

# ГИС «СРЕДНЕВЕКОВЫЙ НОВГОРОД»: СОСТАВ, МЕТОДЫ, РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

## GIS "MEDIEVAL NOVGOROD": CONTENTS, METHODS, RESULTS

**Петров Михаил Иванович,**

старший научный сотрудник Центра по организации и обеспечению археологических исследований Новгородского музея-заповедника  
e-mail: m\_i\_petrov@mail.ru

**Mikhail I. Petrov**

Статья посвящена разработанной автором географической информационной системе «Средневековый Новгород». Описаны основные компоненты ГИС, которые состоят из разнообразных статических карт, получаемых в результате картографирования исторических источников и динамических карт, основанных на результатах пространственного моделирования. Охарактеризованы и кратко описаны основные полученные результаты, намечены пути потенциального развития системы.

**Ключевые слова:** Новгород, топография средневекового города, ГИС, археология.

The article deals with developed by author geographical information system *Medieval Novgorod*. GIS consists of two types of data: static and dynamic ones. The first one demands critical source analysis before mapping and the second includes various spatial models which are changing with retrieval of new data. The article contains short characteristics of achieved results and perspectives of the GIS.

**Keywords:** Novgorod, medieval city topography, GIS, archaeology.

Географические информационные системы получили довольно широкое распространение в археологических исследованиях. Свидетельством этому может служить ставшая регулярной конференция «Археология и геоинформатика», которую проводит группа «Археолого-географические информационные системы» отдела охраняемых исследований ИА РАН<sup>1</sup>. Беглый анализ тематики представленных докладов показывает, что основным направлением развития ГИС в археологии являются макроуровневые исследования, т. е., пользуясь терминологией Д. Кларка<sup>2</sup>, анализ связей между различными памятниками. Исследования, посвященные микроуровню, который оперирует внутри отдельных структур и в особенности мезоуровню (*semi-micro* в оригинале)<sup>3</sup>, который обращается к объектам внутри памятника, представлены значительно меньшим количеством.

Именно изучению объектов внутри памятника посвящены исследования топографии средневекового города, тем более, столь крупного, как

Новгород. Основная цель этих исследований — выявление и изучение древней топографии: идентификация древних улиц, обнаруженных при археологических раскопках и наблюдениях; установление местонахождения руинированных архитектурных памятников; проблемы возникновения и развития уличной сети; выявление закономерностей формирования и развития городской территории<sup>4</sup>. Эта проблематика представляет собой весьма плодотворную среду для применения ГИС-технологий. Географические информационные системы предоставляют не только новые орудия и методы, но и в некоторых случаях значительно изменяют взгляд на проблему в целом.

Основная особенность ГИС для средневекового города состоит в том, что кроме относительно доступных исходных данных (по сути, топографической подосновы), существуют материалы, которые ДО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ требуют дополнительного источниковедческого анализа. Разные виды источников о средневековом Новгороде характе-

ризуются спецификой их использования и различным информационным потенциалом<sup>5</sup>.

Синхронные письменные источники (летописи) содержат информацию о названиях улиц и урочищ, нечеткие данные о расположении определенных зданий, но размещение этих объектов на современной карте требует специального исследования. Более поздние письменные источники (писцовые и лавочные книги) содержат детальную информацию о городских участках на время создания источника, но также требуют особой процедуры для соотнесения с современной топоосновой. Картографические источники XVII–XVIII вв.<sup>6</sup> с большой сложностью и погрешностью<sup>7</sup> могут быть соотнесены с современными картами, а также отражают ситуацию на момент их составления, соответственно, возможность экстраполяции на более раннее время требует доказательств. Материалы археологических раскопок, в особенности современных, с высокой точностью наносятся на современный городской план и содержат средневековые археологические объекты (улицы и постройки), но идентификация обнаруженных объектов требует особых доказательств. Еще один вид археологических источников — материалы наблюдений за прокладкой коммуникаций — довольно обширен по количеству, но им присуща «точечность» данных и существуют

определенные сложности с их совмещением с современной картой. Для моделирования погребенного рельефа территории Новгорода привлекались данные геологических бурений, которые, как выяснилось, также требуют критического источниковедческого анализа. Соответственно, изучение проблем топографии средневекового Новгорода средствами ГИС возможно лишь при комплексном использовании источников.

Географическая информационная система «Средневековый Новгород» возникла в результате многолетних работ, но на начальном этапе планов исследований и развития не существовало. Отправной точкой можно считать моделирование и изучение погребенного рельефа отдельных участков Новгорода<sup>8</sup>, которые в рамках развития проекта были переведены в среду ArcView GIS 3.2. Фактически ГИС применялась для решения частной задачи — создания моделей рельефа, хотя предполагалось использовать возможности анализа на основе имеющейся модели (моделирование кратчайших путей; моделирование гидрорежима и т. п.). Однако, как исходные данные (геологические бурения), так и результаты моделирования стали неотъемлемой частью ГИС (рис. 1). Эти данные используются для предварительной оценки мощности напластований перед началом археологических раскопок.

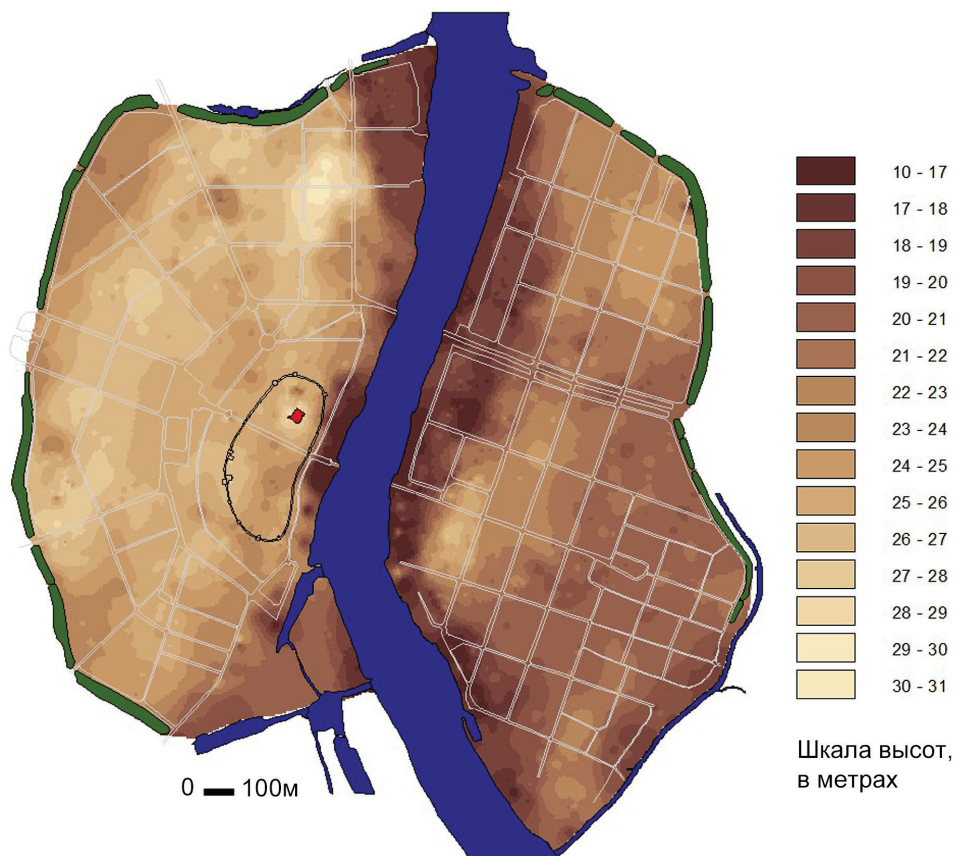


Рис. 1. Схема погребенного рельефа на территории Новгорода

Следующим этапом работы над географической информационной системой стало внедрение в ее состав результатов работ составителей Опорного плана Новгорода, который уже был частично оцифрован. Эти данные включали в себя материалы геологических бурений на территории Новгорода, контуры раскопов 1930–1990-х гг., схематично соотнесенные с современной топографией материалы наблюдений за прокладкой систем коммуникаций и топографическую основу.

В настоящий момент ГИС «Средневековый Новгород» состоит из современной геодезической подосновы (современная уличная сеть, современные остатки вала Окольного города, современная речная сеть, сохранившиеся архитектурные памятники) и комплекса дополнительных исследовательских данных. Последние можно разделить на две категории: статические и динамические. К статическим данным отнесены те, которые возникают в результате изучения и картографирования различных источников и впоследствии практически не подвергаются изменению, в то время как динамические данные представлены преимущественно различными моделями, которые могут быть изменены или дополнены в результате появления новых исследовательских данных.

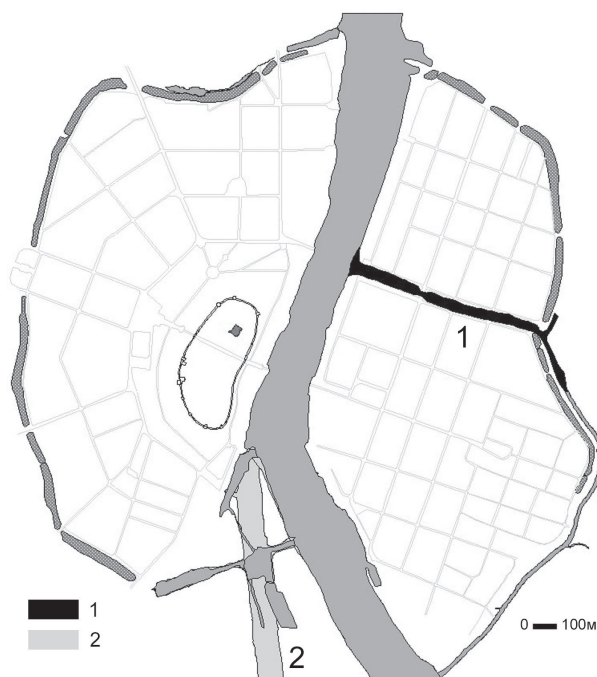


Рис. 2. Схема речной сети в границах средневекового Новгорода. Показана по съемке 1970 г. Цифрами обозначены: 1 — Федоровский ручей (засыпан в 50-х гг. XX в.); 2 — гребной канал (прорыт в 70-х гг. XX в.).

Следует заметить, что статические данные также могут подвергаться дополнениям. В частности, схема современной речной сети дополнена материалами карт 1970 и 1930–1932 гг. (рис. 2), на которых показаны Федоровский ручей, засыпанный в 50-х гг. XX в., и система проток на месте прорытого в 70-х гг. гребного канала. Подобные дополнения позволяют приблизить облик гидросистемы к средневековым реалиям, хотя и не отвечают им. В принципе, анализ водной системы новгородской округи на основании исторических карт представляет собой определенный научный интерес, но находится за пределами эпохи Средневековья.

Результаты наблюдений за прокладкой городских коммуникаций в 50–60-х гг. стали основой докторской диссертации С. Н. Орлова, а разработанная им топографическая схема Новгорода X–XVI вв.<sup>9</sup> с некоторыми дополнениями используется и поныне. В силу комплекса объективных причин<sup>10</sup> (степень доступности топографической съемки городов в СССР; особенности привязки археологических объектов в городских условиях и проч.), а также утраты оригинала топографической схемы, план средневековой уличной сети содержит значительные погрешности привязки к современной карте. Критический анализ письменной части работы С. Н. Орлова и картографирование данных рассматривается как одна из приоритетных задач развития.

Существенным дополнением для дальнейших исследований стали точечные обозначения как существующих, так и утраченных средневековых храмов Новгорода (см. рис. 3). К сожалению, с достаточной точностью<sup>11</sup> удалось локализовать не все утраченные храмы, упоминаемые в источниках; сохранившиеся строения также представлены в виде отдельной полигональной темы. Описательные характеристики содержат название храма и летописную дату его первого упоминания или строительства, а также дату строительства в камне. Дополнительная информация может появляться в результате картографирования отдельных источников. Например, дополнение базовой ГИС данными из «Семисоборной росписи»<sup>12</sup> позволило построить полигоны Дирихле (см. рис. 4)<sup>13</sup>, которые демонстрируют значительное сходство между соборными округами средневекового Новгорода и его делением на районы. Необходимо отметить, что этот пример несет в основном иллюстративный характер, поскольку аналогичные, но более подробные выводы сформулированы А. Е. Мусиным<sup>14</sup> (см. рис. 5).



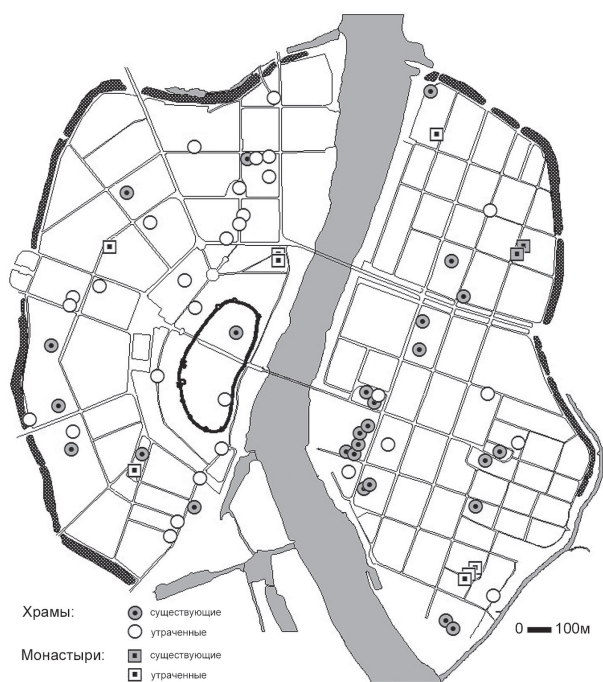


Рис. 3. Схема расположения средневековых храмов в Новгороде

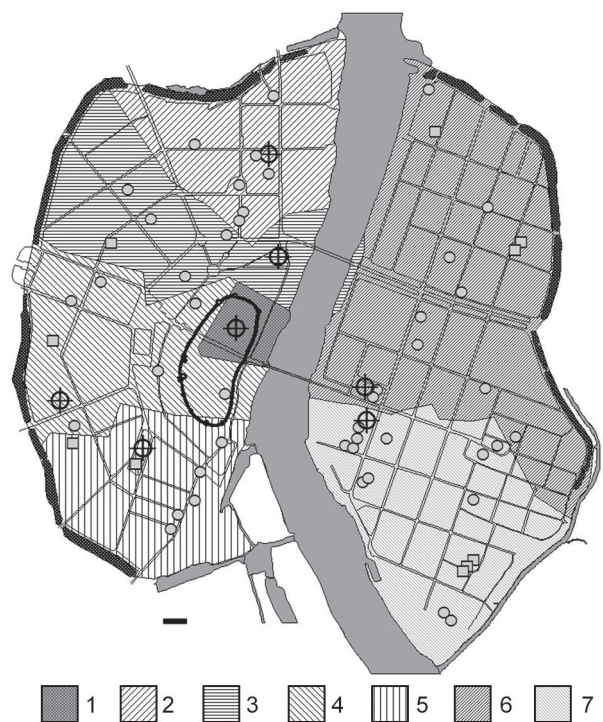


Рис. 4. Соборные округа средневекового Новгорода. Модель построена методом полигонов близости (полигоны Дирихле). Штриховкой и цифрами обозначены соборные округа: 1 — Софийский; 2 — Яковлевский; 3 — Четырехдесятский; 4 — Михайло-Архангельский; 5 — Власиевский; 6 — Иоанно-Предтеченский; 7 — Успенский



Рис. 5. Схема расположения храмов Великого Новгорода XV–XVII вв. по семи соборным округам (по А. Е. Мусину). Соборные округа обозначены цифрами: 1 — Софийский; 2 — Михайло-Архангельский; 3 — Власиевский; 4 — Четырехдесятский; 5 — Яковлевский; 6 — Иоанно-Предтеченский; 7 — Успенский

Наиболее важной составляющей ГИС стало картографирование городских раскопов. Если объекты до 90-х гг. XX в. нанесены с определенной степенью погрешности (так как исследователям не была доступна топосъемка достаточного масштаба), то контуры современных раскопов наносятся с высокой степенью точности, в том числе с использованием современного геодезического оборудования. Этот массив данных содержит лишь краткую регистрационную информацию о каждом раскопе: контуры, название, год исследований, руководитель работ, общая мощность отложений, датировка времени освоения территории. Решение ограничиться именно этим набором данных было принято осознанно, поскольку включение в ГИС материалов более детального уровня не только требуют значительных усилий по созданию, но и практически бесполезны для решения вопросов городской топографии. Как и в других случаях, при разработке некоего исследовательского направления необходимые данные дополнительно вносятся в таблицу.

Применение упомянутого метода полигонов Дирихле на базе данных о раскопах позволила построить карту времени освоения различных участков городской территории. Эта схема стала

своеобразной отправной точкой для дальнейшего анализа. Поскольку дендрохронологическая датировка застройки новгородских раскопов обеспечивает надежную хронологическую базу исследования, для подавляющего большинства раскопов

было установлено наличие или отсутствие жилой застройки с X по XIV в.<sup>15</sup> с интервалом в 50 лет. Эти материалы позволили построить модель динамики развития городской территории (модель-2011, рис. 6)<sup>16</sup>.

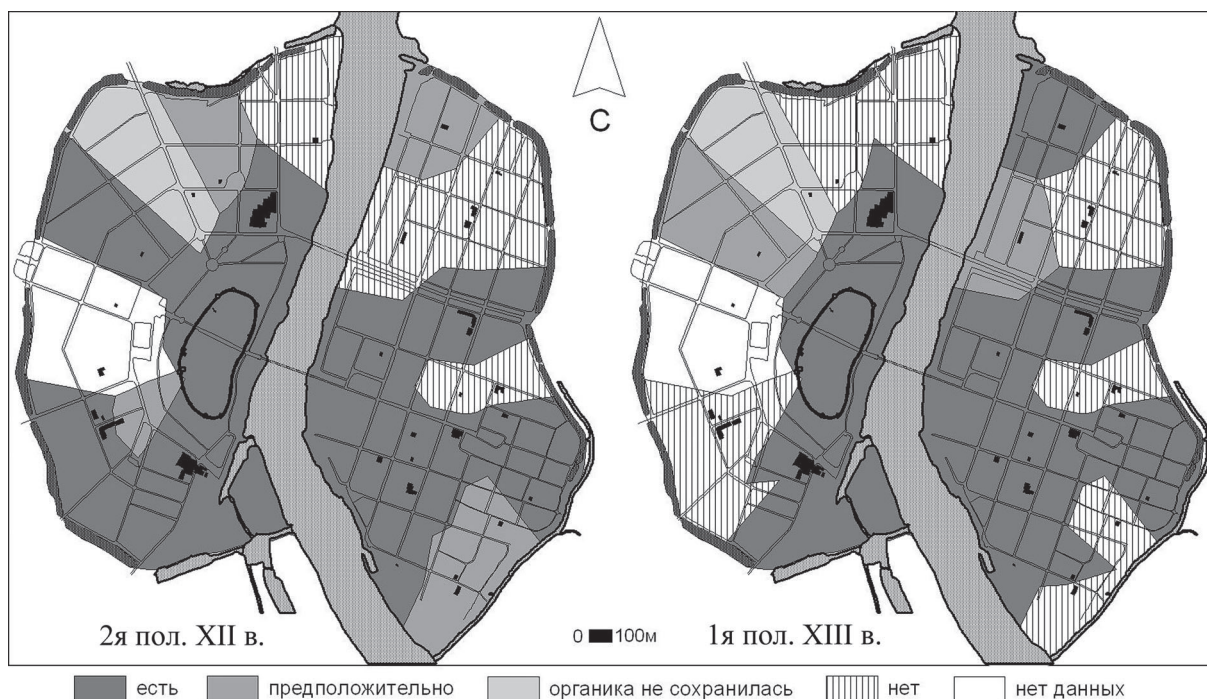


Рис. 6. Модель (модель-2011) динамики развития территории средневекового Новгорода (2-я половина XII в. и 1-я половина XIII в.)

В качестве границ модели была принята трасса построенного в конце XIV в. вала Окольного города. Граница модели отсекает участки жилой застройки, выходящие за ее пределы (например, к югу от Белой башни), но в некоторых случаях включает территории, не входящие на определенном этапе в городскую черту (к примеру, северная часть Торговой стороны в X–XI вв. и пр.). Модель также не учитывает внутренние естественные рубежи (ручьи) в силу высокой гипотетичности их локализации. Также гипотетично наличие застройки вдоль берегов рек и ручьев. Для удобства ориентации на схемах, помимо трассы вала Окольного города, показаны конфигурация существующего новгородского Кремля и современная уличная сеть. Определенный комплекс допущений связан с характером исходных данных: недостаточная археологическая изученность ключевых точек — Детинца, Ярославова Дворища и южной части Славенского конца; отсутствие достоверных данных о хронологии слоев для ряда раскопов. Материалы некоторых раскопов фактически не введены в научный оборот и не могут быть полноценно использованы в работе. Недостаток исходных

данных уменьшает достоверность модели в областях, близких к ее границам.

Модель-2011 стала основой для дальнейших исследований. Необходимо отметить, что несколько неожиданным результатом моделирования оказались предиктивные возможности: сопоставление области будущих раскопок с моделью позволило довольно точно предварительно определять хронологию отложений, что указывает на работоспособность модели. В то же время расположение раскопа поблизости от границ полигонов Дирихле приводило к уточнению модели. Ежегодное пополнение ГИС «Средневековый Новгород» повлекло постепенное накопление данных и, следовательно, появление возможности для построения новой модели динамики городской застройки (модель-2015).

Модель-2015 построена с теми же принципами и допущениями, что и модель-2011. Опыт построения нескольких моделей динамики развития городской территории полигонами Дирихле позволил выделить основные достоинства и недостатки этого метода моделирования. Достоинствами этого метода являются математическая обоснованность,



высокая скорость построения и модификаций и возможность проведения предиктивных наблюдений. В то же время в этих моделях сложно учитывать раскопы без абсолютных дат; невозможно контролировать интерполяции областей, удаленных от датированного объекта; модель содержит большое количество градаций данных (модель-2011 — 5; модель-2015 — 6 значений). Кроме того, модель уязвима с позиций экспертного археологического знания и не позволяет оценить площадь города. Именно последний аспект был наиболее востребо-

ван научной общественностью в ходе обсуждения модели-2011 на нескольких конференциях.

На основании модели-2015, анализа моделей и дополнительных экспертных оценок была разработана модель территории Новгорода (рис. 7)<sup>17</sup>, которая содержит лишь 2 градации данных (наличие/отсутствие застройки и 50-метровая буферная зона) и, что наиболее важно, позволяет оценить не только динамику изменений территории, но размеры средневекового Новгорода с X по XIV в. с интервалом в полстолетия (см. табл.).

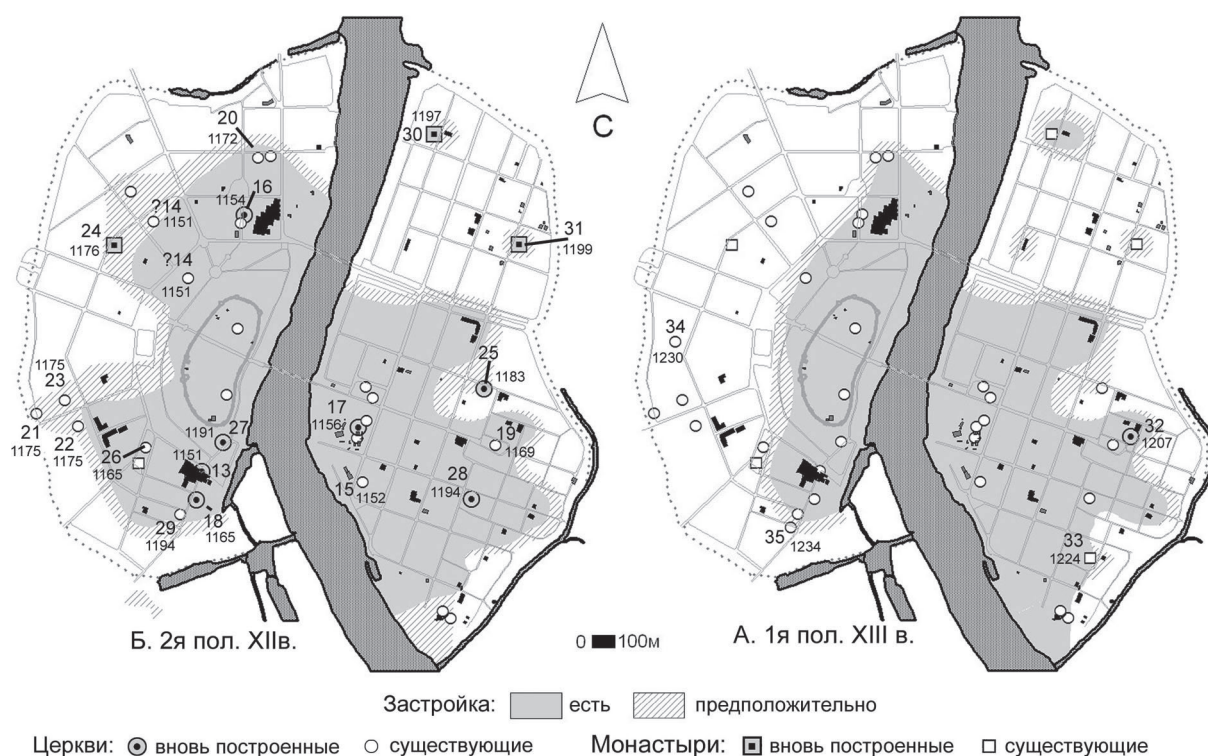


Рис. 7. Модель территории средневекового Новгорода (2-я половина XII в. и 1-я половина XIII в.)

#### Моделируемая площадь территории Новгорода, га

| Период               | Софийская сторона | Торговая сторона | Новгород в целом |
|----------------------|-------------------|------------------|------------------|
| X в.                 | 46.2 (56.4)       | 11.7 (16.1)      | 57.9 (72.5)      |
| 1-я половина XI в.   | 58 (70.6)         | 45.1 (55.8)      | 103.1 (126.4)    |
| 2-я половина XI в.   | 80.2 (100.3)      | 63.8 (81.7)      | 144 (182)        |
| 1-я половина XII в.  | 91.3 (113.8)      | 78.4 (93.4)      | 169.7 (207.2)    |
| 2-я половина XII в.  | 91.3 (123.5)      | 88.4 (109.1)     | 179.7 (232.6)    |
| 1-я половина XIII в. | 60.2 (73.3)       | 93 (108.3)       | 153.2 (181.6)    |
| 2-я половина XIII в. | 85.5 (122)        | 117.8 (144.6)    | 203.3 (266.6)    |
| 1-я половина XIV в.  | 135.8 (152.8)     | 136.1 (151.1)    | 271.9 (303.9)    |
| 2-я половина XIV в.  | 152.8 (172.2)     | 156.8 (177.9)    | 309.6 (350.1)    |

**Примечание:** Указана площадь, занятая застройкой; в скобках — с учетом предположительно занятых застройкой площадей.

Группа моделей показывает, что территория средневекового Новгорода (или территория, занятая жилой застройкой) находилась в достаточно динамичном состоянии. Основные векторы развития городской территории связаны в целом с системой коммуникаций: на раннем этапе (X в.) город располагается вдоль берегов Волхова, но уже в XI столетии начинается активный рост вглубь берега. В XII столетии город растет практически во всех направлениях, ведется активное церковное строительство, при этом храмы маркируют окраинные участки. В 1-й половине XIII в., в результате моровых поветрий 1215 и 1230 гг., освоенная территория значительно сокращается, а многие участки города остаются свободными от населения на протяжении 100–150 лет. Прирост территории во 2-й половине XIII в. происходит за счет освоения не занятых прежде участков, при этом наиболее заметно расселение на участках вдоль дороги в северо-восточном направлении. Увеличение размеров Новгорода прерывается строительством в конце XIV в. укреплений Окольного города, которые формируют как городскую границу, так и новую уличную структуру. Необходимо отметить, что в большинстве случаев вал Окольного города отделен некоторым расстоянием от жилой застройки, т. е. предельной площади около 4,2 кв. км Новгород достигает в лучшем случае к середине XV в.

Развиваемая в рамках различных проектов ГИС «Средневековый Новгород» получила опреде-

ленную целостность и оказалась на практике инструментом для повседневного использования для решения разнообразных исследовательских и иллюстративных задач. Некоторые дополнения были вызваны необходимостью расширить качество визуализации той или иной модели, а в итоге становились объектом отдельного исследования. Подобный подход постепенного развития системы представляется также продуктивным, хотя, безусловно, спланированная разработка ГИС уже на начальном этапе ставит задачи исследования и способы их достижения, а также потенциальные пути дальнейшего развития.

В настоящий момент очевидны следующие направления развития системы: ежегодное дополнение материалами археологических исследований; уточнение модели динамики развития территории Новгорода; использование предиктивных возможностей моделей; разработка плана уличных трасс средневекового города и переход на более современное программное обеспечение.

Географические информационные системы, базирующиеся на данных письменных, картографических и археологических источников, позволяют не только оперативно создавать и изменять реконструированные планы средневекового Новгорода, но и получать значимые результаты исследований.

## ПРИМЕЧАНИЯ

- <sup>1</sup> Материалы конференций представлены на сайте ИА РАН [Электронный ресурс]. URL: <http://www.archaeolog.ru/?id=53>.
- <sup>2</sup> Clarke D. L. *Spatial Information in Archaeology* // *Spatial Archaeology*, Academic Press, 1977. P. 11–15.
- <sup>3</sup> Ibid. P. 11.
- <sup>4</sup> Следует отметить, что указан лишь основной круг проблем средневековой топографии. В ходе исследования регулярно возникают новые вопросы, которые требуют дополнительного изучения.
- <sup>5</sup> Петров М. И. Топография средневекового города и географические информационные системы: новые подходы и методики // *Археология и история Пскова и Псковской земли*. Вып. 56. М.; Псков, 2011. С. 119–121.
- <sup>6</sup> Янин В. Л. *Планы Новгорода Великого XVII–XVIII веков*. М., 1999.
- <sup>7</sup> В текущей версии ГИС автор придерживается стремления минимизировать погрешность привязки до  $\pm 1$  м; использование современной геодезической техники и топографической подосновы позволяют это сделать. Погрешность привязки карт XIX в. достаточно велика и объясняется не только погрешностями съемки, но и комплексом манипуляций при обработке источника. Городские планы Новгорода XVII–XVIII вв. не поддаются точному соотнесению с современной картой.
- <sup>8</sup> Петров М. И., Трояновский С. В. Моделирование палеорельефа исторической территории (на примере Новгородского кремля) // *Круг идей: традиции и тенденции исторической информатики: труды IV конференции Ассоциации «История и компьютер»*. М., 1997. С. 108–118.
- <sup>9</sup> Орлов С. Н. К топографии Новгорода X–XVI вв. // *Новгород. К 1100-летию города*. М., 1964. С. 264–285.

- 
- <sup>10</sup> Петров М. И. Топография средневекового города и географические информационные системы: новые подходы и методики // Археология и история Пскова и Псковской земли. Вып. 56. М. ; Псков, 2011. С. 120.
- <sup>11</sup> Для соотнесения с современной основой были использованы топографическая съемка Новгорода 1930–1932 гг., которая фактически идентична современной, и материалы плана Новгорода 1819 г. (РГИА. Ф. 380. Оп. 16. Ед. хр. 1523. Л. 1–6; РГВИА. Ф. 846. Оп. 16. Д. 22253) как наиболее раннего из планов, соотносимого с современной ситуацией с достаточной точностью.
- <sup>12</sup> Янин В. Л. «Семисоборная роспись» Новгорода // Средневековая Русь. М., 1976. С. 108–117; Андреев В. Ф. Новый список «Семисоборной росписи» Новгорода // Новгородский исторический сборник. № 3 (13). Л., 1989. С. 219–223; Мусин А. Е. Семисоборная роспись Великого Новгорода как исторический источник // Великий Новгород и Средневековая Русь: сборник статей к 80-летию В. Л. Янина. М., 2009. С. 104–122.
- <sup>13</sup> Полигоны Дирихле (или полигоны близости, Thiessen polygons) образуются таким образом, что расстояние от любой точки области до данного объекта меньше, чем до любого другого объекта множества, соответственно, их границы проходят по точкам, равноудаленным от точек/полигонов исходных наблюдений (в нашем случае раскопов).
- <sup>14</sup> Мусин А. Е. Соборные округа древнерусского города: от сакральной топографии к иеротопии // Иеротопия. Создание сакральных пространств в Византии и Древней Руси. М., 2006. С. 491–524. См. рис. 1, с. 517.
- <sup>15</sup> Следует отметить, что существуют данные и для XV столетия, но обширные площади, где слои этого времени не сохранили органических остатков, делают модель недостаточно достоверной.
- <sup>16</sup> Петров М. И., Тарабардина О. А. Динамика изменений городской территории Новгорода в X–XIV вв. // Археология и история Пскова и Псковской земли. Вып. 57. М.; Псков, 2012. С. 139–147.
- <sup>17</sup> Петров М. И., Тарабардина О. А. Моделирование территории Новгорода средствами ГИС // Материалы 2-й международной конференции «Археология и геоинформатика». М., 2015 [Электронный ресурс]. CD-ROM, (в процессе издания).
-