

Оригинальная статья / Original article

УДК 550.8:903

DOI: <http://dx.doi.org/10.21285/2415-8739-2019-3-103-114>

Геофизическое обеспечение археологического обследования территории бывшего лютеранского кладбища в г. Иркутске

© А.Г. Дмитриев

Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия

Аннотация: В статье рассмотрены вопросы использования комплексных геофизических исследований при изучении захоронений на бывшем Лютеранского кладбища г. Иркутска. Приводится историческая справка по изменению статуса кладбища и современные проблемы по его реконструкции. Геофизические методы являются неразрушающими, что особенно актуально при экстренных исследованиях территорий перед застройкой, там, где раскопки не запланированы или по каким-либо причинам невозможны. Предпосылками применения геофизических методов являются контрастность физических свойств объектов и среды, соотношение размеров объекта и глубины его залегания, а также уровень сигнала от объекта по сравнению с уровнем помех. В пределах кладбища были проведены высокоточные гравиметрические, магнитометрические и георадиолокационные исследования. По результатам геофизических исследований выделена ступень в гравитационном и магнитном полях, отождествляемая с фрагментом фундамента ограды кладбища и переуглубление отражающих горизонтов на радарограммах. Однако отсутствие коррелирующихся аномалий по всем методам и наличие высококонтрастных неоднородностей в верхней части разреза не позволили однозначно локализовать именно археологические объекты.

Ключевые слова: история, геофизическое обеспечение, обследование, лютеранское кладбище, археология, выявление захоронений, магнитометрия, гравиметрия, георадиолокация

Благодарности: Автор выражает благодарность за участие и помощь в проведении работ С.В. Гаченко, А.В. Сметанину (ФГУНПП Иркутскгеофизика) и П.П. Давыдову (ООО Геологоразведка).

Информация о статье: Дата поступления 17 апреля 2019 г.; дата принятия к печати 20 мая 2019 г.; дата онлайн-размещения 30 сентября 2019 г.

Для цитирования: Дмитриев А.Г. Геофизическое обеспечение археологического обследования территории бывшего лютеранского кладбища в г. Иркутске // Известия Лаборатории древних технологий. 2019. Т. 15. № 3. С. 103–114. DOI: 10.21285/2415-8739-2019-3-103-114

Geophysical support for archeological survey of the territory of former Lutheran cemetery in Irkutsk city

© Aleksandr G. Dmitriev

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract: The paper addresses issues of use of integrated geophysical investigations by study of burial places at former Lutheran cemetery in Irkutsk city. The author gives the historical background for the change of cemetery status and describes modern problems related to its reconstruction. Geophysical methods are nondestructive which is especially topical by urgent research of territory before construction works at places where excavations have not been planned or for some reasons are not possible. On the cemetery territory, high-precision gravimagnetic and GPR investigations have been carried out. Geophysical research resulted in the detection of a step in gravitational and magnetic fields which is identified as a fragment of ceme-

tery fence foundation and overdeepening of reflecting horizons on a radarogram. However, lack of corresponding anomalies and inhomogeneities in the upper part of the section impede explicit locating of archeological objects.

Keywords: history of Lutheran cemetery, geophysical support, archeology survey, burial places identification, geophysical methods, magnetometry, gravimetry, GPR

Acknowledgements: The author is grateful for the participation and assistance in the work of S.V. Gachenko, A.V. Smetanin (FGUNPGP Irkutskgeofizika) and P.P. Davydov (OOO Geologorazvedka).

Article info: Received April 17, 2019; accepted for publication May 20, 2019; available online September 30, 2019.

For citation: Dmitriev A.G. 2019. Geophysical support for archeological survey of the territory of former Lutheran cemetery in Irkutsk city. *Izvestiya Laboratorii drevnikh tekhnologii* = Journal of the Laboratory of Ancient Technologies. Vol. 15. No. 3. Pp. 103–114. (In Russ.). DOI: 10.21285/2415-8739-2019-3-103-114

Для подготовки архитектурного проекта по воссозданию исторического 130 квартала существовала необходимость проведения археологического обследования территории и, в первую очередь, территории бывшего Лютеранского кладбища, которое находилось в современном центре г. Иркутска. По топокарте 1868 г. кладбище находилось на «стрелке» пересечения улиц: Амурская (ныне – Ленина), Преображенская (ныне – Тимирязева), Летня Байкальская (ныне – Седова) и Зимне Байкальская (ныне – 3-го июля), в 30–40 м напротив Крестовоздвиженской церкви (Летопись города Иркутска XVII–XIX вв., 1996)¹. О нахождении кладбища в этом месте свидетельствуют многочисленные планы города 1760–1899 годов. Предполагаемое место кладбища на карте 1868 г. изображено в виде квадрата со стороной примерно 50 м (рис. 1). О нахождении кладбища в этом месте свидетельствуют многочисленные планы города 1760–1899 годов. Учитывая несовершенство исполнения планов в то время, его положение и размеры являются условными. Западная сторона его стены идет почти параллельно стене Крестовской церкви и отстоит от нее примерно на 30–40 м (Иркутская летопись, 1911)².

Точные сведения о начале захоронений на кладбище отсутствуют. По мнению историка А.Н. Гаращенко (Гаращенко, 1996), оно было основано в первой половине XVIII века, когда в Сибирь

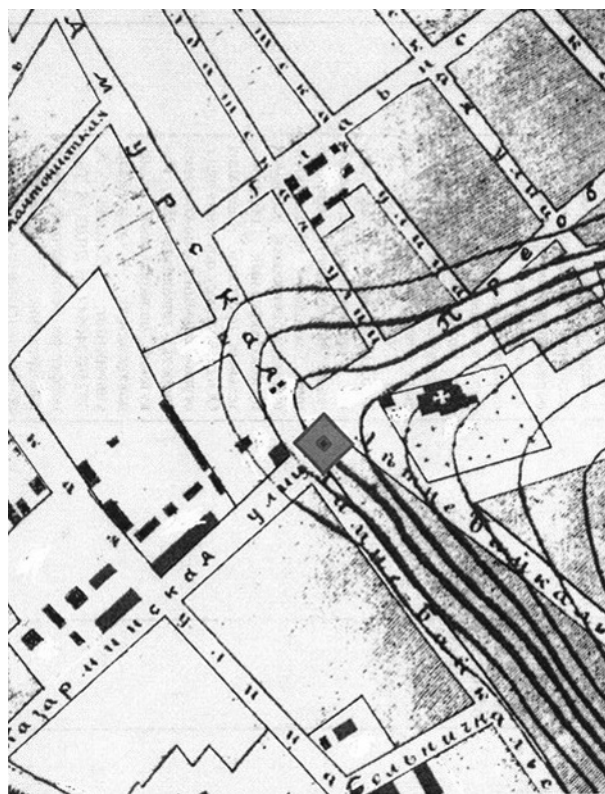


Рис. 1. Топоплан 1868 г. района Лютеранского кладбища г. Иркутска
Fig. 1. Topoplan 1868 district of the Lutheran cemeteries in the city of Irkutsk

¹ Летопись города Иркутска XVII–XIX вв. / сост. и науч. ред. Н.В. Куликаускаене. Иркутск: Вост.-Сиб. кн. изд-во, 1996. 320 с.

Chronicle of the city of Irkutsk XVII–XIX centuries. Irkutsk: Vost.-Sib. kn. izd-vo, 1996. 320 p.

² Иркутская летопись (Летописи П.И. Пежемского и В.А. Кротова). Иркутск, 1911. 395 с.

Irkutskaya letopis' (Letopisi P.I. Pezhemskogo i V.A. Krotova) [Irkutsk Chronicle (Annals of P.I. Pezhemsky and V.A. Krotov)]. Irkutsk: Vost.-Sib. kn. izd-vo, 1911. 395 p.

попали находившиеся на русской службе лютеране по исповедованию, которых простой народ называл «немцами». Как свидетельствуют документы начала XX века, когда кладбище еще существовало, «...в ограде находилось семь могил, из которых только одна не имела надгробной плиты, три могилы имели кирпичные надстройки. Надгробные памятники относились к временам императрицы Анны Иоановны и Елизаветы Петровны. Среди погребенных были общественные деятели, сыгравшие заметную роль в истории развития города Иркутска и Иркутской губернии: Лоренц-Ланг (1684 – 26.12.1752) – дипломат, вице-губернатор Иркутской Губернии, секретарь и «директор караванной казны» при посольстве Л.В. Измайлова в Китае; генерал-майор Карл Лебинофон-Фрауендорф (? – 2.01.1765) – первый губернатор Иркутской губернии; Иван Антонович фон-Линеман (1716 – 22.05.1789) – бригадир, обер-комендант г. Иркутска и другие» (Дулов, 1993). Кладбище было обнесено оградой (рис. 2), на нем имелась часовня (Медведев, 1996). После открытия в 1772 г. городского Иерусалимского кладбища, на нем был выделен участок для погребения представителей лютеранского вероисповедания. В 1910 г. иркутский губернатор издал распоряжение о ликвидации лютеранского кладбища, что частично и было выполнено. Окончательно кладбище и Амурские ворота были разрушены уже при советской власти в нача-

ле 30-х годов прошлого века. Данные о дальнейшей судьбе захоронений отсутствуют.

Сегодня часть этого кладбища занята проезжей частью и тротуарами. Однако сохранился маленький сквер, на котором, правда, нет могильных плит (рис. 3). Здесь планировалось установить памятник комсомольцам, позднее – декабристам. Об этом решении до 2014 г. свидетельствовал памятный камень с соответствующей табличкой. В последнее время ряд организаций и общественных деятелей предлагает установить мемориальный знак или часовню, говорящие о том, что располагалось на этом месте в течение XVII – начале XX века, как место памяти, связанное с именами известных личностей, оставивших определенный след в истории Сибири.

Поскольку археологические работы на данной территории не проводились, имело смысл исследовать данный участок с помощью геофизических методов. По классификации А.К. Станюкевича (Станюкевич, 1996) археологическая геофизика изучает скрытые объекты историко-культурного наследия: археологические объекты и комплексы, содержащиеся в культурных напластованиях; археологические памятники, утратившие внешние отличительные признаки (могильники, фундаменты несохранившихся сооружений). Геофизические методы исследований, в отличие от археологических, являются неразрушающими (Слукин, 1988). Актуаль-



Рис. 2. Амурские ворота 1909 г. (слева кладка стены Лютеранского кладбища)
Fig. 2. Amur gate 1909 (left masonry walls Lutheran cemetery)

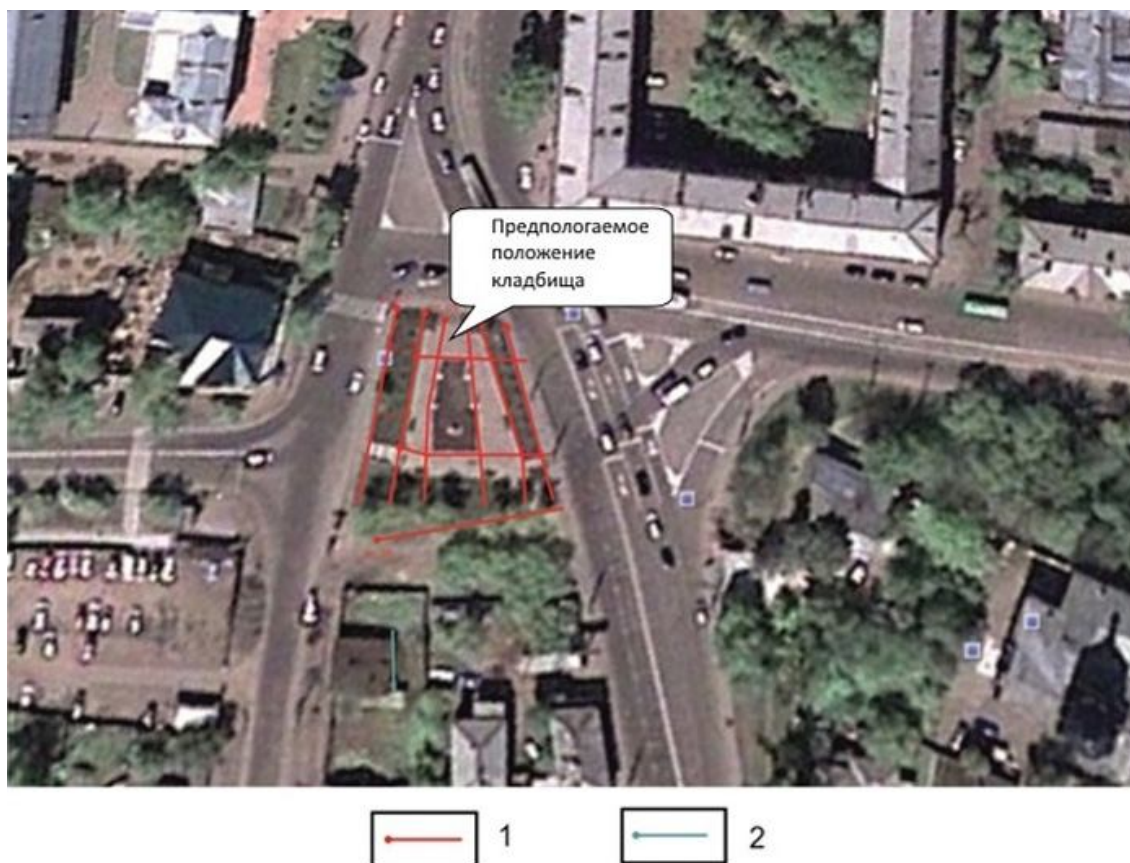


Рис. 3. Схема центральной части г. Иркутска: 1 – расположение радиолокационных профилей; 2 – расположение геологического разреза

Fig. 3. Scheme of the Central part of Irkutsk: 1 – Location of GPR profiles; 2 – Location of the geological section

ность их проведения особенно возрастает при экстренных исследованиях территорий перед застройкой, там, где раскопки не запланированы или по каким-либо причинам затруднены или невозможны (Станюкевич, 1997). При невозможности проведения раскопок на всей территории в зоне строительства, такая геофизическая информация может оказаться единственным источником знаний.

Предпосылками применения геофизических методов являются контрастность физических свойств объектов и среды, соотношение размеров объекта и глубины его залегания, а также уровень сигнала от объекта по сравнению с уровнем помех (Огильви, 1990). Для изучения археологических объектов могут применяться многие геофизические методы дистанционных исследований: аэрофотосъемка, лидарометрия, тепловая съемка, сейсморазведка и ядерно-геофизические методы,

гравимагнитные и электрометрические исследования (Журбин, 2004; Мартынов, Шер, 1989).

Анализ физико-геологических условий на участке исследований свидетельствует, что при наличии современных искусственных покрытий, характеризующихся высокой скоростью распространения упругих колебаний и низкой проводимостью, таких как: асфальт, бетонная тротуарная плитка, бордюры, и т. п., применение сейсмометрии методом преломленных волн практически исключено. Небольшая глубина искомых объектов делает реализацию второго по эффективности метода сейсморазведки – метода отраженных волн – вряд ли возможным.

В этих условиях наиболее универсальными и эффективными для археологических изысканий являются высокоточные – магнитометрическая, гравиметрическая и георадиолокационная съемки

(Комплексирование методов разведочной геофизики, 1984)³.

Применение магнитометрии обусловлено возможным наличием в пределах захоронений погребенных ферромагнитных материалов, таких как железо, скопление керамических материалов, очагов, зольников и т. п., которые характеризуются высокой естественной и термоостаточной намагниченностью (Kozhevnikov, Kharinsky, Snopkov, 2018). Амплитуда аномалий магнитного поля от подобных объектов при глубине их залегания от 0,5 до 2 м может колебаться от 0,01 до 0,05 нТл. Особенностью магнитных свойств «культурного слоя», мощностью от десятков сантиметров до первых метров, так же является хаотическое изменение направления полного вектора магнитного поля переработанных грунтов с резко выраженным его отличием от неизменных пород, которые имеют направление намагничения, соответствующее времени их образования (Скакун, Тарасов, 2000). Переработанные рыхлые отложения характеризуются практически нулевой магнитной восприимчивостью, поскольку намагниченность небольших доменов в результате переноса грунта имеет различную направленность (Kozhevnikov, Kharinsky, Kozhevnikov, 2001). При этом неизменные осадочные породы Иркутского амфитеатра обладают магнитной восприимчивостью от $10 \cdot 10^{-6}$ до $50 \cdot 10^{-6}$ ед. СГС. При низком уровне помех и специальных высокоточных методиках измерений, например, путем измерения вертикальных градиентов, полного вектора магнитного поля, при отсутствии необходимости регистрации и введения поправок за вариации T_a , возможно разделение подобных объектов (Кожевников, Кожевников, Никифоров, Снопков, Харинский, 2000).

Применение гравиметрии стало возможным в последнее время, после внедрения в практику исследований гравитационного поля сверхвысокоточных цифровых гравиметров. Выявление различных погребений в грунтовых могилах, склепах, рвах

и валах основано на дефиците плотности возникающей при разрыхлении покровных грунтов или наличии пустот и полостей (Хмелевской, Горбачев, Калинин, Попов, Селиверстов, Шевнин, 2004). В случае Лютеранского кладбища, часть могил имела кирпичные надстройки и, возможно, подземные склепы. Подобные неоднородности должны вносить еще большие искажения в наблюдаемое гравитационное поле и при соответствующих методах интерпретации выявляться практически однозначно.

Захоронения также влияют на удельное электрическое сопротивление грунтов. Интервалы разрыхления или воздушные полости повышают интегральную пористость в районе захоронений и, как следствие, увеличивают удельное электрическое сопротивление. Особые сложности представляют высокоомные экраны на поверхности участка работ (тротуарная плитка, асфальт, бетонные бордюры и т. п.), что практически исключает применение основных методов электроразведки, требующих гальванического заземления измерительных установок, (вертикальные электрические зондирования, электропрофилирование и т. п.), которые очень широко применяются при решении подобных задач. Применение же индукционных методов (зондирования становлением в ближней зоне, аудио магнитотеллурические зондирования и т. п.), которые характеризуются невысокой разрешающей способностью, особенно при изучении верхней части разреза, делают их применение проблематичным.

Георадиолокационные исследования вошли в практику археологических изысканий в конце прошлого века. В настоящее время высокая разрешающая способность и мобильность метода (измерения и геодезическая привязка в движении), возможность получения глубинных разрезов, широкий спектр регистрирующей аппаратуры и систем цифровой обработки данных обусловили повсеместное внедрение данного метода при изучении верхней части разреза (Марчук, Бездудный, 2002).

Метод георадиолокационных зондирований (ГРЛЗ) является одним из наиболее перспективных

³ Комплексирование методов разведочной геофизики: справочник геофизика. М.: Недра, 1984. 365 с.
Integration of exploration geophysics methods. Moscow: Nedra, 1984. 365 p.

и динамично развивающихся направлений геофизических исследований верхней части геологического разреза (ВЧР). К преимуществам метода можно отнести высокую разрешающую способность, помехоустойчивость по отношению к искажающим сигналам, а также оперативность (возможность регистрации в движении) и экономичность производства измерений. Кроме того, ГРЛЗ требует минимума пространства для развертывания аппаратуры, что зачастую является существенным фактором при его использовании в условиях плотной городской или промышленной застройки. Использование ГРЛЗ даёт возможность детально исследовать подповерхностную структуру ВЧР или техногенных конструкций от единиц сантиметров до глубины 10–15 м, обеспечивая существенное уменьшение количества заверочных горных выработок. Археологические георадиолокационные исследования осуществляются как при непосредственном поиске артефактов, так и при сопутствующих, на стадии горно-геологического обоснования лицензирования строительных объектов, ввода в разработку и эксплуатацию различных типов месторождений, с целью существенного снижения сроков исследований и объема горно-проходческих работ.

При археологических исследованиях перед ГРЛЗ традиционно ставятся следующие задачи:

- определение мест археологических артефактов (остатков погребенных строений, каналов, дорог и т. п.);

- выявление мест захоронений или наиболее вероятного их местоположения;

- геометризация формы захоронений с определением их глубины залегания и размеров.

ГРЛЗ в условиях Восточной Сибири позволили получить ряд положительных результатов при обследовании Байкальского и Северо-Муйского железнодорожных тоннелей, железнодорожных насыпей, автодорог и взлетно-посадочных полос аэродромов; транзитных зон перехода газопровода через Братское море и комплексных исследований фундамента Спасской церкви в г. Иркутске (Дмитриев, 2015). При изучении захоронений ГРЛЗ обычно нацелены на выявление неоднородностей,

связанных с переуглублениями, изменениями влажности и наличием зон дифракции, обусловленных дифференциацией пород и выделяемых объектов по удельному электрическому сопротивлению и диэлектрической проницаемости.

Участок работ характеризуется наличием чрезвычайно интенсивных промышленных помех (трамвайные и троллейбусные сети; канализационные коллекторы, тепловые и водопроводные коммуникации; кабель-каналы связи, светофорные регулировки, неоновые рекламы; работа телефонных ретрансляторов, интенсивное движение автомобильного транспорта и т. п.). Это предъявляет очень специфические требования к методике производства работ. В связи с этим, натурные измерения проводились исключительно в ночное время с обязательной регистрацией вариаций магнитного и измерением гравитационного полей от контрольного пункта.

На первом этапе измерения полного вектора магнитного поля T_a выполнялись от контрольного пункта в режиме непрерывного движения с привязкой координат с помощью GPS, по сети около $0,4 \times 0,8$ м магнитометрами ММПОС-1. Плотность наблюдений достигала 4 ф.н./м^2 . Вариации магнитного поля, по данным магнитной обсерватории Института солнечно-земной физики СО РАН, в период измерений имели низкочастотный характер, не превышали величину первых нТл и не должны были существенно влиять на измеряемое поле. Однако локальные промышленные помехи на обследуемом участке сильно сказывались на наблюдениях магнитного поля. В процессе измерений фиксировались аномалии от дорожного и тротуарного оборудования, постоянно наблюдались ураганные выбросы от электромагнитных помех. Даже медианное осреднение значений T_a и различные способы трансформации магнитного поля в полной мере не позволило избавиться от них (рис. 4). Погрешность измерений составила ± 5 нТл. На планах горизонтальных градиентов магнитного поля T_a с различными окнами осреднения повышенные значения $\text{grad}T_a$ коррелируют с самой верхней частью разреза – с почвенно-растительным слоем и грунтами газонов (рис. 5).

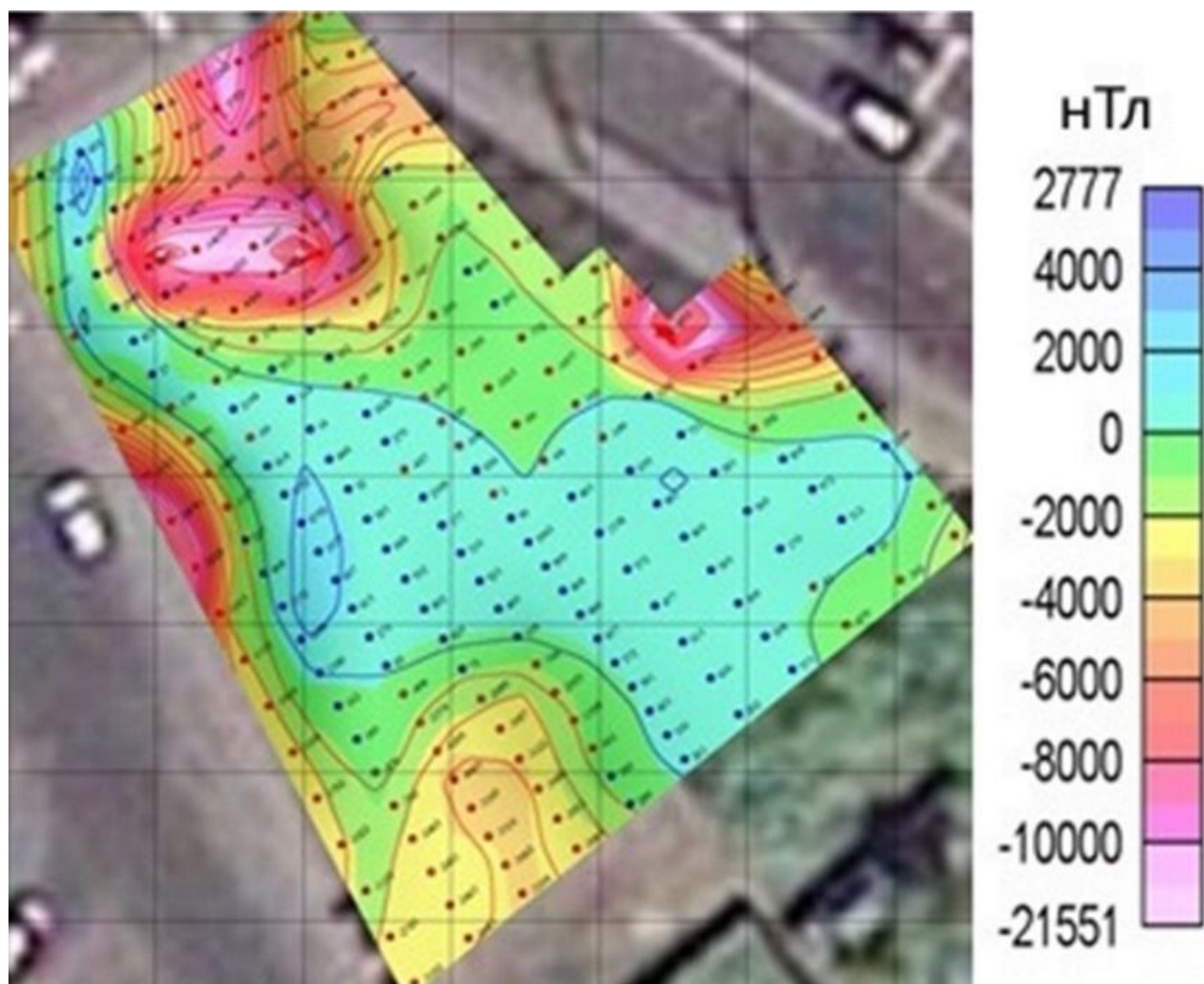


Рис. 4. План изодинам ΔT магнитного поля со схемой георадиолокационных профилей
Fig. 4. Plan isogram ΔT magnetic field with the scheme of the GPR profiles

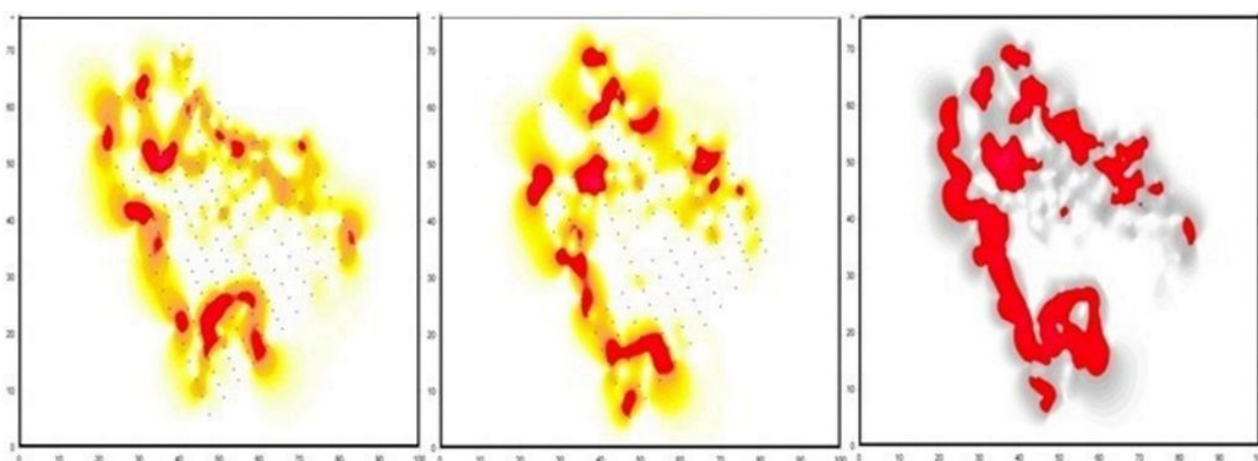


Рис. 5. Горизонтальные градиенты магнитного поля T_a с различными окнами осреднения
Fig. 5. Horizontal gradients of the magnetic field T_a with different averaging windows

Для повышения точности были произведены повторные микромагнитные измерения с высокоточными магнитометрами GSM-19w и регистрацией вариаций магнитного поля непосредственно на контрольном пункте. Замеры, пространственно привязанные к видимым дорожным неоднородностям или парковому оборудованию, были исключены из рассмотрения. В процессе работ при эпизодическом движении автотранспорта замеры приостанавливались. Погрешность измерений удалось снизить до $\pm 0,01$ нТл.

Гравитационное поле измерялось от контрольного пункта цифровым гравиметром CG-5 фирмы Scintrex по сети 1×1 м с инструментальной нивелирной и привязкой пунктов наблюдений. Погрешность измерений составила $\pm 0,002$ мГл.

По результатам измерений после введения необходимых поправок построены планы изодинам полного вектора T_a магнитного и планы изоаномал ΔG_a остаточного гравитационного поля (рис. 6). На планах наблюдается мозаичная струк-

тура полей, отождествляемая с локальными неоднородностями в верхней части разреза. Ряд аномалий идентифицируется с техническими сооружениями. Главной особенностью геофизических полей является выделенная линейная гравитационная ступень с характерными «утолщениями», расстояние между которыми составляет около 9 метров. Плановое расположение гравитационной аномалии соответствует серии изометричных аномалий магнитного поля. Амплитуда выделенных аномалий составляет около 0.1 мГл и более 500 нТл для гравитационного и магнитного полей соответственно. Поведение изолиний измеренных полей позволяет утверждать о наличии искусственной протяженной подземной неоднородности, вероятней всего, фрагмента погребенной кладки фундамента юго-восточной части ограды кладбища, сложенной из бутового песчаника (см. рис. 2). Пониженные значения гравитационного и повышенные – магнитного полей в северо-западной части участка, вероятно, обусловлены существо-

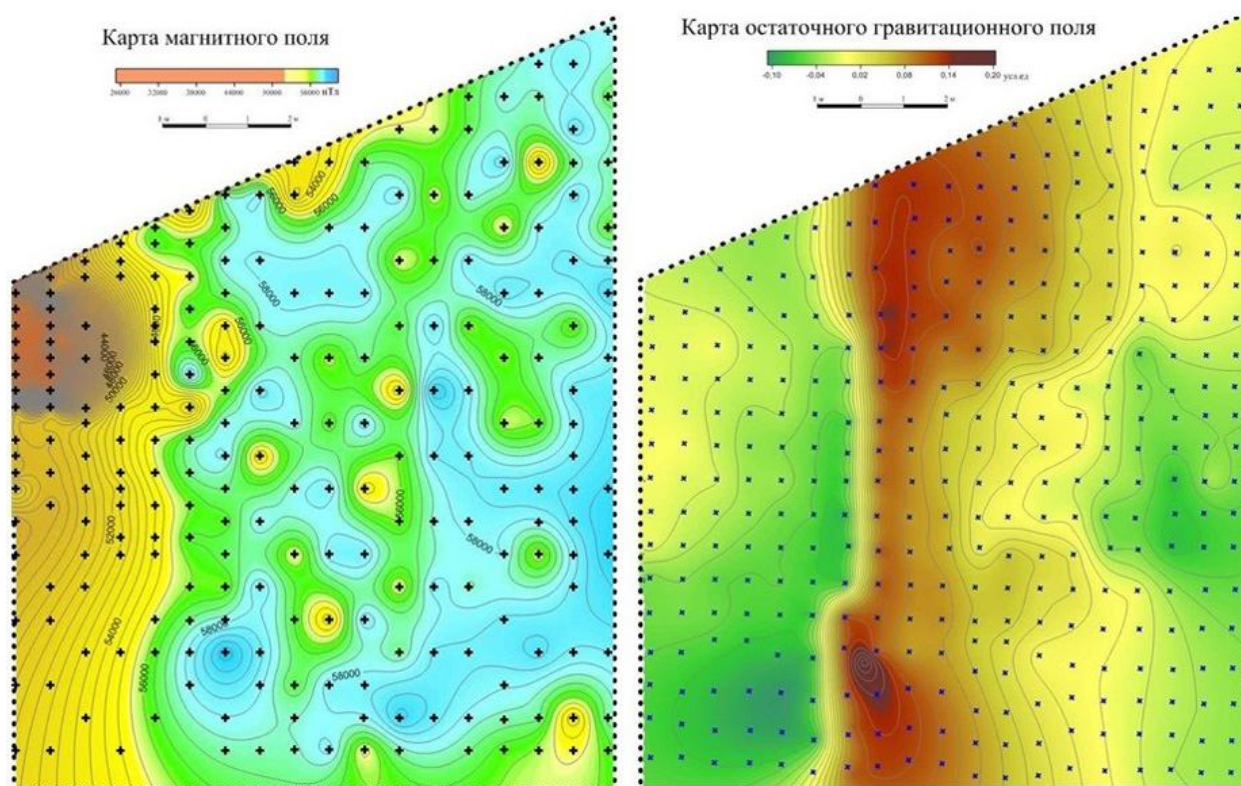


Рис. 6. Планы изодинам полного вектора T_a магнитного поля и изоаномал ΔG_a остаточного гравитационного поля

Fig. 6. Plans isogam full vector of the magnetic field T_a and isoanomal ΔG_a residual gravitational field

вавшим в послевоенные годы и в настоящее время засыпанным гравием подземным складом средств противохимической защиты.

Георадиолокационные зондирования выполнялись по сети профилей (см. рис. 3) комплексом «Zond-12C» с антенным блоком, настроенным на частоту зондирующих импульсов 900 МГц. Обработка и интерпретация материалов ГРЛЗ производилась в программном пакете Prizm-2 фирмы RadarSystems, Inc. Граф обработки включал в себя стандартные процедуры: ввод и редактирование данных; удаление постоянной составляющей, мас-

штабирование, спектральный анализ, компенсация прямой волны, регулировка усиления; амплитудная коррекция за сферическое расхождение, режекторная и полосовая фильтрации; отбеливающая деконволюция и когерентная фильтрация (Сергиенко, 2002). Результаты обработки представлялись в виде георадиолокационных разрезов при плотностном виде изображения трасс, в соответствии с выбранной цветовой шкалой (рис. 7).

На георадиолокационных разрезах можно видеть как субгоризонтальные границы, прослеживаемые на всем участке, так и изменения в вол-

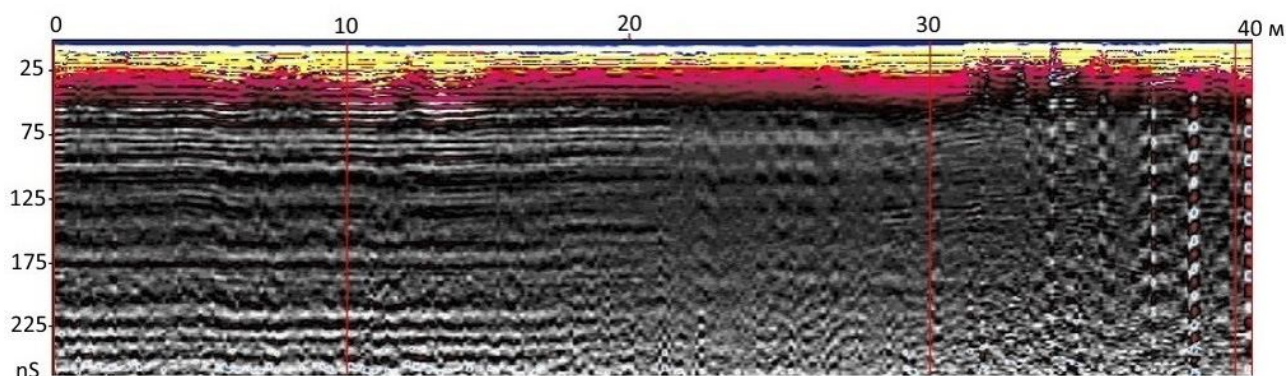


Рис. 7. Георадиолокационный временной разрез по профилю № 5
Fig. 7. GPR time section along profile No 5



Рис. 8. Фото разреза на продолжении георадиолокационного профиля № 5 (опорная стенка ресторана Chento)
Fig. 8. Photo of the incision on the continuation of the GPR profile No 5 (the support wall of the restaurant Chento)



Рис. 9. Геральдическая скульптура «Бабр», символ Иркутской губернии (архитектор О. Смирнова, скульптор Н. Бакут)

Fig. 9. Heraldic sculpture "Babr", a symbol of Irkutsk province (architect O. Smirnova, sculptor N. Bakut)

новой картине, обусловленные отдельными локальными неоднородностями в верхней части разреза. Субгоризонтальная граница, соответствующая смене литологических разностей пород, проявляется на глубине около 4 м, при этом она постепенно погружается в юго-восточном направлении. В этой части профиля наблюдается ряд срывов осей синфазности и рассыпания волновой картины (пикеты 33–41), которое обусловлено наличием строительного мусора, бутового камня и остатками деревянных свайных опор, о чем свидетельствует фотография опорной стенки на продолжении профиля № 5 (рис. 8). Вероятней всего, это остатки фундаментов зданий, которые видны на заднем плане Амурских ворот (см. рис. 2). На пикетах 8–19 м на временном разрезе наблюдается переуглубление, которое объясняется либо уменьшением скорости в самой верхней части разреза, либо увеличением глубины залегания отражающих границ. При этом в этой части профиля отсутствуют дифрагированные волны, обычно проявляющиеся в виде

гиперболических осей синфазности, которые характерны для захоронений (Дмитриев, 2015).

Выполненная съемка принципиально показывает наличие на участке исследования подземных неоднородностей, вероятно, антропогенной природы. Однако проведенные исследования не позволяют однозначно локализовать именно археологические объекты. Все это позволяет считать, что основная часть кладбища в настоящее время находится в пределах проезжей части и многократно перестроенной части сквера, где имеются многочисленные коллекторы, кабель-каналы различного назначения и трубопроводы. Поэтому, выявление сохранных могил на территории сквера в этих условиях, маловероятно. Это, а также временные ограничения, не позволили реализовать проект по установке памятного знака, говорящего о том, что располагалось на этом месте в XVII – XIX веках.

В настоящее время в сквере установлена геральдическая скульптура, символ Иркутской губернии – Бабр (рис. 9), которая пользуется большой популярностью у жителей города и туристов.

Библиографический список

Гарашченко А.Н. Мир праху твоему, иркутянин // Земля Иркутская. 1996. № 5. С. 42–50.

Дмитриев А.А. Применение георадиолокационных технологий при решении археологических задач // Вестник Иркутского государственного технического университета. Иркутск. 2015. № 7. С. 12–18.

Дулов А.В. Городские некрополи // Памятники истории и культуры Иркутска. Иркутск: Вост.-Сиб. кн. изд-во. 1993. С. 94–117.

Журбин И.В. Геофизика в археологии. Методы, технологии и результаты применения. Ижевск: изд-во УИИЯИЛ, 2004. 152 с.

Кожевников Н.О., Кожевников О.Л., Никифоров С.П., Снопков С.В., Харинский А.В. Древний центр металлургии железа в пади Барун-хал // Байкальская Сибирь в древности. Иркутск: изд-во ИГПУ. 2000. Вып. 2. Ч. 2. С. 166–195.

Мартынов А.И., Шер Я.А. Методы археологического исследования. М.: Высшая школа, 1989. 223 с.

Марчук В.Н., Бездудный В.Г. Анализ результатов георадарного зондирования археологических объектов Ростовской области // Археологические записки. Ростов-на-Дону, 2002. Вып. 2. С. 205–212.

Медведев С.И. Иркутск на почтовых открытках. 1899–1917. М.: изд-во Галарт, 1996. 641 с.

Огильви А.А. Основы инженерной геофизики. М.: Недра, 1990. 501 с.

Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов. М.: ПИТЕР, 2002. 608 с.

Скакун Н.Н., Тарасов В.А. Результаты применения магниторазведки и капаметрии при исследовании поселения трипольской культуры Бодаки // Археологические вести. СПб.: Институт истории материальной культуры. 2000. Вып. 7. С. 60–69.

Слукин В.М. Неразрушающие методы исследования памятников архитектуры. Свердловск, 1988. 220 с.

Станюкевич А.К. Археологическая геофизика в России // Геофизика. 1996. № 2. С. 57–64.

Станюкевич А.К. Основные методы полевой археологической геофизики // Естественно-научные методы в полевой археологии. 1997. Вып. 1. С. 19–42.

Хмелевской В.К., Горбачев Ю.И., Калинин А.В., Попов М.Г., Селиверстов Н.И., Шевнин В.А. Геофизические методы исследований. Петропавловск-Камчатский: изд-во КГПУ, 2004. 232 с.

Kozhevnikov N.O., Kharinsky A.V., Kozhevnikov O.K. An accidental geophysical discovery of an iron age archaeological site in the western shore of lake Baikal // Applied geophysics, 2001, № 47. Pp. 107–122.

References

Garashchenko A.N. 1996. Peace be upon you, Irkutsk citizen. *Zemlya Irkutskaya* [Irkutsk Land]. No. 5. Pp. 42–50. (In Russ.)

Dmitriev A.A. 2015. The use of georadar technologies in solving archaeological tasks. *Vestnik Irkutskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of Irkutsk State Technical University]. Irkutsk. No. 7. Pp. 12–18. (In Russ.)

Dulov A.V. 1993. City Necropolises. *Pamyatniki istorii i kul'tury Irkutsk* [Sites of history and culture of Irkutsk]. Irkutsk: Vost.-Sib. kn. izd-vo. Pp. 94–117. (In Russ.)

Zhurbin I.V. 2004. Geophysics in archeology. Methods, technologies and results of application. Izhevsk: izd-vo UII-YaiL. 152 p. (In Russ.)

Kozhevnikov N.O., Kozhevnikov O.L., Nikiforov S.P., Snopkov S.V., Kharinskii A.V. 2000. The ancient center of iron metallurgy in the pad' Barun-Khal. *Baikal'skaya Sibir' v drevnosti* [Baikal Siberia in antiquity]. Irkutsk: izd-vo IGPU. Iss. 2. Pt. 2. Pp. 166–195. (In Russ.)

Martynov A.I., Sher Ya.A. 1989. Methods of archaeological research. Moscow: Vysshaya shkola. 223 p. (In Russ.)

Marchuk V.N., Bezdudnyi V.G. 2002. Analysis of the results of georadar sounding of archaeological sites of the Rostov region. *Arkheologicheskie zapiski* [Archaeological notes]. Rostov-na-Donu. Iss. 2. Pp. 205–212. (In Russ.)

Medvedev S.I. 1996. Irkutsk on postcards. 1899–1917. Moscow: izd-vo Galart. 641 p. (In Russ.)

Ogil'vi A.A. 1990. Basics of engineering geophysics. Moscow: Nedra. 501 p. (In Russ.)

Sergienko A.B. 2002. Digital signal processing. Moscow: PITER. 608 p. (In Russ.)

Skakun N.N., Tarasov V.A. 2000. The results of the use of magnetic exploration and kappametrics in the study of the Bodaki settlement of Tripoli culture. *Arkheologicheskie vesti* [Archaeological News]. St. Petersburg: Institut istorii material'noi kul'tury. Iss. 7. Pp. 60–69. (In Russ.)

Slukin V.M. 1988. Non-destructive methods for the study of architectural sites. Sverdlovsk. 220 p. (In Russ.)

Stanyukevich A.K. 1996. Archaeological Geophysics in Russia. *Geofizika* [Geophysics]. No. 2. Pp. 57–64. (In Russ.)

Stanyukevich A.K. 1997. The main methods of field archaeological geophysics. *Estestvenno-nauchnye metody v polevoi arkheologii* [Natural science methods in field archeology]. Iss. 1. Pp. 19–42. (In Russ.)

Khmelevskoi V.K., Gorbachev Yu.I., Kalinin A.V., Popov M.G., Seliverstov N.I., Shevnin V.A. 2004. Geophysical research methods. Petropavlovsk-Kamchatskii: izd-vo KGPU. 232 p. (In Russ.)

Kozhevnikov N.O., Kharinsky A.V., Kozhevnikov O.K. An accidental geophysical discovery of an iron age archaeological site in the western shore of lake Baikal // Applied geophysics, 2001, № 47. Pp. 107–122.

Kozhevnikov N.O., Kharinsky A.V., Snopkov S.V. Geophysical prospection and archaeological excavation of ancient iron smelting in the Barun–khal valley on the western shore of lake Baikal (Olkhon region, Siberia).// Archaeological Prospection, 2018. Pp. 1–17.

Сведения об авторе

Дмитриев Александр Георгиевич,

доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры прикладной геологии геофизики и геоинформационных систем,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
Россия, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
e-mail: dmitriev@ex.istu.edu

Критерии авторства

А.Г. Дмитриев подготовил рукопись к печати, имеет на статью авторское право и несет полную ответственность за ее оригинальность.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Kozhevnikov N.O., Kharinsky A.V., Snopkov S.V. Geophysical prospection and archaeological excavation of ancient iron smelting in the Barun–khal valley on the western shore of lake Baikal (Olkhon region, Siberia).// Archaeological Prospection, 2018. Pp. 1–17.

Information about the author

Alexander G. Dmitriev,

Dr. Sci. (Geophysics), professor of Department of Applied of geology, geophysics and GIS,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov Str., 664074 Irkutsk, Russian Federation,
e-mail: dmitriev@ex.istu.edu

Attribution criteria

A.G. Dmitriev made the research work, on the basis of the results conducted a compilation, prepared the manuscript for publication, he owns the copyright on this article and solely responsible for its originality.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.