

**ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОМАГНИТНОГО КАРТИРОВАНИЯ ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО И АНТРОПОГЕННОГО ГЕНЕЗИСА В СОВРЕМЕННЫХ ОСАДКАХ БЕРЕГОВОЙ ЗОНЫ БУХТЫ ЭКСПЕДИЦИИ (ЗАЛИВ ПЕТРА ВЕЛИКОГО, ЯПОНСКОЕ МОРЕ)**

*Е.А. Бессонова*

*Тихоокеанский океанологический институт им В.И. Ильичева ДВО РАН, г. Владивосток*

Поступила в редакцию 18 мая 2007 г.

Комплексный анализ многопараметровой и разнородной информации, включающей результаты крупномасштабной магнитной съемки, позволил восстановить особенности осадконакопления в береговой зоне бухты Экспедиции на последнем этапе развития геологической среды. На основе анализа результатов измерений модуля полного вектора геомагнитного поля выделены источники аномального магнитного поля геологического и антропогенного генезиса. Сделан вывод о полигенетическом характере аккумуляции осадочного материала в культурном слое Краскинского городища - крупнейшего археологического памятника государства Бохай на территории Приморья. Впервые на юге Дальнего Востока России с использованием микромагнитной съемки реконструирована внутренняя топография культурного слоя средневекового равнинного городища, определено местоположение наиболее информативных объектов, необходимых для понимания культурно-исторического развития археологического памятника.

**Ключевые слова:** микромагнитное картирование, археологический памятник, культурный слой.

**ВВЕДЕНИЕ**

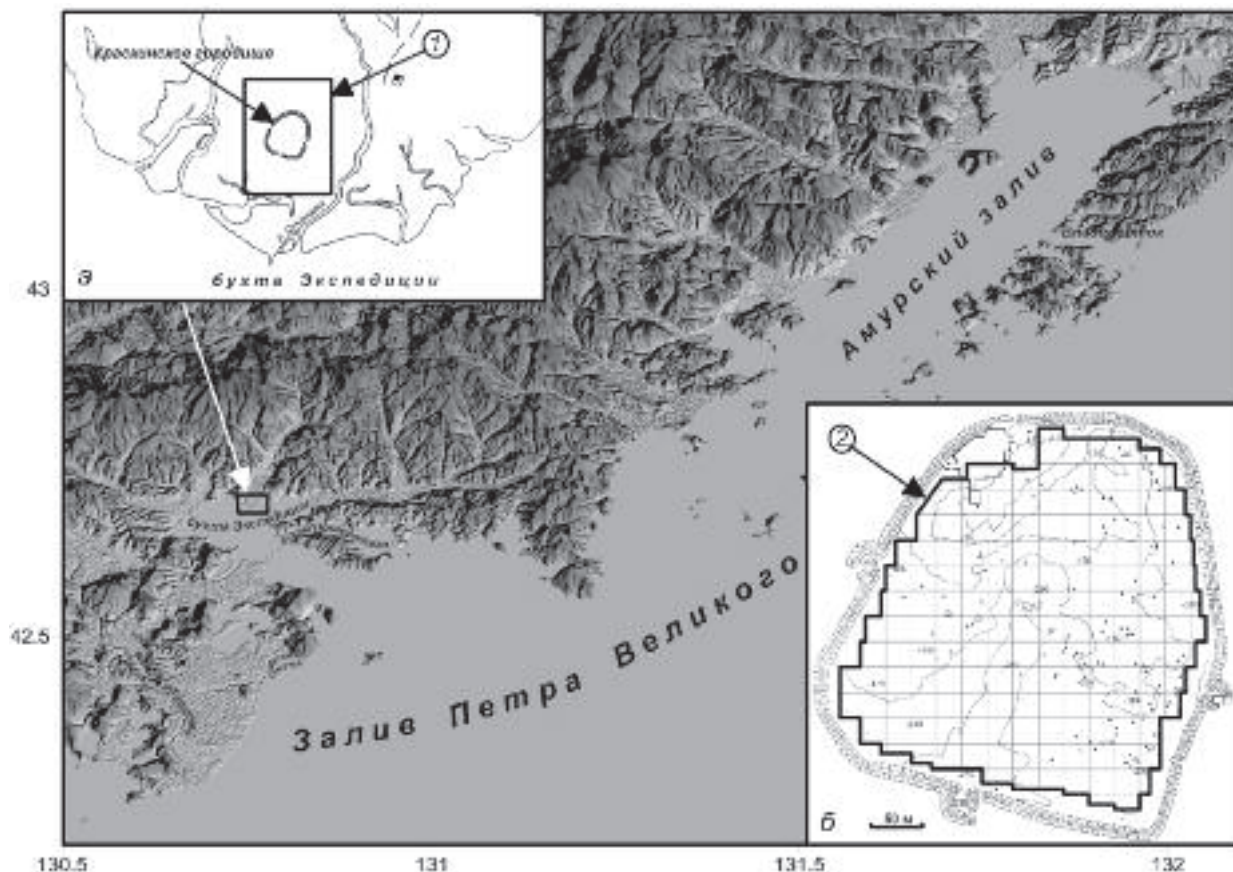
Антропогенный фактор является неотъемлемым элементом эволюции природной, в том числе геологической, среды в местах обитания человека. Свидетельствами антропогенного воздействия на геологическую среду являются археологические памятники. Их изучение в Приморье начато более 130 лет назад. Большая часть обнаруженных археологических памятников расположена по берегам рек или озер, на морском побережье вблизи источников пресной воды.

В позднем голоцене на обширном пространстве Северо-Восточного Китая и Корейского полуострова было образовано государство, получившее название Бохай (698–926 гг.). Во второй половине VIII – начале IX века южная и юго-западная части Приморья оказались в составе этого государства.

Краскинское городище, расположенное в береговой зоне бухты Экспедиции (рис. 1), представляет собой крупнейший на территории Приморского края археологический памятник государства Бохай. Это единственное в Приморье бохайское городище, название которого сохранилось в летописях. Культур-

но-историческое развитие памятника было неразрывно связано с геологическими и климатическими изменениями, происходившими в голоцене и сопровождавшимися значительными колебаниями уровня моря, которые наряду с историческими и политическими событиями серьезно повлияли на эволюцию поселения. В связи с этим, чрезвычайно актуальны исследования, позволяющие провести реконструкцию геологических условий образования культурного слоя, выявить археологические объекты и планировку Краскинского городища.

Изучение культурного слоя Краскинского городища и прилегающей территории раскопками начато в 1980 году. Отсутствие каких-либо следов сооружений на поверхности памятника делает невозможным выявление археологических объектов и планировки городища, реконструкции геологических условий образования культурного слоя без раскопок всей площади, что при учете мощности многослойных культурных отложений и высокого уровня грунтовых вод, потребовало бы десятилетий. К тому же, традиционные археологические исследования раскопками приводят к разрушению памятника в процессе его изуче-



**Рис. 1.** Район экспериментальных работ: *а* – местоположение Краскинского городища, *б* – Краскинское городище.

*1* – участок магнитной съемки М 1:5000, *2* – участок микромагнитной съемки М 1:100 во внутренней части Краскинского городища.

ния. Альтернативой раскопкам всей площади поселения является применение геофизических методов.

Опыт применения геофизических методов для исследования объектов антропогенного происхождения имеет более чем полувековую историю. Наиболее быстродействующим и универсальным методом является магниторазведка [19]. Картирование локальных объектов, отражающихся в микроструктуре магнитного поля, выполняется по методике микромагнитной съемки [15].

Магнитометрические исследования в береговой зоне бухты Экспедиции выполнены в ТОИ ДВО РАН в 2005–2006 гг. для изучения процессов осадкообразования аллювиальных и молодых песчаных морских отложений, определения местоположения антропогенных объектов в культурном слое Краскинского городища. Выделение источников аномального магнитного поля геологического и антропогенного генезиса проведено на основе анализа измерений модуля полного вектора геомагнитного

поля, полученных в результате разномасштабных наземных съемок.

#### ОСОБЕННОСТИ ГОЛОЦЕНОВОГО ОСАДКОАКОПЛЕНИЯ В РАЙОНЕ ИССЛЕДОВАНИЙ

Район исследований расположен на юго-западе Приморского края в приустьевой правобережной части пойменной долины реки Цукановка, впадающей в бухту Экспедиции (рис. 1а). Северное побережье бухты Экспедиции представляет собой аккумулятивную равнину, сформированную в переуглубленной долине прибрежной зоны [10].

Образование верхней части осадочных отложений мощностью 20–48 м произошло в голоцене – одной из крупнейших трансгрессионных эпох в бассейне Японского моря. В процессе аккумуляции в прибрежной зоне возник генетически разнородный комплекс отложений, отвечающий неоднократным гляциоэвстатическим трансгрессиям и регрессиям. Эти

колебания уровня моря происходили на фоне общего слабого по интенсивности тектонического погружения прибрежного блока [8, 9].

Осадки голоцена имеют широкое площадное распространение на морском побережье юго-запада Приморья. Они представлены отложениями морских и лагунных террас (высотой 4–6, 3–4 м) и поверхностей аллювиально-лагунной аккумуляции, современных пляжей и маршей, а также отложениями переуглубленных долин [9, 10]. В современном (голоценовом) звене в соответствии с региональной стратиграфической схемой выделяется южноприморский горизонт, детальное расчленение которого соответствует европейской шкале [22]. Выделенные слои объединены в 3 подгоризонта: нижнеголоценовый (10.2–8.0 тыс. л.н.), среднеголоценовый (8.0–2.2 тыс. л.н.), верхнеголоценовый (моложе 2.2 тыс. л.н.).

Нижнеголоценовые отложения представлены почвой, маршевой фацией, пляжевыми, эстуарно-лагунными, озерными и озерно-болотными слоями [9]. В районе исследований широкое распространение имеют отложения среднеголоценового возраста. Это связано с глубоким (до 3–4 км) проникновением морских вод на побережье в максимальные фазы атлантической трансгрессии [14]. Крупные массивы среднеголоценовой 3–4-метровой лагунной террасы, сформированной в этот период времени, наблюдаются в устье рек Цукановка, Тесная. В составе отложений – пески, часто ожелезненные, супеси, глины, илы, ракушняки, хорошо окатанные галечники. Выше залегают отложения верхнего голоцена. Амплитуда трансгрессивно-регрессивного ритма, зафиксированного в осадках верхнеголоценового возраста, невелика и свидетельствует о незначительной глубине проникновения морских вод на побережье [14]. Широко распространены верхнеголоценовые отложения низкой лагунной террасы и пляжа. Мощности осадков не превышают 3 м. Лагунные отложения представлены песками, супесями, алевритами, суглинками с линзами торфа, пляжевые – песками, гравийниками, галечниками. Отложения этого возраста, представленные разнообразными фациями осадков, обычно залегающих на водорослевых и низинных торфяниках, выделены в разрезе 1.5-метровой лагунной террасы в устье р. Цукановка (радиоуглеродная дата:  $860 \pm 20$  л.н.) [6, 7, 22]. Их формирование в основании разреза соответствует пресноводному водоему, далее открытому заливу (с пониженной соленостью) и эстуарно-лагунной обстановке осадконакопления. Непосредственно в кровле террасы наблюдается пачка пойменных отложений с пресноводными диатомеями. В осадках верхнеголоценово-

го возраста зафиксирован трансгрессивно-регрессивный ритм, соответствующий регрессии, трансгрессии и новой регрессии в конце фазы [9].

Наибольший научный и практический интерес в соответствии с целью исследования представляют отложения культурного слоя Краскинского городища, которое расположено в центре исследуемого участка (рис. 1).

Культурный слой Краскинского городища – специфическое образование, основной особенностью которого является присутствие различных антропогенных включений – остатков человеческого воздействия на геологическую среду. По результатам археологических раскопок известно, что культурный слой формировался на протяжении не менее полутора сотен лет. Он насчитывает более трех строительных горизонтов, его мощность (исследованная раскопками) достигает 1.8–2.3 м [3]. В пределах городища высокий уровень грунтовых вод (1.5 м).

Вмещающие породы в культурном слое Краскинского городища представлены горизонтальным переслаиванием песчаных и песчано-глинистых отложений. В северной части поселения в стенке раскопа в разрезе мощностью 1.5 м сверху вниз выделены:

гумусированный темно-серый песок .....	0.22 м,
песок буровато-рыжий среднезернистый рыхлый .....	0.34 м,
песок темно-бурый разнозернистый глинистый .....	0.08 м,
песок желто-серый среднезернистый плотный .....	0.15 м,
песок темно-бурый мелкозернистый глинистый плотный .....	0.16 м,
песок желто-серый мелкозернистый плотный .....	0.35 м,
песок темно-бурый мелкозернистый глинистый .....	0.20 м.

Мощность песчаных слоев примерно вдвое больше мощности песчано-глинистых отложений и составляет 15–35 см. В составе отложений не обнаружены микрофлора и микрофауна. Вероятнее всего, поступление морских вод в пределы Краскинского городища не происходило. Осадконакопление осуществлялось без перерывов за счет речных наносов [26].

#### НАМАГНИЧЕННОСТЬ ВЕРХНЕЙ ЧАСТИ ОСАДОЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Намагниченность верхней части осадочных отложений зависит от многих факторов и обусловлена, главным образом, минералами, обладающими ферромагнитными свойствами. К таким минералам относятся магнетит и его разновидности (титаномагнетит и пр.), маггемит, гематит и гемойльменит. Интенсив-



ность намагниченности и ее вариации зависят от состава и от концентрации магнитных минералов, их вторичных изменений. Это связано, прежде всего, с многообразием физико-химических воздействий на исследуемую геологическую среду. В рамках проводимого исследования можно выделить три наиболее значимых фактора, повлиявших на формирование и распределение намагниченности в отложениях верхней части разреза:

- механическая дифференциация осадков;
- химические преобразования минералов железа;
- антропогенное воздействие.

### **Механическая дифференциация осадков**

Аккумуляция голоценовых осадочных образований в береговой зоне происходила в условиях широко проявленной абразии и многоактного эрозионного расчленения. Поступление минералов тяжелой фракции в прибрежно-шельфовую зону осуществлялось за счет эрозионно-аккумулятивной деятельности рек. Колебания базиса эрозии повлияли на формирование участков естественного шлихования, где механическая дифференциация осадков осуществлялась в речных и прибрежно-морских условиях. Такие участки маркируются, главным образом, повышенным содержанием тяжелой фракции, в том числе магнитных минералов (магнетита и ильменита и др.) и могут создавать аномалии магнитного поля, сопоставимые по амплитуде с аномалиями антропогенного генезиса [30].

В исследуемом районе возможно образование аномально высоких концентраций тяжелой фракции в результате речной эрозии и переотложения обогащенных осадков морского и аллювиального генезиса при неоднократном перемещении береговой линии [22]. При трансгрессивном режиме верхние части аллювиальных отложений были разрушены, а содержащаяся в них тяжелая фракция переотложена вдоль береговой линии. Смена трансгрессивного режима регрессивным приводила к обратной трансформации – образованию обогащенных тяжелой фракцией аллювиальных отложений за счет перемыва морских. Для прибрежно-морских равнин характерно расположение на разных уровнях обогащенных пропластков морского и речного происхождения [20].

### **Химические преобразования минералов железа**

Магнитные свойства осадочных пород в значительной мере определяются широким распространением в них гидроокислов железа (гетит, гидрогетит, гидрогематит, лепидокрокит и др.). Несмотря на низкие концентрации (менее 1 % от массы), эти минера-

лы чувствительны к геологическим процессам и могут быть преобразованы химическим путем в более магнитные формы [32]. В отдельных случаях такие преобразования связаны с изменениями климата [33]. Химические изменения могут происходить и за счет деятельности железоредуцирующих бактерий. В период увлажнения при участии органического вещества и за счет железоредуцирующих бактерий образуются ионы двухвалентного железа. В период иссушения в нейтральной среде ионы  $Fe^{2+}$  частично абиогенно окисляются и образуется магнетит [29].

### **Антропогенное воздействие на геологическую среду**

Антропогенная деятельность напрямую связана с процессами, приводящими к изменению концентрации магнитных минералов в верхней части осадочных отложений. Классификация результатов воздействия человека на окружающую среду, изменяющих ее магнитные свойства, приведена в ряде работ [18, 28, 32, 34].

Антропогенное изменение магнитных свойств геологической среды на исследуемой территории определяется рядом факторов:

1. Возведение сооружений из несвойственных локальной ситуации блоков горных пород и искусственных материалов.
2. Применение огня для жизнеобеспечения и хозяйственной деятельности. Использование бытовых и хозяйственных печей, изготовление керамики, кровельной черепицы.
3. Накопление органических отложений в зоне обитания человека.
4. Изменения рельефа, связанные с сооружением блиндажей, рытьем окопов и каналов.
5. Накопление изделий из железа.

Первый фактор определяется результатами строительной деятельности. В рельефе Краскинское городище выражено возвышенностью в форме неправильного пятиугольника со скругленными углами. Городище обнесено крепостным валом. Общая длина вала составляет 1.2 км. Конструктивно вал состоит из наружной и внутренней кладки каменных блоков, пространство между которыми было заполнено землей. Наружная кладка имела общую высоту около 2.6 м при толщине 1.4–1.8 м. Внутренняя кладка состоит из 7 ярусов каменных блоков и бордюра внизу и имеет высоту 1.1–1.2 м. [3]. В крепостной стене – трое ворот, защищенных с внешней стороны дугообразными валами. Они обращены на восток, запад и юг.

При сооружении вала, фундаментов жилых, культовых и хозяйственных построек были исполь-

зованы обломки горных пород различного состава, кровельная черепица, имеющие различные магнитные свойства. Только в отдельных случаях, например, при сооружении культовых построек и фрагментов вала использованы обломки горных пород одной разновидности.

С целью оценки возможности выделения и локализации археологических объектов на фоне вмещающих пород с помощью магнитометрии определена статистическая мера содержания ферромагнитных минералов титаномагнетитового ряда составных частей культурного слоя, для чего проведены подробные исследования магнитной восприимчивости ( $\alpha$ ) вмещающих пород, материалов фундаментов построек, и кровельной черепицы.

Вмещающие породы в культурном слое Краскинского городища представляют собой слабомагнитные рыхлые песчаные, песчано-глинистые отложения верхнеголоценового возраста. Магнитная восприимчивость материалов фундаментов зданий, оград и других сооружений, сложенных обломками горных пород различного состава, осколками кровельной черепицы, меняется в очень широких пределах (табл.).

Распределение магнитной восприимчивости каменного материала фундаментов бимодальное. Обломки горных пород по магнитной восприимчивости можно разделить на две группы. Невысокими значениями магнитной восприимчивости ( $10^{-3}$  ед.СИ) характеризуются обломки кварцитов (0.12–2.2), риолитов (0.005–5.9), гранитов (0.034–3.9), хотя диапазон значений достаточно велик. Наиболее магнитны туфоалевролиты (8–14), гранодиориты (0.025–21), андезиты (2.2–19), андезитовые порфириды (0.23–23), габбро (0.26–28). Магнитная восприимчивость обломков кровельной черепицы также меняется в достаточно широких пределах (0.315–9.49), причем, минимальными значениями характеризуются светло-се-

рые разности, максимальными - обломки охристого цвета, что связано с минеральным составом исходной глины.

Проведенные исследования показали, что пески, слагающие верхнюю часть геологического разреза, однородны по магнитным свойствам. В то же время, археологические объекты состоят из материалов, значительно отличающихся по магнитным свойствам от вмещающих пород.

Расчеты аномальных эффектов, создаваемых антропогенными объектами, проведены на основании имеющейся информации о размерах, глубине залегания и магнитных характеристиках элементов строительных конструкций и вмещающих пород в двумерном варианте. Модельные разрезы аппроксимированы набором элементарных тел в виде многоугольных призм с постоянной намагниченностью.

Вычисления выполнены на основе расчета производных потенциала намагниченного тела, занимающего объем  $V$ , при постоянной намагниченности:

$$U = J \int_V \left( \frac{\cos \theta}{r^2} \right) dV,$$

где  $r$  – расстояние от центра тела до точки, где определяется потенциал,  $\theta$  – угол между направлением  $r$  и вектором намагниченности  $J$ .

В общем виде приращение модуля полного вектора напряженности магнитного поля  $T_a$  вычислялось как разность между реально существующим значением поля  $T$  и его теоретически ожидаемым значением  $T_0$  в данной точке:

$$T_a = \sqrt{(Z_0 - Z_a)^2 + (Y_0 - Y_a)^2 + (X_0 - X_a)^2} - T_0,$$

где составляющие напряженности магнитного поля – частные производные магнитного потенциала по соответствующим направлениям, взятые с обратным знаком:

$$X = -\frac{\partial U}{\partial x}, \quad Y = -\frac{\partial U}{\partial y}, \quad Z = -\frac{\partial U}{\partial z}.$$

Размеры модельных тел определены в соответствии с априорной информацией о средних размерах элементов строительных конструкций, исследованных археологическими раскопками антропогенных объектов, и составляют  $0.4 \times 0.4$  м. При расчетах использованы значения только индуцированной намагниченности. Остаточная намагниченность не учитывалась, поскольку для большинства интрузивных и вулканогенно-осадочных пород исследуемого района фактор  $Q$  не превышает значений 1.34 [21]. На рис. 2 представлены результаты вычислений аномальных эффектов при различных соотношениях намагни-

**Таблица. Статистические характеристики магнитной восприимчивости ( $\alpha$ ) вмещающих пород культурного слоя и археологических объектов.**

№	Наименование объекта	Количество измерений	Пределы изменения $\alpha \cdot 10^{-3}$ ед. СИ	Среднее значение $\alpha \cdot 10^{-3}$ ед. СИ
1	Вмещающие породы (песок)	500	0.301–2.11	1.1
2	Черепица	382	0.315–9.49	5.67
3	Обломки горных пород различного состава	654	0.005–28	5.13

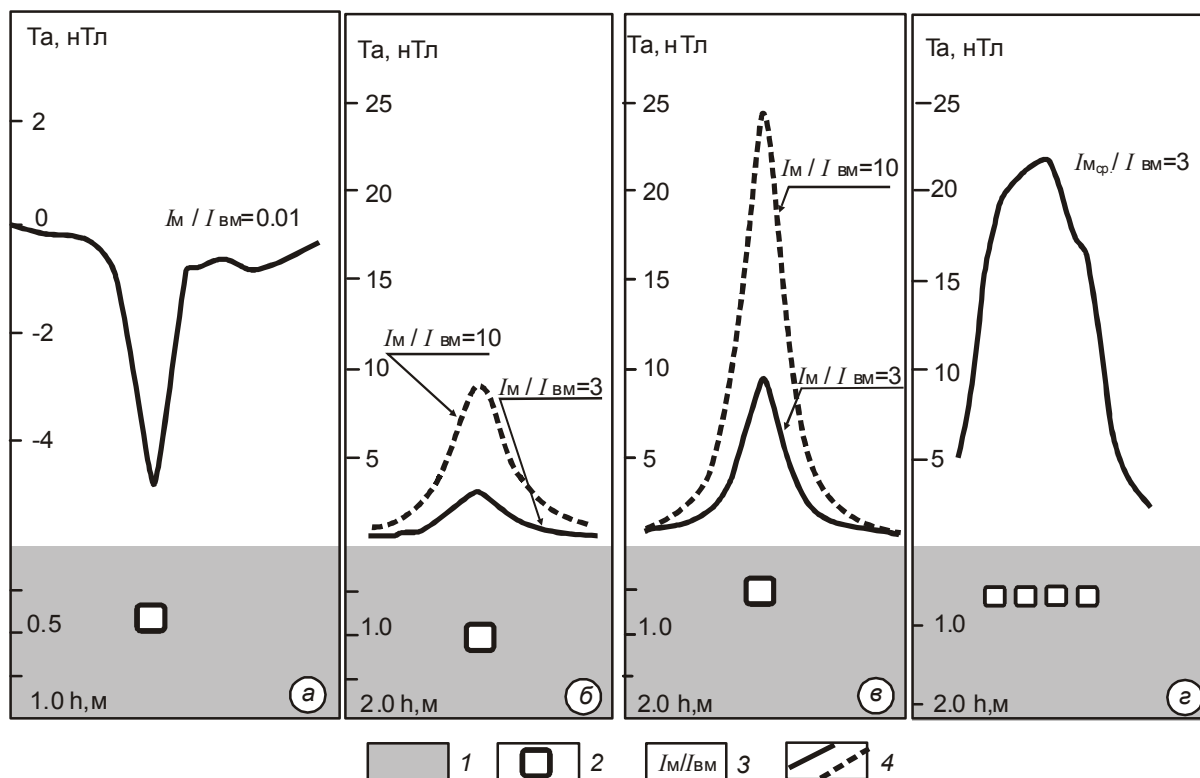


Рис. 2. Двумерные модели локальных аномалий магнитного поля антропогенного генезиса.

1 – вмещающие породы, 2 – модельные тела, 3 – соотношение намагниченности модельных тел и вмещающей среды, 4 – приращение модуля полного вектора напряженности магнитного поля.

ченности вмещающих пород и модельных тел. Аномальный эффект от модельного объекта, характеризующегося намагниченностью на два порядка ниже, чем намагниченность вмещающих пород, составляет 5 нТл. Аномалия имеет отрицательный знак (рис. 2а). Рис. 2б и рис. 2в иллюстрируют изменение аномального эффекта от тел с намагниченностью, в 3–10 раз превышающей намагниченность вмещающих пород. Неглубоко (до 0.5 м) залегающие объекты создают локальные аномалии от 8 до 24 нТл. Увеличение расстояния до верхней кромки аномалообразующего объекта до 1 м приводит к снижению аномального эффекта до диапазона 2.5–9 нТл. На рис. 2г показаны результаты вычислений аномального эффекта от четырех модельных тел со средними значениями намагниченности, превышающими намагниченность вмещающих пород культурного слоя в 3–4 раза. При глубине до верхней кромки модельных объектов 0.5 м аномальный эффект составляет более 15 нТл.

Использование бытовых и хозяйственных печей сопровождалось обжигом глины, которую использовали в качестве цементирующего материала в подобных конструкциях. Среднее статистическое значение намагниченности обожженных глин, отобранных из

гончарных печей, составляет, согласно данным, приведенным в работе [5],  $(3100 \pm 750) \cdot 10^{-3}$  А/м.

Термоустойчивая намагниченность обожженных глин определяется тем, что магнитными минералами в глинах являются оксиды и гидроксиды железа. Наиболее грубые сорта глины содержат несколько процентов окиси железа. В красной глине, использованной для обмазки очагов и хозяйственных печей, окись железа содержится в основном в виде гематита ( $\alpha - \text{Fe}_2\text{O}_3$ ), который является слабым ферромагнетиком. На северном побережье бухты Экспедиции известны месторождения кирпичной, черепичной и гончарной глин [22]. Краскинское месторождение легкоплавких глин – залежь суглинков (750×100–300 м) мощностью 5.1 м приурочена к первой надпойменной террасе р. Цукановка. Полиминеральные суглинки состоят из гидрослюд (40–50 %) и содержат в среднем 7.08 % гематита.

Под воздействием высоких температур в восстановительной среде (обжиг без доступа воздуха) величина магнитной восприимчивости глин многократно возрастает. Причина в том, что при нагреве до 200 °С и выше происходит дегидратация и дегидроксенизация слабомангнитных соединений железа, а за-

тем, при температурах 400°–500°С, их восстановление в сильномагнитный магнетит. Дальнейшее прокаливание в окислительной среде (обжиг на воздухе) может привести к снижению  $\chi$  из-за преобразования магнетита в гематит [25, 28]. После прогрева глины выше температуры 500 °С при ограниченном доступе воздуха парамагнитные соединения железа переходят в магнетит или в металлическое железо. Это сопровождается резким возрастанием магнитной восприимчивости. При температуре выше 900 градусов происходит осаждение оксидов железа и частичное восстановление металлического железа [18]. Вектор термоостаточной намагниченности обожженной глины во время остывания после последнего обжига сохраняет направление существовавшего на тот момент геомагнитного поля.

Магнитная восприимчивость глиняной обкладки бытовых очагов в жилищах, исследованных раскопками в северо-западной части Краскинского городища, изменяется в пределах  $(1.44\text{--}2.4)\cdot 10^{-3}$  ед.Си. Исходя из известных данных о том, что фактор  $Q = Irt/I_i$  ( $Irt$  – термоостаточная намагниченность,  $I_i = \chi \cdot T$  – индуцированная намагниченность) обожженных глин может достигать очень высоких значений, вплоть до  $Q=30$  [12], рассчитана величина остаточной намагниченности обожженных глин. Для бытовых очагов Краскинского городища она составляет  $(1825\text{--}3549)\cdot 10^{-3}$  А/м.

Локальные аномалии магнитного поля, создаваемые археологическими объектами из обожженной глины, подробно рассмотрены в работах К.К. Шилика [23, 24], Т.Н. Смекаловой [18] и других. При горизонтальных размерах очагов примерно  $0.5 \times 0.5$  м и уровне съемки 0.5 м очаг может быть аппроксимирован однородно намагниченной сферой. Аномалия магнитного поля такого диполя формируется за счет современного и древнего геомагнитного поля. Северная часть аномалии характеризуется отрицательными значениями, максимум находится на юге.

Накопление органических отложений в хозяйственных и мусорных ямах напрямую связано с образованием биогенного магнетита. При гниении органических остатков соединения железа способны переходить из парамагнитного состояния в ферромагнитное. Магнитная восприимчивость отложений при таком переходе увеличивается в 7 раз (от  $10$  до  $70\cdot 10^{-5}$  ед. Си) [32]. Однако количества органических остатков из хозяйственных и мусорных ям недостаточно, чтобы индуцировать локальные аномалии магнитного поля более 2 нТл. С учетом возможной глубины залегания аномалообразующих объектов, аппаратурных возможностей и точности выполнен-

ной съемки, локализовать биогенные источники аномального магнитного поля не представляется возможным.

Антропогенное воздействие на почву и внутренний рельеф Краскинского городища произошло в XIX веке, когда корейские крестьяне построили здесь усадьбу и большую часть площади памятника разработали под поле, вырыли водосточные каналы. Позже в 40–50 годах XX века в районе Краскинского городища проводили военные учения, сопровождавшиеся рытьем окопов, сооружением землянок и блиндажей, остатки которых отражены в микрорельефе. Все это привело к созданию резких вертикальных границ поверхности с уклоном более 30°, которые отражаются в аномальном магнитном поле высокоградиентными изменениями. При высоте уступа 1 м и высоте магниточувствительного преобразователя 0.5 м над поверхностью градиент аномального магнитного поля превышает 20 нТл/м [15]. Перемешивание материалов нижней и верхней части разреза с различными магнитными свойствами в результате перекапывания грунта изменяет магнитные свойства среды. На таких участках возникают предпосылки выделения локальных аномалий.

Изделия из железа (детали сельскохозяйственной техники, предметы быта, куски колючей проволоки, фрагменты военной техники, оружия) характеризуются намагниченностью 100 А/м и более. Локальные аномалии магнитного поля, создаваемые железными объектами весом до 3 кг, которые были извлечены из культурного слоя Краскинского городища в процессе археологических раскопок, имеют амплитуды до 150 нТл. Градиент аномального магнитного поля 50 нТл/м. Аномалии магнитного поля объектов из железа представляют собой диполи, ориентированные в соответствии с собственным направлением остаточной намагниченности.

#### МЕТОДИКА МАГНИТНЫХ СЪЕМОК

Изучение верхней части разреза в береговой зоне бухты Экспедиции выполнено на основе разномасштабных наземных магнитных съемок. Измерения значений модуля полного вектора геомагнитного поля  $T$  выполнены с использованием протонных магнитометров ММП-203, ММП-203МС.

#### Магнитная съемка масштаба 1:5000

В качестве рекогносцировки выполнена магнитная съемка масштаба 1:5000. Участок, на котором велась съемка, расположен в прибрежной части бухты Экспедиции (рис. 1), ограничен с юга и северо-запада ингрессионным заливом, с востока - берегом реки Цукановка. Размеры участка с севера на юг – 1160 м,



с востока на запад – 800 м. Измерения выполнены по регулярной сети с расстояниями между профилями 50 м и шагом по профилю 25 м при высоте магниточувствительного преобразователя над поверхностью наблюдений 1.8 м. Для топографической привязки точек наблюдения использован GPS-приемник. Повышение точности наблюдений достигнуто путем синхронной регистрации вариаций геомагнитного поля на контрольном пункте (КП). В качестве магнитовариационной станции использован магнитометр ММП-203МС. Среднеквадратическая погрешность съемки, оцененная на основании 10 % двойных равноточных наблюдений, составила 2.4 нТл.

### Микромагнитная съемка внутренней части Краскинского городища

Микромагнитная съемка всей территории Краскинского городища выполнена на площади 98482 м<sup>2</sup> с топографической привязкой в относительной системе координат. Площадная микромагнитная съемка выполнялась дискретно на полигонах размерами 25×25 м (рис. 1). Общее число полигонов – 161. На каждом полигоне магнитометрические наблюдения выполнялись по квадратной сети 1×1 м, при высоте магниточувствительного преобразователя над поверхностью 0.5 м. Все измерения выполнены одним магнитометром ММП-203МС. Вариации геомагнитного поля учтены по контрольным измерениям в конце каждого профиля. Общий контроль измерений и уравнивание полигонов осуществлялись по взаимно перекрывающимся точкам наблюдений. Среднеквадратическая погрешность съемки, вычисленная по 16 % равноточных наблюдений, составила 0.98 нТл.

### АНОМАЛЬНОЕ МАГНИТНОЕ ПОЛЕ БЕРЕГОВОЙ ЗОНЫ БУХТЫ ЭКСПЕДИЦИИ

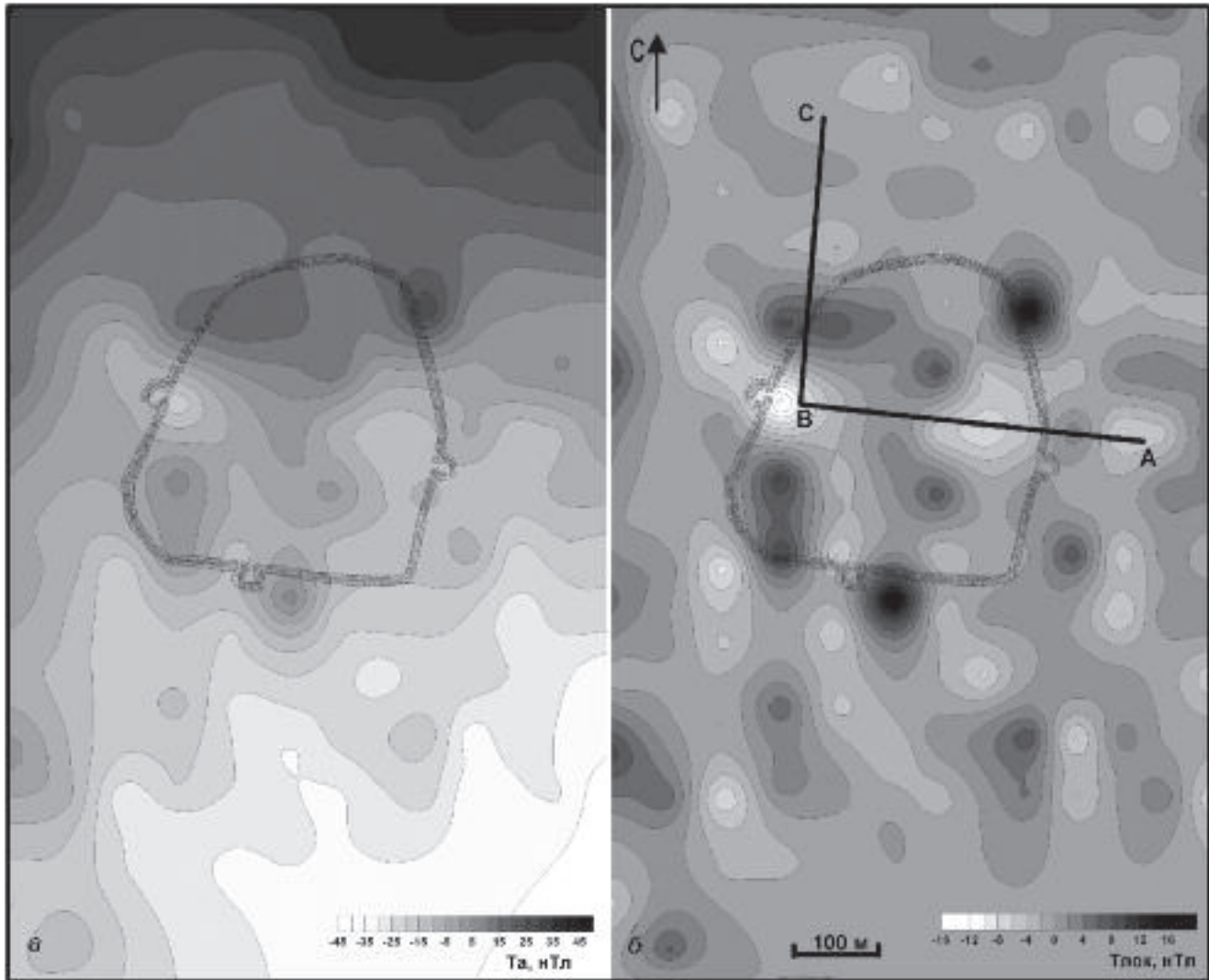
Карта аномального магнитного поля ( $T_a$ ) прибрежной части бухты Экспедиции составлена по результатам наземной съемки М 1:5000, с сечением изодинам 5 нТл, то есть, вдвое превышающим среднеквадратическую погрешность съемки. Аномальное магнитное поле (АМП) низкоградиентное, характеризуется отрицательными значениями от – 305 нТл до – 240 нТл. При построении карты (рис. 3а) за условный нулевой уровень принято среднее значение аномального магнитного поля в узлах сети – 282 нТл.

Амплитуда поля постепенно увеличивается в северном направлении. Общий характер изменения АМП исследуемого участка соответствует территории депрессии, перекрытой значительными по мощности слабомагнитными осадочными породами. В северной части АМП не осложнено локальными аномалиями. Локальные аномалии изометричной формы

сосредоточены в центральной части и на юге исследуемой территории. Амплитуды положительных локальных аномалий составляют 9–19 нТл. Горизонтальные размеры составляют 100–200 м. Ориентация цепочек таких аномалий в южной части – субмеридиональная, в северной – субширотная. Высокая плотность локальных аномалий отмечается в районе Краскинского городища, хотя в целом этот объект не выражен в магнитном поле единой аномалией. Наибольший интерес представляют локальные аномалии субширотного простирания размерами 200×70 метров, амплитудой 12–19 нТл в северо-восточной части городища, и субмеридиональная положительная аномалия с амплитудой до 15 нТл, размерами 300×70 м в его центральной части. Количественно эти аномалии проинтерпретированы на основе двумерного моделирования. Для устранения фонового возрастания поля в северном направлении составлена разностная карта локальных аномалий  $T_{\text{лок}}$  (рис. 3б). Региональный тренд  $T_{\text{рег}}$  выделен и удален с помощью низкочастотного фильтра Гаусса, подавляющего локальные аномалии и помехи:  $T_{\text{лок}} = T_a - T_{\text{рег}}$ . Г-образный модельный разрез по линиям АБ и ВС в центральной части исследуемого района (рис. 3б) аппроксимирован однородно намагниченной средой ( $I=21.25 \cdot 10^{-3}$  А/м) с включениями изолированных линзовидных тел, расположенных на глубинах 0–4 м (рис. 4). Поперечные размеры тел составляют 30–80 м, мощность – 3–4 м. Рассчитанная намагниченность модельных тел на северо-западе исследуемого участка (профиль ВС) в 7–8 раз превышает намагниченность вмещающих пород, в центральной части полигона (профиль АВ) в 1.7–3 раза (рис. 4). Результаты моделирования убедительно показывают, что локальные аномалии магнитного поля обусловлены подповерхностными линзовидными образованиями, характеризующимися аномально высокими для исследуемого района значениями намагниченности.

Выявленные вариации намагниченности определяются особенностями распределения концентрации магнитных минералов в осадочных отложениях, которые, скорее всего, связаны с химическими преобразованиями минералов железа и механической дифференциацией осадков. При этом последний фактор должен преобладать в связи с тем, что аккумуляция голоценовых осадочных образований в береговой зоне происходила в условиях высокой аллювиально-лагунной динамики. На западе исследуемого района магнетит в небольших количествах содержится в зонах скарированных пород. В прибрежно-шельфовой полосе юго-западного Приморья, примыкающей к району исследований, известны россыпи титаномагнетита на участках от устья р. Туманной до





**Рис. 3.** Результаты наземной магнитной съемки М 1:5000 в прибрежной зоне бухты Экспедиции.

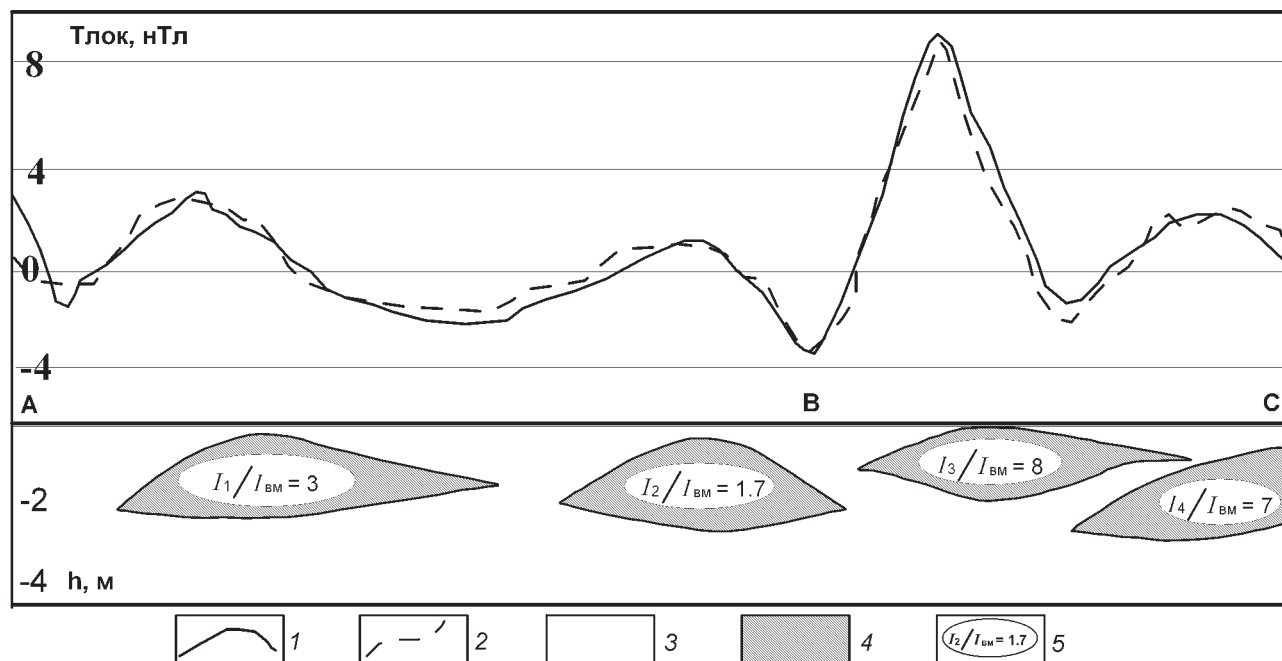
*a* – аномальное магнитное поле ( $T_a$ ), *б* – карта локальных составляющих аномального магнитного поля ( $T_{лок}$ ). АВС – положение в плане линии разреза, представленного на рис. 4.

бухты Сивучья и в бухте Новгородской. Процесс формирования россыпей в прибрежной зоне продолжается в настоящее время на пляжах полного профиля [20].

#### ВЫДЕЛЕНИЕ АНТРОПОГЕННЫХ ОБЪЕКТОВ В КУЛЬТУРНОМ СЛОЕ КРАСКИНСКОГО ГОРОДИЩА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МИКРОМАГНИТНОГО КАРТИРОВАНИЯ

Восстановление архитектурной планировки и определение расположения наиболее информативных объектов, необходимых для понимания культурно-исторического развития памятника, выполнено на основе микромагнитной съемки внутренней территории Краскинского городища М 1:100.

Аномальное магнитное поле, полученное в результате проведенных детальных исследований, определяется неглубоко залегающими аномалообразующими источниками геологического и антропогенного генезиса. Научный и практический интерес в данном случае представляют аномалии разных уровней, выделение которых из суммарного аномального поля носит условный характер. На исследуемой территории “региональной” составляющей локальных аномалий является аномальное магнитное поле первого уровня, определяемое источниками геологического генезиса –  $T_r$ . Антропогенные объекты являются источниками локального аномального магнитного поля второго уровня  $T_a$ . Таким образом, аномальное



**Рис. 4.** Двумерная модель распределения намагниченности верхней части осадочных отложений прибрежной зоны бухты Экспедиции.

1 – результаты измерений, 2 – подобранное поле, 3 – вмещающие породы, 4 – модельные тела, 5 – соотношения намагниченности модельных тел и вмещающей среды.

магнитное поле можно представить в виде суммы  $T_a = T_r + T_a$ .

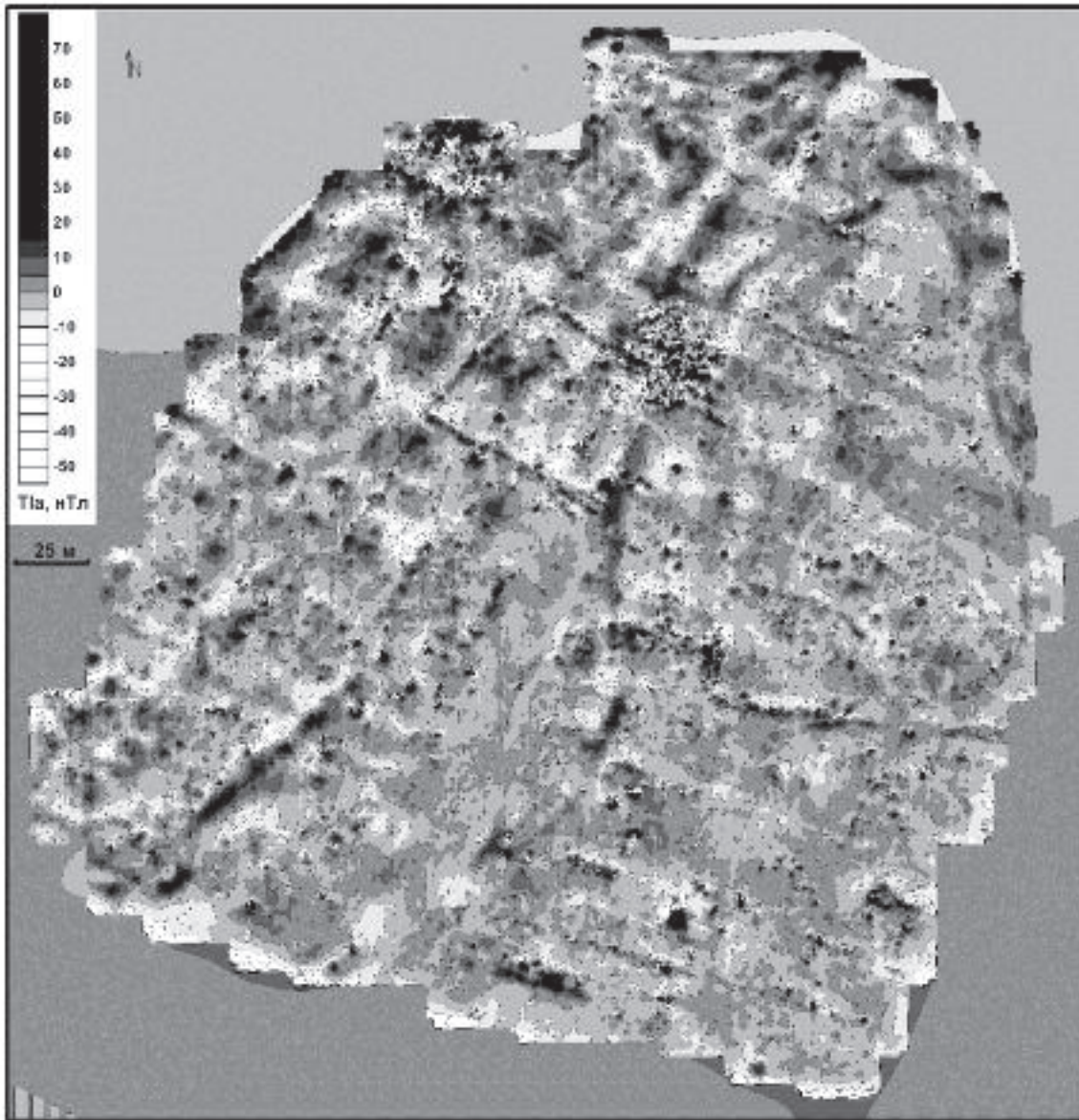
В основу разделения аномалий положено представление о том, что аномалообразующие объекты различного генезиса имеют несопоставимые размеры и различную глубину залегания. Локализация аномалообразующих объектов по глубине и разделение геологических и антропогенных источников аномального магнитного поля выполнены на основании пересчетов аномального магнитного поля на разные уровни внешнего полупространства (2-3-5-10 м над поверхностью) [2]. Вычисления проведены на основе формул продолжения потенциальных полей методом теории функций комплексного переменного [1].

Анализ результатов трансформаций аномального магнитного поля показал, что источники локальных аномалий расположены в культурном слое и имеют антропогенное происхождение [2, 26]. Мощность культурного слоя оценена на основании расчетных данных и априорной информации о высоте крепостного вала городища. В южной части археологического памятника она составляет примерно 2 метра, на севере увеличивается до 3.5 метров. Карта локальных составляющих аномального магнитного поля ( $T_r$ ), составленная по разнице аномального магнитного поля ( $T_a$ ) и результатов пересчета на высоту

3 метра ( $T_3$ ):  $T_r = T_a - T_3$  отражает расположение антропогенных объектов в культурном слое Краскинского городища (рис. 5). Практически на всей территории прослеживаются характерные диагонально ориентированные группы локальных изометричных аномалий магнитного поля, отражающих расположение кварталов и отдельных построек. Во внутренних частях кварталов упорядоченно расположены локальные аномалии в форме диполей, источниками которых являются бытовые очаги, в отдельных случаях железные объекты. Глубины до верхних кромок аномалообразующих объектов составляют 0.3–1.2 м.

В центре и на западе городища выделены высокоградиентные цепочки положительных аномалий магнитного поля, отражающие влияние антропогенного воздействия XVIII–XX веков. Глубины до верхних кромок аномалообразующих тел не превышают 0.2 м, в отдельных случаях эти объекты выражены на поверхности скоплениями обломков горных пород. При восстановлении архитектурного плана средневекового поселения такие аномалии были исключены из рассмотрения.

В целом, карта локальных аномалий магнитного поля (рис. 5) отражает архитектурную планировку городища, в которой прямоугольные кварталы застройки соответствуют современным представлениям о



**Рис. 5.** Карта локальных составляющих аномального магнитного поля  $T_{1a}$ , М 1:100, составленная по результатам микромагнитной съемки внутренней части Краскинского городища.

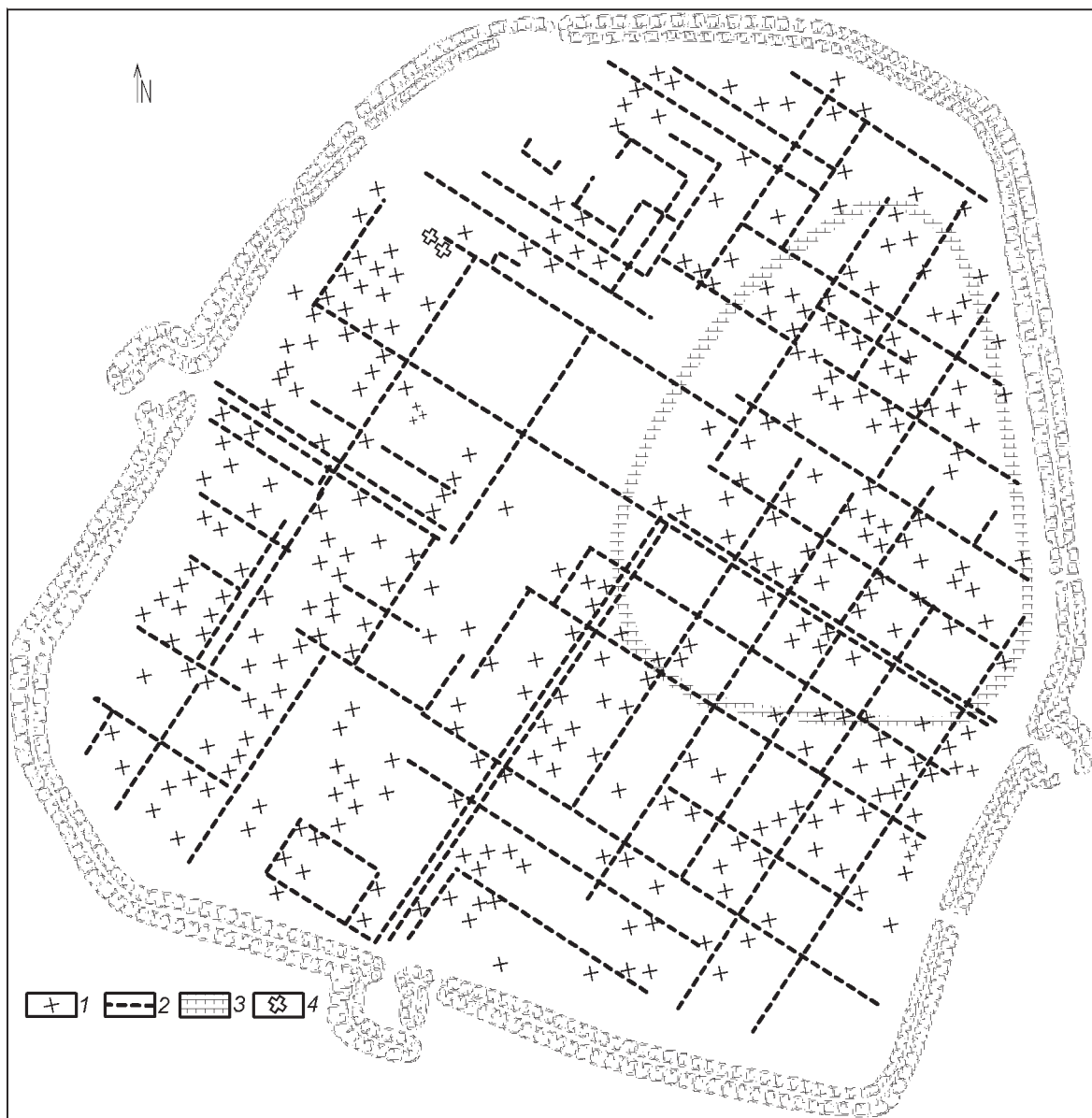
планировке средневековых городов на востоке Азии, в частности, в танском Китае VII – начала X вв.

Кроме того, в северо-восточной части археологического памятника выделены положительные аномалии, отражающие влияние объектов, не вписывающихся в общую планировку верхних строительных горизонтов. В частности, уходящая от восточных ворот внутрь городища секущая субширотная полоса положительных аномалий от конструкции длиной свыше 100 м и шириной около 3 м (рис. 5). Данная аномалия ориентирована по линии восток – запад, то есть она не параллельна планировке кварталов городища. С другой стороны, эта полоса замыкает с юга контур овала, образуемого городской стеной на восто-

ке – северо-востоке и сгруппированными в дугу положительными аномалиями на западе – северо-западе. Ширина положительных аномалий изменяется от 4-х до 10 м. Глубины до верхней кромки аномалообразующих объектов составляют около двух метров.

Предполагается наличие на глубине около двух метров каменного вала, ограничивающего меньшее по площади поселение в северо-восточной части городища (рис. 6). Такое поселение, скорее всего, относится к самому раннему этапу существования городища. Его изучение, возможно, поможет выйти на решение проблемы добохайской истории этого района – в частности, его связи с предшествовавшим Бохаю государством Когуре (I в. до н.э.–668 г.).





**Рис. 6.** Реконструкция архитектурного плана Краскинского городища по результатам микромагнитной съемки.

Предполагаемые: 1 – жилища, 2 – границы кварталов и улицы, 3 – крепостной вал более древнего поселения. 4 – жилища, выделенные по результатам микромагнитной съемки и завершенные раскопками.

По данным микромагнитного картирования Краскинского городища выявлена неразличимая как-либо визуально внутренняя топография культурного слоя археологического памятника (рис. 6). Информация о структуре культурного слоя, полученная на основе микромагнитного картирования, позволила не только провести предварительную интерпретацию археологического памятника, но и выделить на его территории объекты, раскопки которых могут изменить представление об эволюции поселения.

#### УСЛОВИЯ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ ОТЛОЖЕНИЙ КУЛЬТУРНОГО СЛОЯ КРАСКИНСКОГО ГОРОДИЩА

По результатам анализа аномального магнитного поля исследуемой территории выявлены вариации намагниченности верхней части отложений, которые определяются особенностями распределения концентрации магнитных минералов. Участки повышенного количественного содержания магнитных минералов в осадочных породах выражены в аномальном магнитном поле положительными аномалиями. Это подтверждается результатами двумерного моделиро-



вания. Положительные аномалии субширотного простирания на севере и субмеридионального – в центре Краскинского городища аппроксимированы подповерхностными лентовидными объектами мощностью 2–4 метра (рис. 3, 4). Горизонтальные размеры аномалообразующих объектов в северной части городища составляют 200×30 метров, в южной – 100×30 м. Намагниченность лентовидных тел определяется высокой концентрацией магнитных минералов. Количественно она в 6 и 3.5 раза превышает намагниченность осадочных пород верхней части разреза. Выявленные вариации намагниченности отражают результаты механической дифференциации осадков в струях течения.

Интенсивность седиментации, горизонтальная слоистость и состав отложений культурного слоя Краскинского городища, отсутствие микрофлоры и микрофауны свидетельствуют о переносе осадочного материала высокоскоростным, скорее всего пресноводным потоком [4, 11]. При скорости течения паводковых вод 40–50 см/с потоком во взвешенном состоянии может переноситься песок [16]. Горизонтально слоистые осадки указывают на последовательность паводковых отложений пойменных возвышенностей: песчаные отложения образовались в начале спада паводковых вод, песчано-глинистые частицы откладывались при дальнейшем снижении скорости потока. В разрезе отсутствуют глинистые слои. Это, вероятно, связано со снижением уровня паводковых вод ниже высоты крепостного вала. В течение паводка накапливалось от 20 до 50 см песчаных и песчано-глинистых осадков, что соответствует скорости осадконакопления, установленной Д.Кангом и Р.Уокером [27] для одного паводка. В нижней части разреза зафиксирован слой песчано-глинистых отложений. Выше выделены две паводковые последовательности, соответствующие этапам отложения песчаных и песчано-глинистых осадков. В верхней части разреза 30-сантиметровый слой среднезернистых песков перекрыт гумусированным песком мощностью 22 см. Вероятно, песчано-глинистые отложения последних паводков не были сформированы в связи с недостаточной высотой уровня паводковых вод или имели небольшую мощность и позже были эродированы. Таким образом, в верхней части культурного слоя зафиксированы последовательности отложений, соответствующие пяти катастрофическим паводкам. Это согласуется с наличием нескольких строительных горизонтов в рассматриваемой части культурного слоя. О кратковременном (паводковом) характере осадконакопления свидетельствует также удовлетворительная сохранность крепостного вала и строительных конструкций, исследованных раскопками в северо-западной части городища.

По результатам радиоуглеродного анализа древесных углей из буддийского храмового комплекса, исследованного на одном уровне с описанным разрезом [14], осадконакопление по времени совпадает с позднеголоценовой трансгрессией ( $C^{14}$ - дата: (960–860) ± 20 л.н.) [7, 22]. По мнению А.М. Короткого, в максимальную фазу трансгрессии уровень моря на метр превышал современный, скорость подъема достигала 3 мм в год [8]. И. Коизуми соотносит этот период с позднеголоценовой фазой потепления, соответствующей усилению притока теплого Цусимского течения в Японское море [31]. В работе Ю.А. Микушина и др. [14] показано, что 1000–1300 л.н. на побережье залива Петра Великого климат был более влажным и теплым, чем сейчас. Позднеголоценовое повышение уровня моря сопровождалось резким увеличением паводков. Значительное повышение объема речного стока [17] привело к увеличению количества влекомых наносов.

В устье р. Цукановка осадконакопление 1.5-метровой позднеголоценовой террасы происходило в условиях мелкой опресненной лагуны [6, 7]. Краскинское городище оказалось в заливаемой пойме р. Цукановка в непосредственной близости от берега моря и являлось искусственной возвышенностью, на которой откладывались песчано-глинистые осадки [13], переносимые паводковыми водами. Последующее снижение уровня моря до современной отметки сопровождалось развитием эрозионных процессов в пойме р. Цукановка, которые привели к выравниванию рельефа за пределами крепостной стены. В то же время крепостной вал явился искусственным барьером, предотвратившим размыв и снос паводковых отложений во внутренней части городища.

В период активного осадконакопления поступление осадочного материала осуществлялось с севера. Сток осуществлялся в центре городища, где так же, как и в северной части, происходило естественное шлихование ферромагнитных минералов в струях течения. Повышенные концентрации магнитной фракции осадка являются источниками положительных аномалий магнитного поля в северной и центральной частях Краскинского городища (рис. 3а). Городской вал, элементы архитектурной планировки поселения служили искусственными барьерами и задерживали перенос взвешенных частиц водными массами, создавая определенные условия для формирования положительных превышений рельефа в северной и центральной частях. Искусственные преграды (элементы застройки) препятствовали сносу осадочного материала в направлении общего понижения рельефа.

### ВЫВОДЫ

Интегрированный анализ многопараметровой и разнородной информации, включающей результаты магнитометрических исследований, позволил восстановить особенности осадконакопления в береговой зоне бухты Экспедиции на последнем этапе развития геологической среды.

Антропогенные изменения геологической среды отражены в микроструктуре аномального магнитного поля. По результатам микромагнитной съемки впервые на юге Дальнего Востока России восстановлена внутренняя топография средневекового равнинного городища, определено местоположение наиболее информативных объектов, необходимых для понимания культурно-исторического развития археологического памятника.

Антропогенное воздействие на геологическую среду определило не только локальные изменения магнитных свойств современных геологических отложений, но и повлияло на условия осадконакопления. Результаты анализа аномального магнитного поля на основе имеющейся информации о развитии геологической среды исследуемого района в позднем голоцене свидетельствуют о полигенетическом характере аккумуляции осадочного материала в культурном слое Краскинского городища. Крепостной вал и архитектурные элементы внутренней застройки поселения явились своеобразными ловушками для взвешенных наносов паводковых вод. Они создали условия для сортировки осадков и предотвратили эрозию верхней части современных геологических отложений во внутренней части археологического памятника.

Реконструкция характера аккумуляции осадков свидетельствует о значительном влиянии природных процессов на эволюцию Краскинского городища в X веке. Катастрофические паводки, вероятно, были одной из наиболее значимых причин прекращения существования поселения в это время.

Работа выполнена при финансовой поддержке ДВО РАН, проект 05-III-A-11-046.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баранов В. Потенциальные поля и их трансформации в прикладной геофизике. М.: Недра, 1990. 151 с.
2. Бессонова Е.А., Колпащикова Т.Н. Результаты применения трансформаций аномального магнитного поля для решения археологических задач // Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей: Материалы 34-й сессии международного семинара им. Д.Г. Успенского. М.: ИФЗ РАН, 2007. С. 33–35.
3. Болдин В.И., Гельман Е.И., Ивлиев А.Л., Никитин Ю.Г. “Интеграция” на Краскинском городище 4 года исследований // Вестн. ДВО РАН. 2001. № 3. С. 74–90.
4. Градзинский Р., Костецкая А., Радомский А., Унруг Р. Седиментология. М.: Недра, 1980. 640 с.
5. Дудкин В.П., Кошелев И.Н. Магнитные свойства археологических объектов // Восточноевропейский Археологический журн. 1999. № 1. С. 19–27.
6. Короткий А.М. Следы позднечетвертичных трансгрессий в рельефе береговой зоны Приморья // Рельеф и рыхлые отложения Приморья и Приамурья. Владивосток: Изд-во ДВНЦ АН СССР, 1976. С. 63–75.
7. Короткий А.М., Бровка П.Ф., Задкова И.И. и др. Последние этапы голоценовой трансгрессии в бассейнах Японского и Охотского морей // Позднечетвертичная история и седиментогенез окраинных и внутренних морей. М.: Наука, 1979. С. 155–163.
8. Короткий А.М., Караулова Л.П., Троицкая Т.С. Четвертичные отложения Приморья: стратиграфия и палеогеография. Новосибирск: Наука, 1980. 234 с.
9. Короткий А.М., Плетнев В.С., Пушкарь В.С. и др. Развитие природной среды Дальнего Востока (поздний плейстоцен-голоцен). М.: Наука, 1988. 240 с.
10. Короткий А.М., Худяков Г.И. Экзогенные геоморфологические системы морских побережий. М.: Наука, 1990. 216 с.
11. Кукал З. Скорость геологических процессов. М.: Мир. 1987. 246 с.
12. Логачев А. А., Захаров В. П. Магниторазведка. Л.: Недра. 1979. 351 с.
13. Маккавеев Н.И., Чалов Р.С. Русловые процессы. М.: Изд-во МГУ. 1986. 264 с.
14. Микишин Ю.Л., Петренко Т.Н., Петренко В.С. Развитие ландшафтов побережья Юго-Западного Приморья в среднем-позднем голоцене // Ландшафтоведение: теория, методы, региональные исследования, практика: Материалы XI междунар. конф. М.: МГУ. 2006. С. 416–418.
15. Ревякин П. С., Бородовой В. В., Ревякина Э. А. Высокоточная магниторазведка. М.: Недра. 1986. 272 с.
16. Рейнек Х., Сингх И. Обстановки терригенного осадконакопления (с рассмотрением терригенных кластических осадков). М.: Недра, 1981. 439 с.
17. Сизиков А. М. Долгопериодические изменения гидрологического режима рек Прибайкалья в голоцене // Моделирование и прогнозирование геофизических процессов. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1987. С. 36–39.
18. Сماعيلова Т. Н., Мельников А. В., Мыц А. В., Беван Б. В. Магнитометрическое изучение гончарных печей средневековой Таврики. СПб: Изд-во СПбГУ, 2000. 164 с.
19. Станюкович А. К., Археологическая геофизика в России // Геофизика. 1996. № 12. С. 57–64.
20. Трофимов В.С. Основы геологии россыпей. М.: Наука, 1980. 472 с.
21. Физические свойства горных пород Дальнего Востока: Справочник // Владивосток: Изд-во ДВНЦ АН СССР. 1987. Ч. 1. 212 с.
22. Шельфовая область Японского моря. Геология и минералогия. / Под ред. В.И. Ушакова. СПб: ВНИИ Океанология, 2005. 137 с.
23. Шилик К.К. Применение магниторазведки при исследовании средневековых памятников в Крыму // Средневеко-

- вые памятники Восточной Европы: Краткие сообщения Ин-та археологии. М.: Наука, 1968. Вып. 113. С. 123–130.
24. Шилик К.К. О магниторазведке гончарных печей у Чабан-Куле // Восточная Европа в I–II тысячелетии н.э.: Краткие сообщения ин-та археологии. М.: Наука, 1974. Вып. 140. С. 115–120.
25. Эйткин М. Дж. Физика и археология. М.: Мир. 1966. 235 с.
26. Bessonova E.A., Artemova A.V., Ivliev A.L. Magnetometry method in researching of the cultural layer of the Kraskino hillfort // Regularities of the structure and evolution of geospheres. Materials of VII International Interdisciplinary Scientific Symposium. Vladivostok, 2005. P. 110–115.
27. Cant D.J., Walker R.G. Fluvial processes and facies sequences in the sandy braided south Saskatchewan river // *Sedimentology*. 1978. V. 25, (5). P. 625–648.
28. Clark. A. J. Seeing Beneath the Soil: Prospecting methods in archaeology. London: Batsford. 1990. 192 p.
29. Fassbinder J.W.E., Stanjek H., Vali H. Occurrence of magnetic bacteria in soil // *Nature*. 1990 V. 343, N 6255. P. 161–163.
30. Frederick C.D., Abbott J. T. Magnetic prospection of prehistoric sites in an alluvial environment: examples from NW and West-central Texas // *Journal of Field Archaeology*. 1992. V. 19, N 2. P. 139–153.
31. Koizumi. I. Holocene pulses of diatom growths in the warm Tsushima current in the Japan Sea // *Diatom Research*. 1989. V. 4, N 1. P. 55–68.
32. Linford N. The application of geophysical methods to archaeological prospection // *Reports on progress in physics*. 2006. V. 69, N 7. P. 2205–2257.
33. Maher B.A. Magnetic properties of modern soils and Quaternary loessic paleosols: paleoclimatic implications // *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 1998. V. 137 (1). P. 25–54.
34. Mullins C. E. The magnetic properties of the soil and their application to archaeological prospecting // *Archaeo-Physika*. 1974. V. 5. P. 143–347.

*Рекомендована к печати Р.Г. Кулиничем*

*Ye.A. Bessonova*

**Application of micromagnetic mapping for identification of heterogeneities of geologic and anthropogenic genesis in contemporary sediments of the coastal zone of Expedition Bay (Pyotr Velikiy Strait, Sea of Japan)**

The comprehensive analysis of multi-parameter and diverse information involving the results of large-scale magnetic survey allowed restoration of the features of sedimentation in the coastal zone of Expedition Bay at the final stage of development of the geological environment. Geological and anthropogenic sources of an abnormal magnetic field are distinguished on the basis of the analysis of results of measurements of the module of a complete vector of the geomagnetic field. A conclusion is drawn on the polygenetic character of accumulation of sedimentary material in the cultural layer of the Kraskinskiy site of an ancient settlement - the largest archaeological monument of the Bohai state in Primorye. For the first time in the south of the Russian Far East the internal topography of the cultural layer of the medieval flat site of the ancient settlement is reconstructed by micromagnetic survey, and the location of the most informative objects necessary for understanding cultural-historical development of the archaeological monument is defined.

**Key words:** micromagnetic mapping, archaeological monument, cultural layer.