 (ООО «ЛОГИС», Россия) с экранированным антенным блоком частотой 150 МГц, который в условиях мерзлого разреза при длине записи 200 нс и средней диэлектрической проницаемости 4 обеспечивал исследования до глубины 12 м. Шаг по профилю (расстояние между точками зондирования) составлял 0,05 м. Полученные радарограммы обрабатывались с помощью программного обеспечения GeoScan32 (ООО «ЛОГИС», Россия).

Исследования методом электротомографии выполнялись с применением многоканальной аппаратуры Syscal Pro (Iris Instruments, Франция). Количество подключаемых электродов 24. Шаг измерений (расстояние между электродами по профилю) изменялся от 0,5 до 5,0 м в зависимости от детальности исследований. Количественная интерпретация данных проводилась с применением программного обеспечения Res2Dinv (Geotomo Software Sdn. Bhd, Малайзия).

На участке № 1 работы выполнялись в два этапа. Сначала проводились профильные рекогносцировочные зондирования, задачей которых была

оценка электрофизических параметров разреза и выделение опорных геоэлектрических горизонтов. Затем было выполнено физическое моделирование в виде площадных электротомографий над моделью палеообъекта. На участке № 2 осуществлялись опытные поисковые работы методом георадиолокации и рекогносцировочные зондирования электротомографией.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Рекогносцировочные зондирования. На участке № 1 отработаны два ортогональных профиля электротомографии (рис. 2). Межелектродное расстояние составляло 5 м, длина профилей по 115 м.

Профиль № 1 (ПР 1) характеризует криогенное строение разреза полуострова в поперечном направлении (рис. 3). Профиль начинается от р. Ярмасё с низкой поймы, затопляемой во время паводков. Средняя часть профиля пересекает старое русло Юрибея, выраженное в рельефе понижением с моховым покровом, переувлажненное с поверхности, периодически затопляемое паводками. Конец профиля располагается на песчаной незатопляемой возвышенности. Все эти геоморфологические особенности хорошо отражаются на разрезе сопротивлений (см. рис. 3, а). В верхней части разреза грунты различаются по сопротивлению. В начале и середине профиля преобладают пониженные сопротивления, которыми отмечаются тонкодисперсные отложения старого русла р. Юрибей (40–60 м). На незатопляемой возвышенности (70–115 м) сопротивления песков возрастают за счет увеличения их крупности.

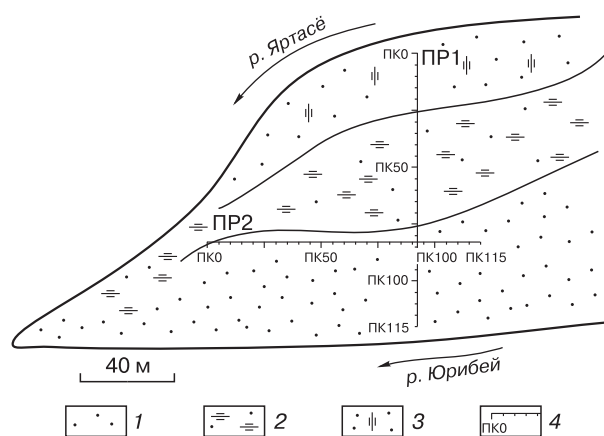


Рис. 2. Схема расположения профилей электротомографии:

1 – приподнятые участки рельефа, незатопляемые; 2 – пониженные заболоченные участки рельефа с моховым покровом, затопляемые; 3 – слегка приподнятые участки рельефа, затопляемые; 4 – профиль (ПР) электротомографии и номер пикета (ПК).

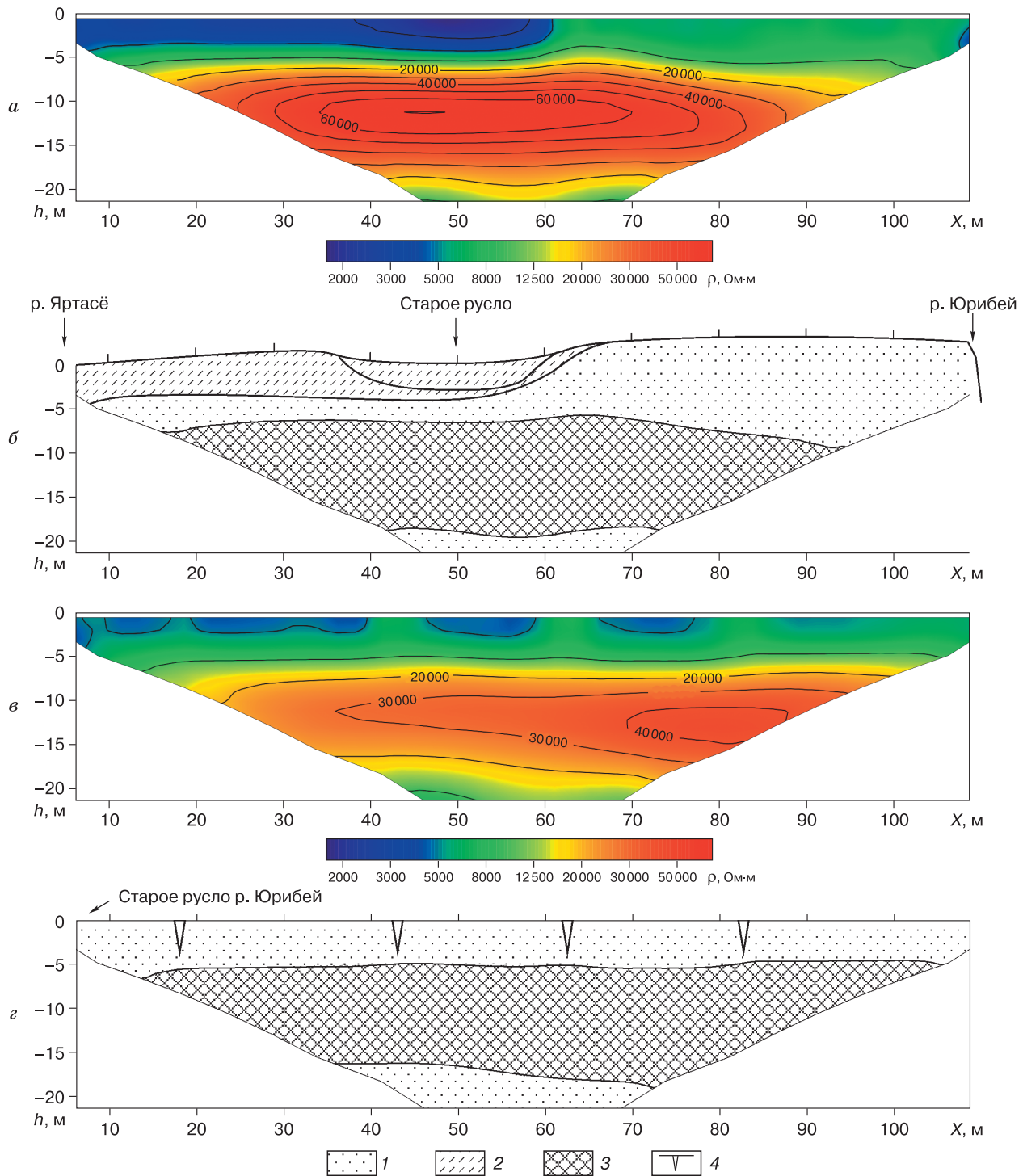


Рис. 3. Разрез удельного электрического сопротивления и его интерпретация по профилю 1 (а, б) и по профилю 2 (в, г).

1 – пески; 2 – супеси; 3 – ледяной пласт; 4 – положение морозобойных трещин на профиле.

В интервале глубин 4–19 м выделяется пласт высокого сопротивления, интерпретируемый нами как ледяной пласт. Характер залегания кровли

пласта, особенно в краевых частях, по-видимому, определяется тепловым режимом грунтов. Отопляющее действие рек Яртасё и Юрибей приводит

к формированию подруслового талика, краевые фрагменты которого отражаются на разрезе сопротивлений, т. е. кровля пластового льда начинает резко погружаться при приближении к руслам рек.

Под старым руслом Юрибея (в районе 50 м профиля) подрусловый талик практически не выражен на разрезе сопротивлений, что, возможно, связано с прекращением отепляющего действия воды и восстановлением многолетнемерзлой толщи.

Распространение пластового льда в продольном направлении полуострова отражается в результатах электротомографии по профилю № 2 (см. рис. 3, в, г). Видно, что кровля слоя высокого сопротивления (льда) залегает субгоризонтально. В направлении к старому руслу Юрибея намечается погружение кровли высокоомного горизонта, что, скорее всего, связано с близостью подруслового талика.

Профиль № 2 пересекал серию морозобойных трещин на пикетах (ПК) 18, 43, 63, 83, где в верхней части разреза сопротивлений выделяются аномалии повышенного УЭС, вероятно, связанные с жильными ледяными структурами.

Таким образом, рекогносцировочные электрические зондирования показали, что разрез пойменных отложений характеризуется высокими (от первых тысяч до десятков тысяч ом на метр) значениями УЭС, что обусловлено его мерзлым состоянием. В верхней части разреза выделяются горизонтально-слоистые пески (УЭС 5000–12 000 Ом·м) и супеси (УЭС 2000–4000 Ом·м), а с глубины около 5 м – высокоомные образования, интерпретируемые нами как пластовый лед. Этот горизонт служит опорным при геоэлектрических исследованиях. Мощность льда составляет порядка 15 м, что согласуется с литературными данными [Дубиков, Корейша, 1964].

Физическое моделирование проводилось для оценки возможности обнаружения представителя плейстоценовой мегафауны (например, мамонта) геофизическими методами в пойменных отложениях. Моделирование основывалось на следующей априорной информации об объекте поисков и предположениях:

- размеры объекта приблизительно $2,0 \times 3,0 \times 1,5$ м;
- глубина залегания составляет от 1,0 до 3,0 м;
- при температуре биообъекта ниже 0°C его электрофизические свойства близки к свойствам льда, так как до 80 % массы животной клетки составляет вода.

В качестве физической модели использовалась одна из жил льда вторичного заполнения (повторно-жильный лед), которые повсеместно

развиты в верхней части разреза в пределах района исследований. Положение жил в пространстве отчетливо картируется с поверхности по простиранию морозобойных трещин. Это облегчает выбор расположения сети наблюдения.

В зоне развития одной из полигонально-жильных структур были проведены вертикальные электрические зондирования по сети 9×23 м и георадиолокационные зондирования по сети 9×12 м. Расстояние между профилями составляло 1,5 м, шаг по профилю 1,0 м при электротомографии и 0,05 м при георадиолокации. Сеть наблюдений располагалась таким образом, чтобы жила льда находилась в средней части профилей.

На радарограммах жильный лед отчетливо выделяется как дифрагирующий объект (рис. 4). Оценка относительной диэлектрической проницаемости (ϵ) средствами программы GeoScan32 показала, что над дифрагирующим объектом $\epsilon = 4,7\text{--}5,7$. Такие значения ϵ характерны для песков самой верхней части разреза.

Кроме гиперболической дифракции на радарограмме по протяженным осям синфазности выделяются высокоамплитудные отражающие границы на глубине около 2,0 и 4,5 м. Природу этих границ идентифицировать сложно. Возможно, верхняя граница связана с особенностями литологического строения разреза, а нижняя отражающая граница является кровлей пластового льда, установленной ранее по данным электротомографии.

Разрез сопротивлений грунтов, по данным вертикального электрического зондирования, вдоль одного из профилей более дифференцирован (рис. 5, а). Пониженными сопротивлениями

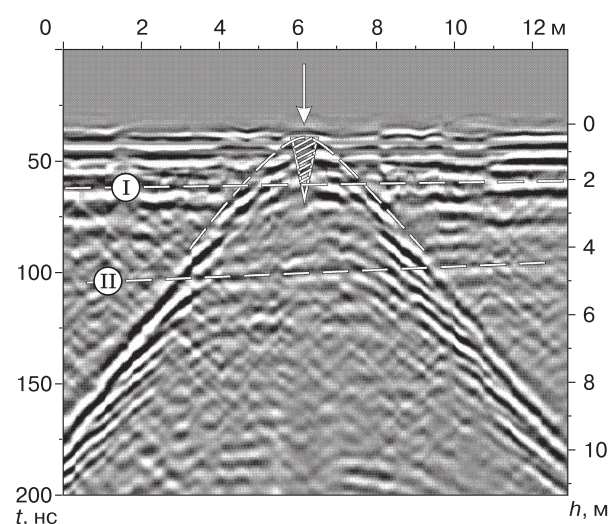


Рис. 4. Радарограмма по профилю, пересекающему морозобойную трещину.

Стрелкой показано положение трещины на профиле.

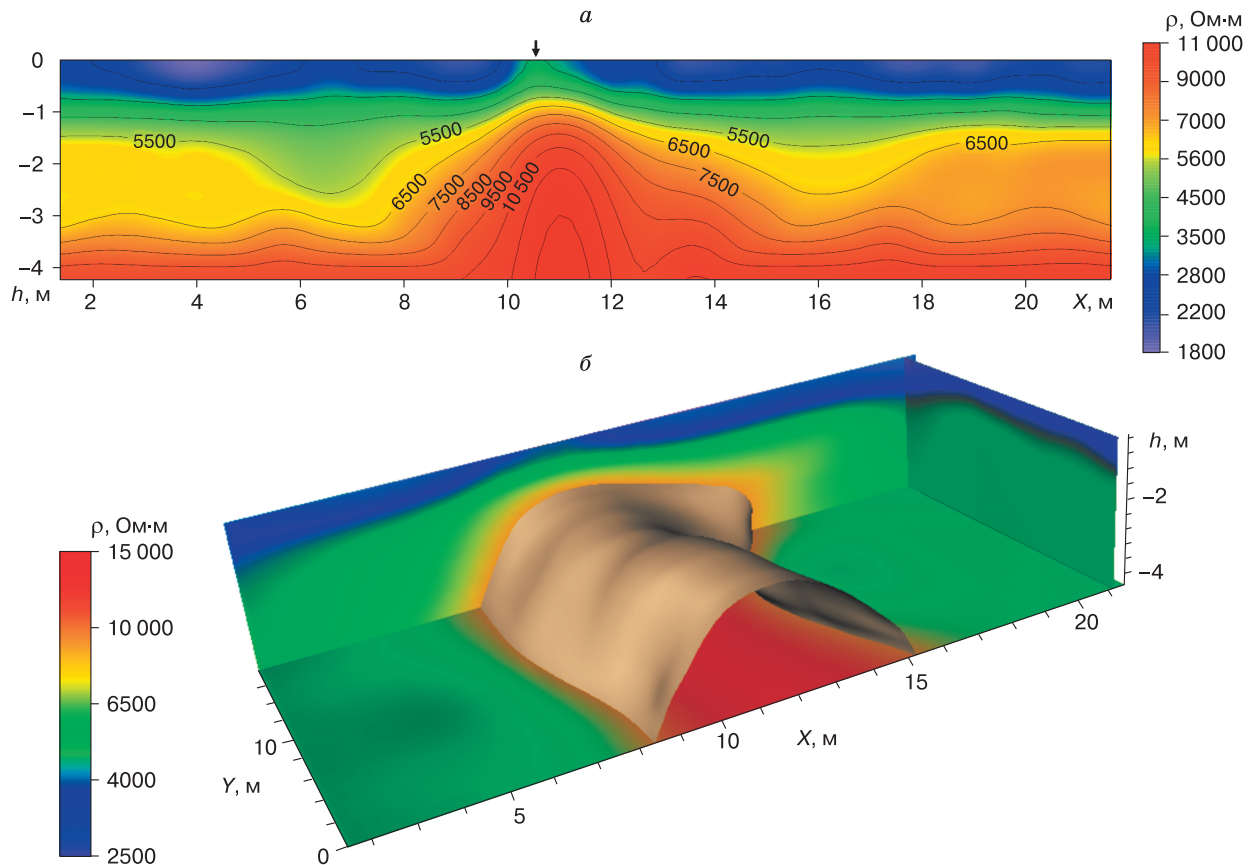


Рис. 5. Разрез удельного электрического сопротивления пород по профилю, пересекающему морозобойную трещину (а), и трехмерная модель удельного электрического сопротивления объема породы (б).

а: стрелкой показано положение трещины на профиле; б: изоповерхность по уровню 8000 Ом·м.

отчетливо выражена прогретая верхняя часть сезонномёрзлого слоя до глубины 0,5 м, а на фоне вмещающей толщи мерзлого песка выделяется жила льда аномально высокого сопротивления. Наличие морозобойной трещины также проявляется на разрезе сопротивлений повышением УЭС.

Плотная сеть наблюдений позволила составить трехмерную модель распределения удельного сопротивления среды (см. рис. 5, б). Выделяя в объеме ту или иную изоповерхность УЭС, можно локализовать положение искомого объекта в пространстве. На рис. 5, б в качестве примера показана изоповерхность УЭС, равная 8000 Ом·м. Предполагается, что мерзлая биомасса палеообъекта будет создавать подобные аномалии удельного электрического сопротивления в объеме среды.

Аналогичным образом предлагается локализовать тело мамонта в мерзлых отложениях поймы р. Юрибей. Для этого необходимо определить при-

мерное местоположение объекта (например, по рассказам очевидцев находки) и ограничить площадь поисков несколькими сотнями квадратных метров. В пределах площадки разбить сеть наблюдения $1,5 \times 2,5$ м и провести площадные электрические зондирования методом электротомографии. Исходя из данных о размерах взрослого мамонта, предполагается, что объект должен создавать аномалии УЭС эллипсоидной формы с отношением большой и малой полуосей как 1:2, в отличие от линейно вытянутых аномалий сопротивления, создаваемых полигонально-жилыми льдами.

Опытные поисковые работы. Физическое моделирование проводилось в пойме р. Юрибей, выполненной аллювиальными отложениями голоцена, в которых не могут содержаться останки мамонтов в первичном залегании. Поэтому опытные поисковые работы велись на потенциально «мамонтоносных» отложениях плейстоценовой террасы на участке № 2.

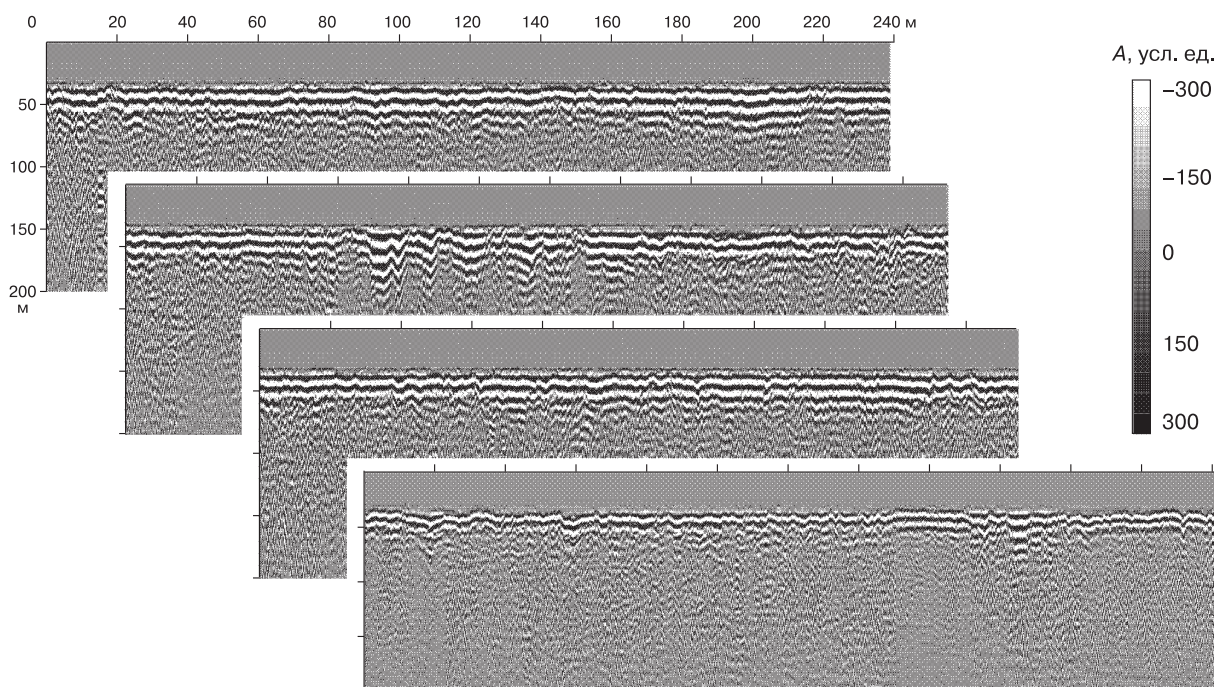


Рис. 6. Примеры радарограмм, полученных при маршрутной съемке на плейстоценовой террасе.

Работы включали маршрутные измерения георадаром и электрические зондирования по одному профилю, пересекающему террасу с северо-запада на юго-восток. Длина георадарных рейсов составляла 200–250 м, длина профиля электротомографии 115 м с шагом по профилю 5 м.

Примеры радарограмм маршрутной съемки показаны на рис. 6. В зависимости от типа поверхностного покрова изменяется амплитуда (A) сигнала в верхней части радарограмм. В переувлажненных низменностях наблюдается характерный “звон” – низкочастотные высокоамплитудные переотражения сигнала, которые выглядят на временных разрезах чередованием широких ярких черных и белых полос. Общим для всех радарограмм является наличие сильного шума, вызванного многочисленными переотражениями от краев морозобойных трещин и ледяных шпиров, жил и прожилков льда. Наличие многочисленных геологических помех усугубляет проблему интерпретации георадарных данных, кроме того, пока не понятны интерпретационные критерии, по которым можно выделить объект поисков на радарограмме.

На рис. 7 представлен разрез сопротивлений через плейстоценовую террасу и его геологическая интерпретация. Разрез состоит из преимущественно песчаных отложений, с глубины 5–8 м слоем высокого сопротивления выделяется пластовая залежь льда переменной (10–15 м) мощности. По-

гружение кровли высокоомного горизонта на склоне юго-восточной экспозиции может быть следствием протаивания пластового льда в период прошлого потепления климата. Подобная информация может оказаться полезной при определении возраста пластовых льдов и реконструкции палеоклимата.

В верхней части разреза локальными высокоомными аномалиями отмечаются полигонально-жильные льды и высокольдистые грунты. Конфигурация аномалий позволяет классифицировать их на жильные и изометричные. Размер изометричных аномалий 2,0–2,5 м. Логично ожидать, что мерзлая биомасса палеообъекта будет создавать такие же квазиизометричные аномалии высокого сопротивления. Очевидно, что на следующем этапе поисков нужно будет детализировать подобные локальные аномалии верхней части разреза и изучить их распределение в плане и по глубине.

Георадиолокационные зондирования дают возможность детально выделить ледяные жилы (рис. 8). Однако выделить среди сигналов-помех полезную аномалию при реальных поисковых работах будет весьма затруднительно. Радарограмма зашумлена отражениями от локальных неоднородностей разреза, а верхняя часть разреза скрыта за высокоамплитудным и низкочастотным сигналом поверхностной волны.

Одним из главных вопросов при организации поисков плейстоценовой мегафауны является воп-

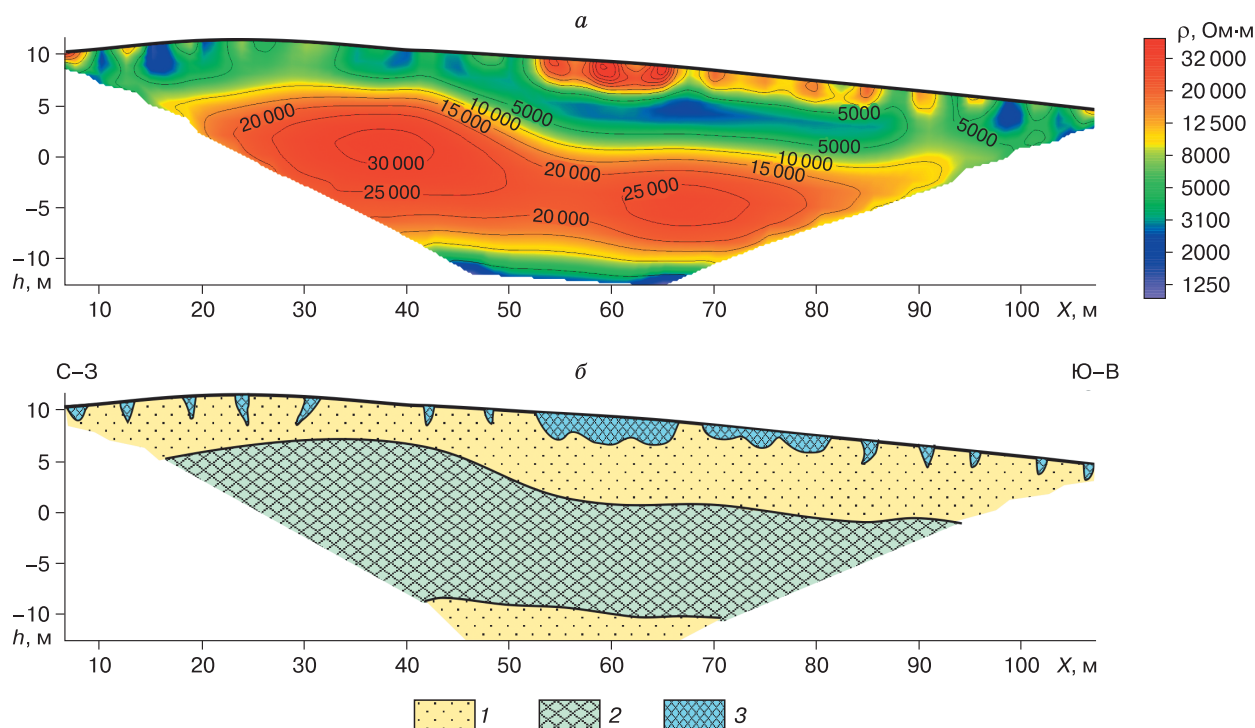


Рис. 7. Разрез удельного электрического сопротивления пород через плейстоценовую террасу (а) и его интерпретация (б).

1 – пески и супеси; 2 – лед пластовый; 3 – жильный лед и высокольдистые грунты.

рос: где искать? Очевидно, что детальные сплошные площадные работы в тундре могут потребовать большого количества средств, времени и не привести к желаемому результату. На наш взгляд, поиски вдоль береговой линии более предпочтительны как с точки зрения локализации участков, так и для последующей “добычи” объекта поисков путем вымывания их из толщи мерзлых пород водой, подаваемой под напором из реки. Выше было отмечено, что в пойме р. Юрибей останки мегафауны не могут находиться в первичном залегании.

Наиболее вероятный механизм появления древних останков на дневной поверхности – это выпадение из высоких плейстоценовых террас в процессе их боковой эрозии и термоэрозии. Поэтому необходимо в первую очередь локализовать места высоких эрозионных обрывов вдоль всего течения реки и таким образом выделить потенциальные участки поисков. Нами был проведен анализ топографических карт масштаба 1:50 000. Критериями выделения потенциальных участков являлось превышение береговой линии над урезом

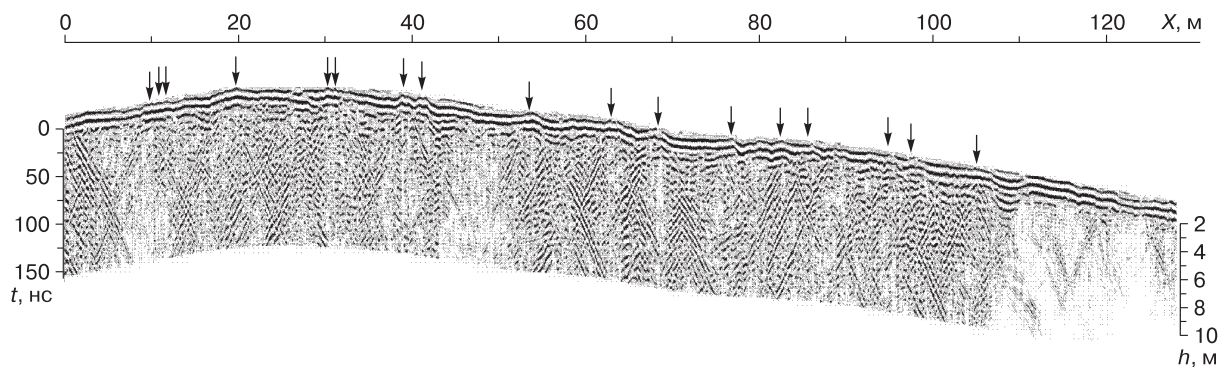


Рис. 8. Георадиолокационный разрез через плейстоценовую террасу.

Стрелками показано положение морозобойных трещин, заполненных льдом, по данным георадара.

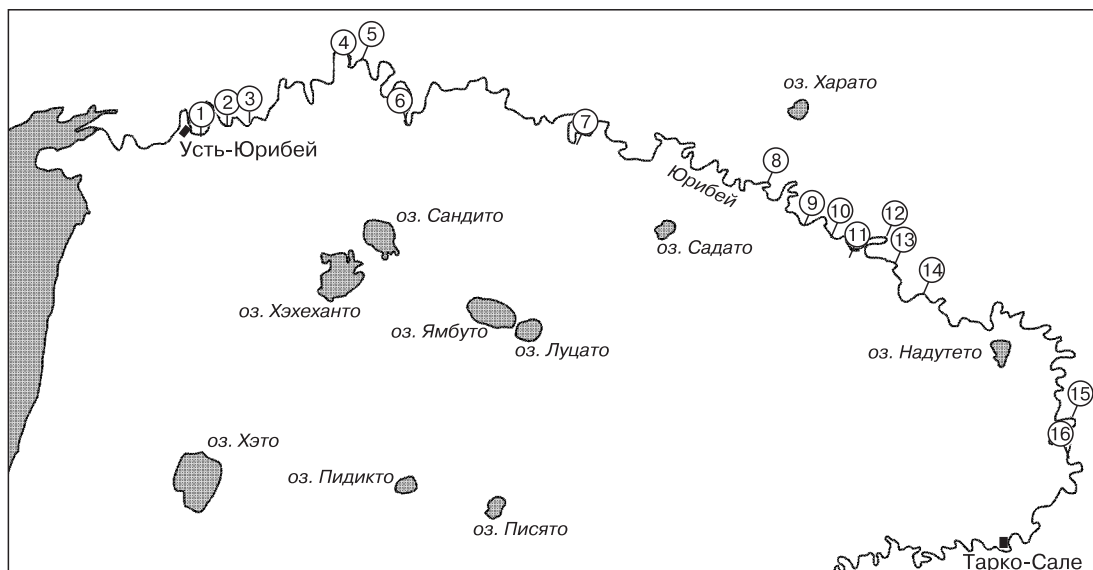


Рис. 9. Карта-схема расположения потенциальных участков (1–16) для поисков плейстоценовой мегафауны.

воды более чем на 10 м. Оказалось, что на протяжении течения реки от Тарко-Сале до Усть-Юрибей насчитывается всего 16 участков длиной от 0,2 до 3,0 км каждый (рис. 9). Большая их часть сконцентрирована в нижнем и среднем течении реки. Близкое расположение участков в местах их группировки делает удобной организацию полевых работ.

ВЫВОДЫ

Опытно-методические электроразведочные работы в пойме и на террасе в среднем течении р. Юрибей показали следующее.

Геоэлектрические параметры разреза приемлемы для применения методов электротомографии и георадиолокации при поисках плейстоценовой мегафауны на берегах р. Юрибей. Несмотря на мерзлое состояние, разрез обладает достаточной проводимостью для методов постоянного тока и в то же время малым поглощением электромагнитной волны при георадиолокационном зондировании. В изученном разрезе присутствует опорный геоэлектрический горизонт высокого сопротивления, интерпретируемый как пластовый лед. Так как пластовые льды распространены на Ямале достаточно широко, ожидается достаточно частое появление такого опорного горизонта на геоэлектрических разрезах.

Возможности трехмерной электроразведки позволяют локализовать в объеме породы аномалию высокого сопротивления, вызванную ледяной жилой. Аналогичная аномалия ожидается и от мерзлой биомассы.

Несмотря на экспрессность и высокую разрешающую способность метода георадиолокации, на сегодняшний день отсутствуют критерии для выделения мерзлой биомассы мамонта в высокльдистых песчаных отложениях по данным радарных съемок. Для дальнейших работ методом георадиолокации рекомендуется применять антенны с частотой 200–400 МГц, так как в средах с низким затуханием электромагнитного сигнала (мерзлые пески) при использовании низкочастотных антенн (менее 150 МГц) существует вероятность пропуска объекта в верхней части разреза (на глубине 2–3 м). Эта рекомендация не распространяется на работы в условиях грунтов с высоким коэффициентом затухания электромагнитной волны (засоленные породы, глины).

По данным электротомографии в плейстоценовых отложениях, потенциальных на обнаружение тел мамонтов, в разрезе выделяются мощные слои льда, а в верхней части разреза – локальные объекты размером 2–2,5 м. Для установления природы аномалий необходима детальная привязка видимых с поверхности морозобойных трещин и других криоструктур к профилю наблюдения.

При поисковых работах рекомендуется два подхода к организации сети наблюдений. Первый подход предусматривает детальные площадные работы по сети $2,5 \times 2,5$ м в местах, обозначенных очевидцами находок останков мамонта, погребенных вторично. Второй подход заключается в профильных электрических зондированиях вдоль высоких террас плейстоценовых отложений, находя-

щихся в стадии эрозии. Локализованные в разрезе объекты можно вскрывать путем размыва водой, подаваемой из реки под напором. При профильных поисковых работах методом электротомографии рекомендуемое межэлектродное расстояние 2,5 м. Для разбраковки аномалий УЭС следует детально картировать криогенные структуры, пересекаемые геофизическими профилями.

Литература

- Дубиков Г.И., Корейша М.М.** Инъекционные ископаемые льды на полуострове Ямал // Изв. АН СССР. Сер. геогр., 1964, № 5, с. 58–65.
- Зыков Ю.Д.** Геофизические методы исследования криолитозоны: учебник / Ю.Д. Зыков. М., Изд-во Моск. ун-та, 2007, 272 с.
- Магаданский мамонтенок** / Под ред. Н.К. Верещагина. Л., Наука, 1981, 296 с.
- Малярчук Б.А., Деренко М.В.** Генетические исследования энмынвеевского мамонта // Вестн. СВНЦ ДВО РАН, 2006, № 3, с. 65–70.
- Оленченко В.В., Чемякина М.А.** Результаты методических георадарных исследований погребальных комплексов в Барабинской лесостепи // Проблемы археологии, этнографии, антропологии Сибири и сопредельных территорий: Материалы годовой сессии Ин-та археологии и этнографии СО РАН. Новосибирск, ИАЭ СО РАН, 2009, т. XV, с. 518–524.
- Петрова Е.А.** Мамонт (*Mammuthus primigenius*) из позднего плейстоцена Чувашии, Европейская Россия // Тр. Зоологического ин-та РАН, 2009, т. 313, № 1, с. 58–67.
- Полуостров Ямал** (инженерно-геологический очерк). М., Изд-во Моск. ун-та, 1975, 277 с.
- Смирнов А.Н.** Ресурсный потенциал ископаемой мамонтовой кости в Российской Арктике // Минерал. ресурсы России. Экономика и управление, 2007, № 4, с. 21–29.
- Стрелецкая И.Д., Каневский М.З., Васильев А.А.** Пластовые льды в дислоцированных четвертичных отложениях Западного Ямала // Криосфера Земли, 2006, т. X, № 2, с. 68–78.
- Lukjanov S.P., Stepanov R.A., Chernyi I.A., Stukach O.V.** Use of the Ground Penetrating Radar Methods for Paleontology on example of the mammoth fauna investigation // Proc. of the 4th Europ. Radar Conf. Munich, Germany, Oct. 10–12, 2007, p. 468–471.
- Mueller T., Latreille F.** Ice Baby: An ancient mammoth is lost, found, stolen, and probed (Article in english) // National Geographic, 2009, vol. 215, No. 5, p. 30–51.
- Papadopoulos N.G., Sarris A., Fassoulas Ch. et al.** Contribution of geophysical investigations in the Paleontological research for the recovery of *Deinotherium giganteum* from Siteia, Crete // 6th Europ. Geoparks Meeting, Mytiline, Univ. Aegean, Oct. 4–8, 2005. URL: <http://www.ims.forth.gr/docs/Deinotherium.pdf> (дата обращения: 28.10.2011).
- Patrick M.L., Bax R.B., Karl L. et al.** The wenas creek Mammoth Project: 2007 Interim Report / Department of Anthropol. N 45YA1083. Central Wash. Univ., 2007, 31 p.

*Поступила в редакцию
14 марта 2012 г.*