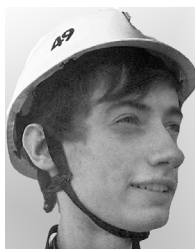




Алег Дзярновіч,
вядучы навуковы супрацоўнік аддзела
гісторыі Беларусі IX–XVIII стст.
і археаграфіі Інстытута гісторыі
НАН Беларусі, кандыдат гістарычных
наук, дацэнт



Мікіта Віхараў,
студэнт факультэта геаграфіі
і геаінфарматыкі БДУ



Канстанцін Купрыянюк,
інжынер-геолаг ТAA «Геаэкапраект»,
спецыяліст па геаэкалогіі і
геарадарных даследаваннях



Аляксей Яртаў,
дырэктар Нацыянальнага навукова-
даследчага цэнтру маніторынгу
азонасферы БДУ, старшыня
Беларускага геаграфічнага
таварыства, кандыдат геаграфічных
наук, дацэнт



https://en.wikipedia.org/wiki/Kreva_Castle#/media/File:Kreva_Castle_Tower.jpg

Эксперыментальнае выкарыстанне метада геарадыёлакацыі ў даследаваннях Крэўскага замка

У 2017 г. распачаўся новы этап кансервацыі помніка абарончага дойлідства XIV ст. – Крэўскага замка ў Смаргонскім раёне Гродзенскай вобласці. Папярэдне (з 2012 г.) былі адноўлены яго археалагічныя даследаванні [1], якія з таго часу суправаджаюць усе земляныя працы на тэрыторыі гістарычнага аб'екта (мал. 1).

Палявы сезон 2022 г. апынуўся надзвычай багатым на археалагічнае раскрыццё цэлага шэрагу архітэктурна-будаўнічых і мастацкіх асаблівасцяў замка, якія не толькі прыадчыняюць нам сакрэты старажытных тэхналогій, але і маюць непасрэды ўплыў на будучыню помніка – ад распрацоўкі праекта яго кансервацыі і рэстаўрацыі да правядзення адпаведных будаўнічых прац. На працягу красавіка – лістапада 2022 г. даследаванні праводзіліся на частках паўднёва-ўсходняй (найбольш разбуранай падчас Першай сусветнай вайны) і паўднёва-заходняй сцен замка, а таксама ў Малой вежы і каля Малой брамы. Адпаведна, выяўленыя новыя археалагічныя артэфакты і архітэктурна-будаўнічыя канструкцыі звязаны з гэтай часткаю забудовы.

Падчас вывучэння тэрыторыі дзядзінца Крэўскага замка ў 2022 г. быў ажыццёўлены практычны эксперымент па пошуку новых аб'ектаў з дапамогай інавацыйнай тэхналогіі – з выкарыстаннем геарадара.

Падземная знаходка: сляды мураванага будынка

Яшчэ ў сезоне 2020 г. каля ўсходняга кута, знутранага боку паўночна-ўсходняй сцяны, былі выяўлены прыкметы існавання ў XIV–XV стст. каменнай пабудовы. У рамках археалагічнага

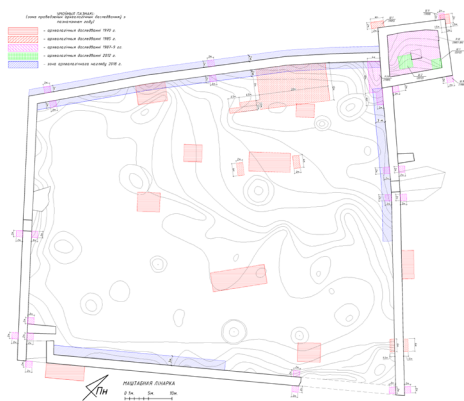
назірання ў ліпені 2020 г. на гэтым месцы былі праведзены адпаведныя раскопкі.

Паводле замкавай іканаграфіі, вядомай з XIX ст., ужо ў яго першай палове даследуемая частка збудавання знаходзілася ў разбураным стане. Таксама пра гэта сведчаць планы і выявы 1827 г. з «Атласу замкаў Віленскай губерні» (інжынер Георгій Вялікародаў) [5] (мал. 2, 3) і іншыя дакументы, датаваныя сярэдзінай XIX ст. [7, 4] (мал. 4). Такім чынам, усходні кут замка быў у зруйнаваным стане, прынамсі, у пачатку XIX ст., а магчыма, што і раней. У маі 2020 г. тут распачаліся кансервацыйныя працы – быў арганізаваны тэхнічны праезд на тэрыторыю рэстаўрацыйнай пляцоўкі і знівеліраваны завал з будаўнічага друзу каля яго.

Менавіта гэтыя працы і раскрылі ніжнюю частку паўночна-ўсходняй сцяны, дзе на каменнай муроўцы быў выяўлены ўчастак, выкладзены з цэглы; яго ацалелы фрагмент мае даўжыню 6,57 м і максімальную вышыню 1,14 м. Ва ўсходняй частцы замкавай сцяны знешняя плашчыня цэглы знаходзіцца на адным вертыкальным узроўні з камянямі (мал. 5–7).

Наяўнасць цаглянай муроўкі на ўнутраным баку сцяны – з'ява, досыць нетыповая для Крэўскага замка: асноўным будаўнічым матэрыялам тут быў камень, у тым ліку і масіўныя валуны. Цэгла ж выкарыстоўвалася толькі пры ўзвядзенні канструкцыйна важных элементаў – арак, аконных праёмаў, тунэляў-калідораў, кутоў вежы і г.д. Цагліны, з якіх яны складзеныя, маюць сярэднія памеры 31(34,5)×16–17,5×10 см і падобныя параметрамі да тых, што былі ўжытыя пры вымуроўцы «поясу» на замкавай сцяне (30–31×17–17,5×9–9,5 см) [2].

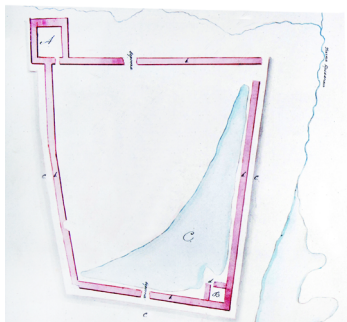
Выяўленне невядомага ўчастка цаглянай кладкі паставіла новыя даследчыя задачы, таму ўздоўж гэтага фрагмента сцяны былі закладзены Раскоп 2 (мал. 8, 9) і Шурф 2 (мал. 10). У выніку заходней



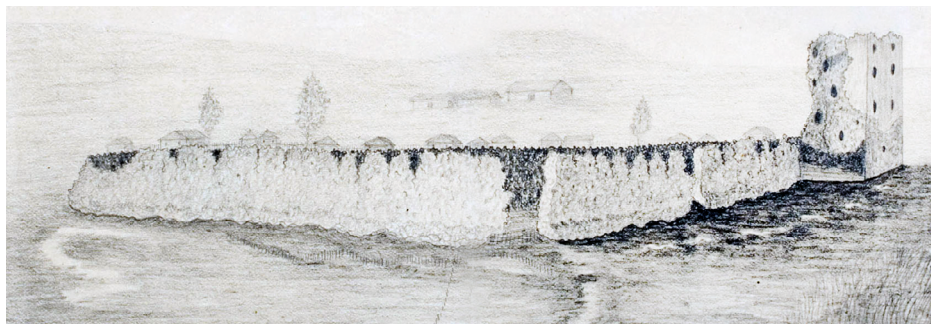
Мал. 1. Крэўскі замак. Схема зоны археалагічных даследаванняў 1970–2020 гг.



Мал. 2. Крэўскі замак. Выгляд з паўднёвага боку. Выява 1827 г. Паводле [5]



Мал. 3. План Крэўскага замка. 1827 г. [5].



Мал. 4. Крэўскі замак. Малюнак сярэдзіны XIX ст. Выгляд з усходняга боку (VUB. F. 28. Nr. 206 (a))

і ўсходней знойдзенай муроўкі на сцяне былі выяўлены падмуркі будынка. Яго заходняя частка (Раскоп 2) добра захавалася, змацаваная вапнавай рошчынай, і мае перавязку з замкавай сцяной. Гэта дазваляе датаваць будынак XIV стагоддзем – часам узвядзення Крэўскага замка і яго першых перабудоў.

Такім чынам, на базе археалагічных даследаванняў 2020 г. праз два гады было даведзена існаванне каля паўночна-ўсходняй сцяны з боку дзядзінца невядомых раней мураваных пабудоў. Аднак іх памер і канфігурацыя ўсё яшчэ заставаліся неўстаноўленымі, што паспрыяла намеру правесці далейшыя даследаванні інавацыйным спосабам – з дапамогаю геарадара. Галоўнай мэтай эксперымента было высветліць, ці мае эфект гэтая тэхналогія ва ўмовах гістарычнага аб'екта з такім шматстайным напаўненнем грунту.

Правядзенне здымкаў з дапамогай геарадара ў Крэўскім замку ўскладняецца двума фактарамі. Па-першае, даследаванні праводзяцца на тэрыторыі помніка архітэктуры, значная частка сцен якога раз-

бураная, і матэрыялы гэтай дэструкцыі знаходзяцца непасрэдна ў зямлі: уся плошча бліжэй да сцен запоўнена камянямі і бітай цэглай. Пры такой насычанасці каменным складнікам увогуле цяжка выявіць сігналамі прыбора нейкую іншую анамалію, якая можа быць прыкметай невядомай канструкцыі.

Па-другое, вярта ўспомніць гісторыю Крэва ў Першай сусветнай вайне (ПСВ). Мясцічка з восені 1915 па пачатак 1918 г. знаходзілася на лініі расійска-германскага фронту, а замак стаў часткаю перадавых фартыфікацыйных пазіцый кайзераўскіх войскаў. Асабліва моцныя разбурэнні ён спазнаў у ліпені 1917 г., калі пачаўся наступ расійскай арміі і перадавыя пазіцыі праціўніка абстрэльваліся артылерыяй на працягу 3 дзён [8]. Апроч разбурэння Княскай вежы і сцен замка гэтыя падзеі прывялі да таго, што фактычна ўся зямля Крэва і ваколіц апынулася нашпігаванай аскепкамі артылерыйскіх снарадаў, кулямі, калючым дротам (мал. 11). Падобная насычанасць глебы ў мястэчку і асабліва замку фрагментамі чорных і каляровых металаў стварае дадатковы геамагнітны фон, які ўскладняе як апераванне геарадарам, так і інтэрпрэтацыю адзнятага матэрыялу. Так, ужо па выніках першага зандзіравання тэрыторыі замкавага дзядзінца атрымлівалася невыразная карціна, якую было складана расшыфраваць. Аднак гэтыя акалічнасці яшчэ больш падвышалі значнасць эксперымента з выкарыстаннем новага метаду. Наколькі ўсё-ткі ён здольны дапамагчы археолагам?



Мал. 5. Унутраны бок паўночна-ўсходняй сцяны Крэўскага замка. Выгляд з боку дзядзінца (2020 г.)



Мал. 6. Цагляная муроўка на ўнутранай паўночна-ўсходняй сцяне Крэўскага замка (2020 г.)

Методыка правядзення работ геарадарам

Працоўны працэс складаўся з 3 этапаў: рэкагнасыроўкі і падрыхтоўкі ўчастка; яго ўласна геарадарнага абследавання; наступнай камеральнай апрацоўкі атрыманых вынікаў.

Рэкагнасыроўка ўключала ў сябе папярэдняе абследаванне дзялячкі з мэтай вызначэння геафізічных асаблівасцяў (ступеняў вільготнанасчанаці грунтоў і іх складу) для больш дакладнай каліброўкі антэны прыбора, а таксама выяўленне найбольш перспектыўных маршрутаў пракладання геарадарных трас. У асобных выпадках патрабавалася дадатковая апрацоўка перад пачаткам работ: здыманне залішняй расліннасці, выраўнованне рэльефу пляцоўкі для плаўнага ходу антэны. Падчас працы на вялікіх плошчах праводзіцца разметка ліній радарных трас на зямлі і іх тапаграфічная прывязка для далейшага дакладнага нанясення профіляў на план, што робіць магчымым пабудову дакладнай аб'ёмнай мадэлі асяроддзя.

Участак у Крэўскім замку дазваляў распачаць работы без папярэдняй падрыхтоўкі. Тапаграфічная прывязка не праводзілася. Былі вызначаны вільготнасць і структура грунту і намечаны траекторыі геарадарных трас (мал. 12).

Геарадарнае абследаванне

Геарадыёлакацыя – геафізічны метад, які выкарыстоўвае радыёлакацыйныя імпульсы для атрымання інфармацыі аб будове прыпаверхневага пласта геалагічнага асяроддзя. Абследаванне адбываецца наступным чынам: геарадар генеруе імпульсы, якія пры распаўсюджанні ў глыбіню зямной паверхні адлюстроўваюцца ад змешчаных там аб'ектаў, а таксама межаў розных пластоў, пасля чаго прымаюцца антэнай прылады і ў рэжыме рэальнага часу перадаюцца на камп'ютар, дзе праходзяць першасную апрацоўку і візуалізуюцца

на маніторы [3, 6]. Але адбітак імпульсу ўтвараецца толькі на межах рэчываў з рознымі геафізічнымі характарыстыкамі (у першую чаргу – дыэлектрычнай пранікальнасцю), з прычыны чаго не ўсе граніцы горных парод будуць адлюстраваны на профілі. Найбольшы кантраст назіраецца на пераходах «паветра – вада» (ад сухога матэрыялу да насычанага вільгаццю) і «друзлы грунт – маналітная парода». Глыбіннасць даследавання і распазнавальная здольнасць (мінімальны памер аб'ектаў, якія магчыма выявіць) залежаць ад частаты антэны: з яе павелічэннем памяншаецца глыбіня пранікнення сігнала, аднак дэталёвасць кадра пры здымках, наадварот, павялічваецца.

Працяглыя па даўжыні аб'екты або мяжу паміж рознымі па ўласцівасцях пластамі апэратар бачыць як вылучаную лінію на радараграме (мал. 13); кропкавы ж аб'ект будзе прадстаўлены перагорнутай парабалай на профілі (мал. 14). Тлумачыцца гэта спецыфікай працы геарадара: антэна, нягледзячы на намаганні вытворцаў, прымае не толькі сігнал, які прыходзіць па простае лініі, але і імпульсы пад невялікім вуглом. Гэта азначае, што радар пачынае «бачыць» аб'ект яшчэ да таго, як пачне рухацца непасрэдна над ім, але праграма інтэрпрэтуе ўсе сігналы, што паступаюць, быццам змешчаныя наўпрост пад антэнай, і наносіць іх на профіль; пры гэтым з-за распаўсюджвання рэальнага сігнала пад вуглом да прамой лініі адлегласць вызначаецца прыборам большай за сапраўдную глыбіню аб'екта. Рэальна ж апошні знаходзіцца ў вяршыні атрыманай гіпербалы, дзе сігнал праходзіць да яго найменшую адлегласць.



Мал. 7. Фрагмент фасада паўночна-ўсходняй сцяны Крэўскага замка (2020 г.)



Мал. 8. Крэўскі замак. План Раскопа 2 (2020 г.)



Мал. 10. Крэўскі замак. План Шурфа 2 (2020 г.)

У час працы ў Крэва абследаванне было выканана геарадарам USRadар Q5 Series GPR System з частатой антэны 500 Мгц. Гэты паказчык, а таксама асаблівасці глебы абумовілі максімальную глыбіню даследавання – 3 м, якіх у выніку хапіла для выяўлення шуканага аб'екта. Аднак пры больш спрыяльных геафізічных умовах і дэталёвай каліброўцы антэны глыбіню пошукаў рэальна павялічыць да 5 м. Распознавальная ж здольнасць антэны залежыць як ад фізічнага асяроддзя, так і ад даўжыні хвалі, якая для дадзенага абсталявання пастаянная і складае 0,15 м. Таксама на наяўным радары ўсталяваны GPS-модуль, які дазваляе выконваць прыблізную прывязку профіляў без выкарыстання іншых прылад. Дзякуючы гэтаму, як бачна на мал. 15–22, на кожнай трасе з 2 па 9 выразна прасочваецца наяўнасць вертыкальна выцягнутай групы неаднароднасцяў на радарограмах.

Пры супастаўленні профіляў на схеме выразна відаць, што ўсе яны з'яўляюцца перпендыкулярнымі перасячэннямі аднаго выцягнутага цела, якое не маналітнае, а складаецца з мноства невялікіх адлюстраваных на здымках частак. Зыходзячы з гэтай асаблівасці яго будовы, а таксама глыбіні залягання і памераў, знаходка прыбора была інтэрпрэтавана як старая сцяна: такую карціну на профілі маглі даць камяні, з якіх яна збудавана, кожны з якіх і мог выяўляцца як асобны невялікі аб'ект.

Камеральная праца

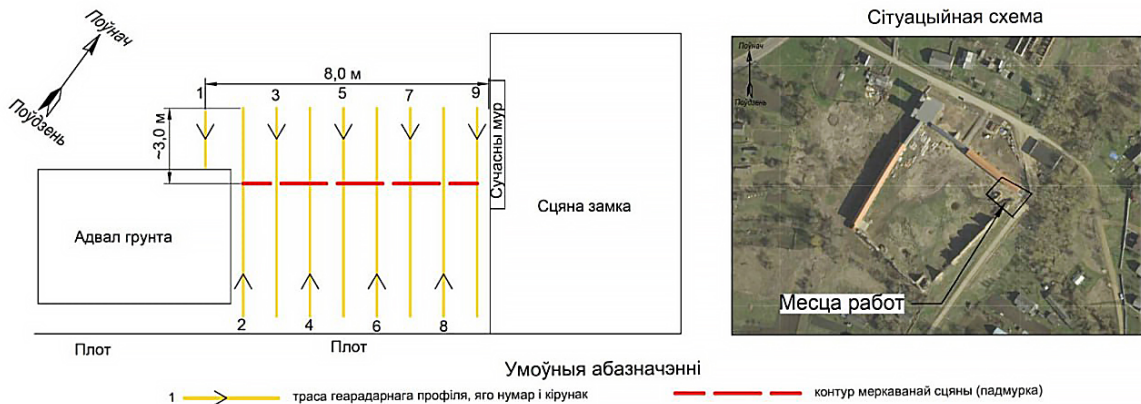
Наступны этап прадугледжвае апрацоўку і аналіз атрыманых вынікаў. Частка гэтай працы – вывучэнне радарограм з выкарыстаннем розных фільтраў у спецыялізаваных праграмах. З асноўных такіх функцый можна адзначыць фільтр нізкіх і высокіх частотаў, выдаленне сярэдняга значэння па гарызанталі ці вертыкалі, узмацненне глыбінага сігналу і г.д. Усё гэта дазваляе вылучыць з шуму



Мал. 9. Крэўскі замак. Раскоп 2 (2020 г.).
Выяўленыя фрагменты падмурка



Мал. 11. Аскепкі снарадаў Першай сусветнай вайны.
Крэўскі замак (2012 г.)



Мал. 12. Схема правядзення геарадыёлакацыйных работ (2022 г.)

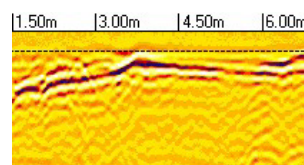
карысны сігнал, не выяўлены ў палявых умовах. Таксама пры неабходнасці ствараецца аб'ёмная мадэль участка вывучэння. Для гэтага профілі загружаюць у праграму і размяшчаюць у прасторы ў адпаведнасці з прывязкамі. Далей значэнні з профіляў выкарыстоўваюцца для інтэрапаліравання па ўсім аб'ёме аб'екта. Менавіта для стварэння дакладнай мадэлі на ўчастку павінна быць створана шчыльная сетка перпендыкулярных трас.

Пры камеральнай апрацоўцы матэрыялаў быў зроблены дэтальны аналіз атрыманых радарограм, складзеныя схема правядзення прац (мал. 12) і тлумачальная запіска. Пры супастаўленні на схеме (мал. 18–19, 21–22) профіляў былі вызначаны контуры яшчэ аднаго аб'екта, падобнага па ўласцівасцях да выяўленай сцяны і паралельнага ёй (мал. 23), які таксама гіпатэтычна мог быць апазнаны як сцяна, але патрабаваў далейшага вывучэння.

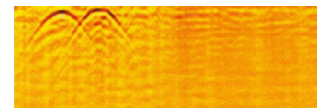
Трэба, аднак, разумець, што інтэрпрэтацыя атрыманых вынікаў ніколі не бывае адназначнай. Дадзены метада дае магчымасць толькі ўбачыць неаднастайнасць у грунце, а пры дэтальным разборы – вылічыць яе адносныя характарыстыкі, але ўсё ж не дазваляе дакладна вызначыць яе прыроду. Тым не менш гэты недахоп кампенсуецца хуткасцю правядзення работ з яго выкарыстаннем і, галоўнае, іх неінвазіўным для гістарычнага аб'екта характарам.

Новыя невядомыя падмуркі

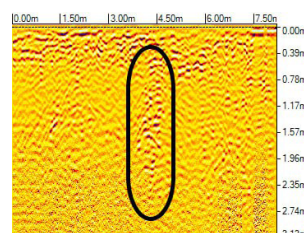
Археалагічныя даследаванні, працягнутыя ў сезоне 2023 г., вяліся з улікам атрыманай раней інфармацыі. На адлегласці 12 м ад усходняга кута замка, перпендыкулярна яго сцяне, была закладзена разведачная траншэя шырынёй 1 м. У выніку яе распрацоўкі выяўлены знешні бок падмурка, складзенага з камянёў і валуноў (мал. 21, 22), змацаваных



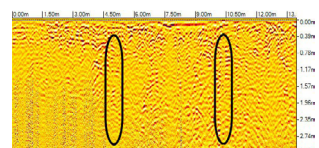
Мал. 13. Прыклад лінейнай мяжы на радарограме



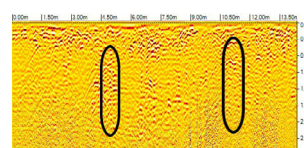
Мал. 14. Прыклад радарограмы з дыфрагаванымі ад двух кропкавых аб'ектаў (труб) хвалямі



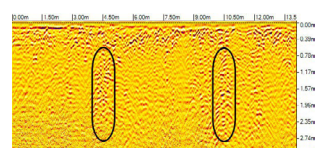
Мал. 15. Профіль 2. Адлюстраванне падмурку на профілі. Авалам паказана прыкладнае размяшчэнне лініі падмурка



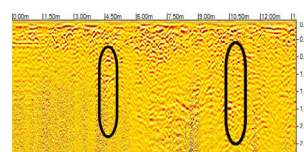
Мал. 16. Профіль 3. Аваламі паказана прыкладнае размяшчэнне лініі падмурка



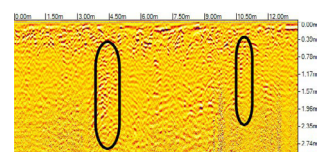
Мал. 17. Профіль 4. Аваламі паказана прыкладнае размяшчэнне лініі падмурка



Мал. 18. Профіль 5. Аваламі паказана прыкладнае размяшчэнне лініі падмурка

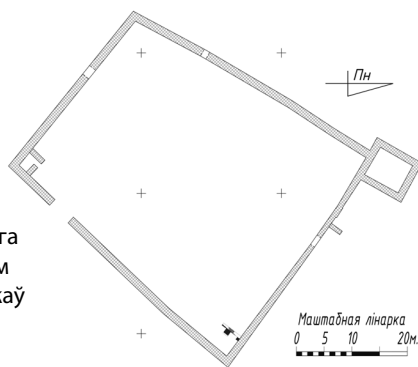


Мал. 19. Профіль 6. Аваламі паказана прыкладнае размяшчэнне лініі падмурка



Мал. 20. Профіль 7. Аваламі паказана прыкладнае размяшчэнне лініі падмурка

Мал. 21. План Крэўскага замка з пазначэннем выяўленых падмуркаў ва ўсходнім куце ў сезоне 2023 г.



Мал. 22. Крэўскі замак. План выяўленых падмуркаў ў сезоне 2023 г.



Мал. 23. Крэўскі замак. Фотаздымак выяўленага ў сезоне 2023 г. падмурку. Траншэя 1, квадрат 7. Выгляд з паўночнага захаду

вапнавай рошчынай. Прырэзка квадрата 7 паказала, што яго шырыня дасягае 2 м (мал. 23). Важна адзначыць, што выяўленая лінія новага фундамента знаходзіцца якраз у зоне анамаліі, паказанай ў 2022 г. геарадарным сканаваннем.

Гэтая знаходка значна карэктуюе наша ўяўленне пра архітэктурную гісторыю Крэўскага замка на працягу XIV–XV стст. Знойдзеная паласа падмурка не перакрывае раней (у 2022 г.) даследаваны фрагмент, захаваны ля сцяны. Такім чынам, можна казаць, што ў пачатку XIV ст., а таксама пазней, напрыканцы яго, у гэтым куце замка маглі знаходзіцца дзве розныя мураваныя пабудовы; найбольш магутнай была пазнейшая, якая мае фундамент шырынёй 2 м. Менавіта яна і была выяўлена з дапамогаю геарадара.

Узвядзенне падобных канструкцый магло быць звязана з мадэрнізацыяй абарончай цытадэлі ў канцы XIV ст. Разбурана ж гэтая збудаванне было даволі хутка – меркавана, яшчэ да сярэдзіны XV ст., падчас штурму войскам князя Свідрыгайлы ў 1433 г. у часы грамадзянскай (дынастычнай) вайны (1432–1438 гг.).

Далейшыя архітэктурна-археалагічныя даследаванні ў гэтай частцы замка павінны раскрыць увесь новавыяўлены аб'ект цалкам і гэтым самым дапоўніць архітэктурную гісторыю помніка, якая, як высвятляецца, была куды больш складанай, чым уяўлялася стэрэатыпна, выходзячы з канцэпцыі ранніх замкаў-кастэляў Вялікага Княства Літоўскага XIV ст. Цяпер мы можам сцвярджаць, што дзядзінцы такіх пабудов не ўяўлялі сабой абсалютна пустыя прасторы, а былі, прынамсі ўздоўж муроў, шчыльна забудаваныя.

Патрабавецца далейшая распрацоўка і ўдасканаленне гэтага спосабу даследаванняў для вывучэння помнікаў сярэднявечнага мураванага дойлідства з улікам архітэктурна-археалагічнай спецыфікі аб'ектаў.

СПІС ВЫКАРЫСТАНЫХ КРЫНІЦ

- Дзярновіч А.І. Крэўскі замак: праблемы датавання і архітэктурныя асаблівасці (паводле найноўшых даследаванняў) / А.І. Дзярновіч // Крэва: гісторыя, археалогія, культурная спадчына: зборнік навуковых артыкулаў / Нац. акад. навук Беларусі, Ін-т гісторыі. – Мінск, 2020. С. 52–123.
- Ткачев М.А., Трусав О.А. Исторические и архитектурно-археологические исследования Кревского замка / М.А. Ткачев, О.А. Трусав // Вопросы архитектуры Литовской ССР. 1988. №9 (1). История архитектуры. С. 3–22.
- Annan A.P. Ground Penetrating Radar: Principles, Procedures and Applications / A.P. Annan. – Mississauga, 2003. P. 9–34.
- Jankauskas V. Krėvos pilies ikonografija: tarp romantizmo ir dokumentikos / V. Jankauskas // Lietuvos pilys 2009. – Vilnius, 2010. P. 18–31.
- Muzeum Narodowe w Krakowie (Нацыянальны музей ў Кракаве). – MNK III-r. a-18320/7: «Атлас замков Виленской губернии». А. 18320/7.
- Rasol M. Ground Penetrating Radar System: Principles / Mezgeen Rasol, Vega Pérez-Gracia, Francisco M. Fernandes, Jorge C. Pais, Sonia Santos-Assunção, James S. Roberts // Handbook of Cultural Heritage Analysis / S. D'Amico, V. Venuti (eds.). – Springer Nature Switzerland AG 2022. P. 706–738. DOI: 10.1007/978-3-030-60016-7_25. P. 708–714.
- Vilniaus universiteto biblioteka (Бібліятэка Вільнюскага ўніверсітэта). – F. 28. Nr. 206 (a): «Развалины замка в м. Крева».
- Богданов В.А. Замок на передовой: Крево в событиях Первой мировой войны. 1915–1918 гг. // Крэва: гісторыя, археалогія, культурная спадчына: зб. навук. арт. / Нац. акад. навук Беларусі, Ін-т гісторыі; навук. рэд. А.І. Дзярновіч; рэдкал.: В.В. Даніловіч [і інш.]. – Мінск, 2019. С. 319–349.