

Санкт-Петербургский государственный университет

**ТЕЛЬТЕВСКАЯ Юлия Олеговна**

**Выпускная квалификационная работа**

**РАЗРАБОТКА ГЕОИНФОРМАЦИОННОГО РЕСУРСА ДЛЯ  
АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКОВ ВЕЛИЖСКОГО РАЙОНА  
СМОЛЕНСКОЙ ОБЛАСТИ**

Основная образовательная программа бакалавриата

«Картография и геоинформатика»

Профиль «Геоинформатика»

Научный руководитель:

к.г.н., доцент

**СИДОРИНА Инесса Евгеньевна**

Рецензент:

старший научный сотрудник

Федерального государственного

бюджетного учреждения культуры

«Государственный Эрмитаж»

**МАЗУРКЕВИЧ Андрей Николаевич**

Санкт-Петербург

2018

## Содержание

|  |    |
|--|----|
| Введение.....  | 3  |
| Глава 1. Особенности применения геоинформационных технологий в археологических исследованиях.....  | 5  |
| 1.1. Применение ГИС по различным направлениям археологических изысканий. Уровни использования ГИС.....   | 6  |
| 1.2. Основные процедуры ГИС, используемые в обработке и анализе археологической информации.....  | 8  |
| Глава 2. Организация хранения и передачи археологической информации. Выбор программных продуктов и характера систематизации данных.....        | 18 |
| 2.1. Специфика форматов и вида данных, поступающих в процессе археологических исследований.....  | 18 |
| 2.2. Способы обмена археологическими данными.....  | 21 |
| 2.3. Обзор облачного продукта NextGIS.....   | 23 |
| Глава 3. Создание геоинформационного ресурса для обеспечения археологических исследований с помощью сервиса NextGIS.....                       | 25 |
| 3.1. Общие сведения о Сертейском археологическом комплексе. Особенности сбора пространственных данных в ходе археологических исследований..... | 25 |
| 3.2. Подготовка данных к формированию геоинформационного ресурса. Разработка его структуры, загрузка данных.....                               | 28 |
| 3.3. Создание формы для сбора археологических данных через мобильное приложение NextGIS Mobile в программе NextGIS FormBuilder.....            | 35 |
| Заключение.....  | 39 |
| Список литературы .....  | 40 |

## Введение

Как дисциплина, археология всегда была сосредоточена на пространственном измерении человеческого поведения. В результате археологи должны интерпретировать поведение человека и материальную культуру в географическом контексте. Однако способность представить всесторонне какие-либо гипотезы ограничена возможностями аналитических инструментов. К счастью, в настоящее время существуют инструменты для сбора, хранения, извлечения, обработки и отображения пространственных данных для этой цели. Эти инструменты объединены в различного вида программные обеспечения, называемые географическими информационными системами (ГИС).

Археология основана на изучении человека в прошлом через материал и следы, которые дошли до нас. Анализ фокусируется на объектах, но мы хотим знать и объяснить поведение человека, и причины каких-либо произошедших событий. Исходя из этого, очевидно, что первое важное различие между традиционной ГИС и археологической заключается в их задачах: государственное управление или даже компания обычно создают информационную систему для управления текущими ситуациями или для прогнозирования будущих сценариев для принятия решений; в археологическом проекте ГИС прежде всего используется для объяснения прошлых ситуаций.

В этом смысле можно выделить две проблемы подхода: 1) различная образовательная база исследователей в отношении междисциплинарного уровня команд; 2) глубокое отсутствие однородности между фактическими археологическими методологическими предпосылками и реализацией компьютерных процедур, согласующихся с математической логикой.

Что касается пространственного анализа, то Европейский подход в основном ориентирован на традицию ландшафтной археологии. Ландшафтная археология - это интеллектуальная традиция, основанная У.Х.Хоскинсом в конце XX века. Эта традиция отличается от традиции пространственной статистики концентрацией на извлечении культурного значения из различных элементов ландшафта и их пространственных отношений. Другими словами, эта традиция не только создает пространственную структуру археологических объектов, но и связывает ее с социальной, экономической или политической моделью для построения теории.

Другое отношение, направленное на строительство соотношения археологической культуры и информационных технологий, было ответственным за создание различных ГИС версий: от хорошо себя зарекомендовавших временных ГИС (TGIS), направленных на добавление времени как четвертой переменной в пространственные (x, y, Z), до инновационных объектно-ориентированных ГИС (OOGIS). Виртуальная ГИС (VGIS), разработанная с использованием методов виртуальной реальности, направлена на когнитивный путь, где традиционная археологическая реальность не представлена в статической форме, но испытана в полном погружении через различные типы навигации, сенсорные или программные.

Хотя вышеупомянутые приложения представляют собой новаторскую и оригинальную модель для визуализации и структурирования информации, другие решения более конкретно касаются использования ГИС в качестве вспомогательного инструмента для интерпретации данных, а именно реконструкции интеграции человека и окружающей среды. Это является целью анализа видимости, взаимной видимости и стоимости поверхности, вплоть до новых применений, включая движение, визуальное восприятие и своего рода сенсорное взаимодействие в рамках взаимодействия человека и окружающей среды.

Сегодня использование приложений на мобильных устройствах, таких как смартфоны или карманные компьютеры (GPS, ГИС или мобильные ГИС) становится все более важным. Это развитие также привлекло археологический сектор, где они имеют значение в хранении и управлении данными на месте. В целях расширения коммуникации в этом секторе, который до настоящего времени ограничивался определением проектов и результатов и никогда не ограничивался непосредственно данными, были начаты различные экспериментальные исследовательские проекты, направленные на интеграцию ГИС в Веб. С помощью веб-ГИС приложения ГИС, традиционно разрабатываемые для автономных пользователей или в среде локальной сети, могут быть реализованы на картографических серверах, обеспечивая взаимодействие через Интернет со связанными с ними данными.

Учитывая все современные возможности привнесения новых инструментов в археологическую сферу, целью выпускной квалификационной работы является создание геоинформационной инфраструктуры, основанной на веб-ГИС платформе, для обеспечения археологических исследований в Велижском районе Смоленской области. Для реализации поставленной цели будет необходимо разработать веб-ГИС с данными для их публикации, синхронную настольную ГИС для работы с данными, мобильное приложение сбора археологических данных.

## **Глава 1. Особенности применения геоинформационных технологий в археологических исследованиях.**

Археология является одной из наук, занимающихся изучением человека с социальной точки зрения. В её задачи входит как можно более точное восстановление прежнего материального и общественного уклада жизни людей. Конечно, это довольно сложно, так как многие детали бесследно уничтожило время и последующие поколения людей. Чтобы пролить хоть немного света на наше прошлое, археологам приходится буквально по крупицам собирать сведения об исторических, экономических и социальных моментах развития человечества из сохранившихся материальных останков минувших лет. Важной задачей является получение максимально большого количества информации от древних находок, но при этом обходясь без нарушения хрупких, ценных предметов. В комплекс археологического исследования входит применение использование знаний множества гуманитарных, общественных, естественных, технических наук, в частности, географических.[3]

Примерно с XVIII века существует наука историческая география, основоположником которой считается В.Н.Татищев. Основным предметом её изучения является некая среда, созданная вследствие взаимодействия природы и человека. Ученые многие годы искали ответы на вопросы, которые ставила им наука, но оказалось, что работы лишь с письменными документами неэффективна. Тогда появилась похожая наука — археологическая география; это направление было разработано Микляевым А.М. Предмет изучения сохранился, но появилась возможность использовать материальные источники, результаты раскопок; теперь параллельно с археологическими исследованиями можно анализировать взаимовлияние человека и окружающей среды в древности. Это позволяет подмечать важные детали и получать больше сведений о прежнем облике изучаемой территории. В связи с этим появляются новые разделы этой науки, например, историческая география ландшафтов.[9] Так как археологические исследования актуальны по сей день и будут таковыми всегда, естественно, что современные географические методы исследования являются базовыми.

Геоинформационная система (ГИС) - это аппаратно-программный человеко-машинный комплекс, обеспечивающий сбор, обработку, хранение, отображение и

распространение пространственно-координированных данных, а также прочей информации и знаний о территории для решения научных и прикладных задач, связанных с инвентаризацией, анализом, моделированием, прогнозированием и управлением природной окружающей средой и территориальной организацией общества. Функции хранения, обработки и данных являются отличительной от других информационных систем особенностью.[2] Термин ГИС часто появлялся в археологических исследованиях с 1980-х годов, даже в 1970-е годы уже были проведены научные археологические исследования в статистических и картографических компьютерных приложениях, которые каким-то образом относились к ГИС-технологиям. Первые приложения были разработаны в основном в Северной Америке, и касались моделирования интересных с точки зрения археологии поверхностей с помощью различных типов полиномиальных функций, а также производство ЦМР и цифровых тематических карт археологических объектов или районов раскопок.

Применение ГИС в археологии стало распространяться в Европе только десять лет спустя, в начале 1990-х годов, и в основном связывалось с управлением культурными ресурсами (УКР), который является основным прикладным сектором. Благодаря наличию высокопроизводительных портативных компьютеров и современных топографических приборов (тахеометров, GNSS приемников, лазерных сканеров), способных получать и привязывать положение раскопа, приложения ГИС также продолжают развиваться до сих пор. Упорядоченная запись данных и управление после того, как выполняются раскопки, все чаще проводят одновременно, что значительно сокращает продолжительность обработки данных, а также ошибки интерпретации.

### **1.1. Применение ГИС по различным направлениям археологических изысканий. Уровни использования ГИС.**

Геоинформационные технологии используются в археологии уже более 30-ти лет, и область их применения постоянно растет, открываются новые возможности, прорабатывается и надежно сохраняется вся информация. Сегодня мы имеем дело уже с несколькими отдельными направлениями археологической геоинформационной системы:

#### **1) Охрана археологического наследия и прогностическое моделирование.**

Работа заключается в создании ГИС по памятникам прошлого, организации защиты их от разрушения и утери, разработке единых стандартов описания археологических объектов и древних артефактов. А с помощью прогностического моделирования можно распознать (понять) структуру памятника и наметить места возможного расположения памятников, тем самым упростив поиски.

#### **2) Моделирование исторической ситуации**

Компьютерная реконструкция исторических процессов и объектов, окружающей среды также является важной частью археологических исследований. Она буквально помогает визуализировать прошлое, может натолкнуть на какие-либо догадки при предоставлении общей картины.

### 3) Исследования в ландшафтной археологии

Это один из самых сложных аспектов ГИС в археологии, так как включает в себя разнообразную информацию, являющуюся результатом применения методов множества наук. Предметом изучения и моделирования являются «культурные ландшафты», представляющие собой комплексы свидетельств взаимодействия человека с природой и последующих за этим результатов.[1] [9]

ГИС в археологии играет гораздо большую роль, чем просто создание эстетически приятных карт. Вместо этого ему отводится важная аналитическая роль. Общий обзор археологической литературы по ГИС показывает три основных направления исследований:

а) модели местоположения объектов, разработанные в основном для целей управления культурными ресурсами;

б) процедурные исследования ГИС;

в) исследования, связанные с более крупными теоретическими вопросами ландшафтной археологии.

Этот порядок не означает, что один из них более важен, чем другой, но указывает на различия в аналитических возможностях ГИС, предлагая ряд возможностей для генерации гипотез и теории. Визуализация - это использование ГИС в качестве картографического центра или, более неформально, в качестве приложения «красивые картинки». Это самый низкий уровень использования ГИС и не требует много аналитических возможностей, поскольку он фокусируется на графических функциях ГИС. Это может быть жизненно важным применением ГИС, поскольку эффективная иллюстрация в археологических отчетах является важной задачей, хоть она и не использует в полной мере возможности ГИС и не предлагает многого на пути создания гипотез или теории. Визуализация, по сути, является режимом ГИС «только для чтения». Управление является шагом выше визуализации с точки зрения сложности, и широко используется теми, кто регулирует археологические ресурсы и тех, кто участвует в отрасли УКР. Кратко, это режим «чтение-запись» ГИС, поскольку он позволяет редактировать данные. Этот уровень использования ГИС в большей степени ориентирован на управление местоположениями, чем на любые попытки провести анализ и понять поведение человека, например, анализ моделей расселения. Хотя более сложный, чем визуализация, этот подход до сих пор не использует все аналитические возможности ГИС и не предлагает много возможностей для создания теории. Именно на этом уровне происходит

большинство археологических проектов ГИС. Самый высокий уровень использования ГИС-анализ, как в техническом плане, так и в качестве средства генерации или тестирования теории. Хотя этот уровень и самый высокий, он используется реже, чем предыдущие два уровня. [4]



Рис.1. Примеры уровней использования настольных ГИС  
(источник <http://100-bal.ru/pravo/187988/index.html?page=3>)

## 1.2. Основные процедуры ГИС, используемые в обработке и анализе археологической информации.

ГИС часто определяется минимальным набором подсистем (чтобы отличить его от других программных пакетов), в том числе для ввода и проверки данных, хранения данных и управления базами данных, вывода и отображения данных, преобразования данных и управления пользователями. На самом простом уровне ГИС можно рассматривать как базу данных с пространственной привязкой. Используемые пространственные данные описывают объекты в терминах: 1) положение в некоторой системе координат; 2) непространственные атрибуты; и 3) пространственные отношения между объектами.

Археологические данные имеют двойственный характер, так как они распределены в пространстве и во времени. Характерной чертой для всего программного обеспечения ГИС является способность управления многослойными и многомасштабными привязанными географическими данными: этот потенциал делает ГИС приложение идеально подходящим для управления археологическими данными. Учитывая характер большинства археологических данных, ГИС-технология является наиболее гибкой и полной системой для анализа пространственного контекста исторических данных.



В археологии существует два основных типа пространственных данных: точечные и площадные данные. Точечные данные включают в себя такие объекты, как местоположения артефактов, объекты, и археологические раскопки единиц. Площадные данные включают такие объекты, как поверхность, ландшафт, участок или регион. Каждый из этих типов данных имеет специальные аналитические процедуры ГИС, которые, в свою очередь, предоставляют различные возможности для управления и анализа археологических данных.

Точечные процедуры фокусируются на местоположениях точек и часто используются для анализа тенденций в наборах данных или интерполяции рассеянных точек в более плотное представление распределения. Существует два типа точечных процедур: отображение плотности и интерполяция. Отображение плотности - это создание карт, показывающих распределение интересующей переменной по поверхности, например артефактов во вспаханном поле или участков в регионе. На основе такого рода картографирования можно проанализировать локальные тенденции, хотя этот подход является грубым. Картографирование плотности, как правило, не является отдельной процедурой в археологической литературе, хотя оно составляет основу большинства археологических отчетов в рамках общего представления. Также возможно использовать точечные данные для создания непрерывных данных поверхности с помощью интерполяции, которая состоит из ряда математических процедур для преобразования точечных распределений в непрерывную поверхность. Многие из этих методов интерполяции основаны на теориях, отличных от теории вероятности, таких как гравитационные или плотностные модели. Примером интерполяции является кригинг, который основан на предпосылке, что вещи поблизости, как правило, более похожи, чем те, которые дальше; когда карты интерполируются, данные ближе к интерполируемой точке оказывают большее влияние, чем данные дальше.

Археологическая литература скудна с точки зрения ГИС-проектов, которые используют интерполяционные типы точечных процедур. Ранее Зубров и Харбо (1978) использовали в исследовании кригинг для определения мест археологических раскопок без использования ГИС методов. В то время как они получили хорошие результаты от синтетической системы местоположения, их использование кригинга было ошибочным. Кригинг использует связь между непрерывно распределенной переменной для прогнозирования значений, где эта переменная неизвестна, например, для интерполяции типов почв, значений высот или снегопадов. Однако, Зубров и Харбо утверждали, что локализации археологических раскопок считаются непрерывно распределенными. Для

достижения непрерывного распределения они использовали двоичную систему учета отсутствия, то есть нулевое значение присваивается тем областям, где нет сайтов.

Интересным применением интерполяции является использование интерполяции и ГИС-анализа для определения уровней занятости на участке с течением времени и учитывающем изменения на нем. В то время как строгость этих типов приложений все еще не доказана, она показывает перспективы новых возможностей в рамках приложений ГИС в археологических исследованиях. Тем не менее, есть несколько проблем в использовании этого простого типа анализа. Данные этого типа, как правило, имеют поперечное сечение, поскольку они представляют собой моментальные снимки во времени, которые часто объединяются в один слой тематической информации. Например, археологические памятники в регионе могут быть не все одного времени.

Площадные процедуры гораздо более распространены в археологических ГИС. Может быть, некоторое перекрытие с точечными процедурами, такими как методы интерполяции карты, которые рассматривают местоположение памятника или какой-либо его аспект как зависимую переменную, предсказываемую любым числом независимых переменных. Здесь, несмотря на то, что входная геометрия может быть точечной, основное внимание в процедурах сосредоточено на ландшафте или регионе и на интерпретации участков в этом контексте, а не на самих точечных местоположениях. Другими словами, единицей анализа является заданная площадь или земельный участок, обычно представленная ячейкой сетки в ГИС. Ячейка содержит значение точки. В случае археологических раскопок вся ячейка будет иметь значение либо настоящего, либо отсутствующего участка, даже если ячейка может быть больше, чем экстенды участка.

Данные, составляющие археологическую ГИС, не существенно отличаются от тех, которые по общей ГИС и могут быть разделены на табличных и пространственных данных. Цифровые табличные данные организованы в ГИС с реляционной моделью: наиболее часто используемые пакеты программного обеспечения ГИС имеют реляционную СУБД внутри или использовать внешнее программное обеспечение (MySQL, SQL Server и т.д.). Более сложная модель базы данных после реляционной является объектно-ориентированной. Базы данных ОО основаны на агрегации данных и функционируют в структурах, названных, собственно, объектами. ОО-ГИС представляет собой экспериментальное применение в археологических исследованиях модели, объектно-ориентированной, рожденной как концептуальная разработка баз данных. Эта модель направлена на указание физических или логических значений, определенных набором функций и правил поведения, выражающих его состояние, как динамическое, так и статическое.

Следует отметить, что реляционные базы данных и ОО не конкурируют друг с другом, как за доминирующее положение реляционной модели, так и, прежде всего, за объектно-ориентированный подход, бесполезный в приложениях, управляющих большими объемами несложных данных. Пространственные данные - это все те данные, с которыми можно связать справочную систему. Существует множество систем и методов получения пространственных данных, которые используют типичные методы и инструменты геоматики, такие как:

- Методы дистанционного зондирования (цифровые изображения, полученные с помощью бортовых и спутниковых датчиков);
- Топографические методы (со всех станций и цифровых уровней);
- Фотограмметрические методы (и аналогичные цифровые изображения, полученные с помощью воздушных и наземных камер);
- Методы GPS;
- Воздушные и наземные методы лазерного сканирования.

Дополнительная классификация данных ГИСА является традиционным: деление данных на растровые и векторные форматы.

*Таблица №1. Особенности форматов данных в ГИС-приложениях*

| <b>Формат</b> | <b>Особенности</b>   | <b>Сильные стороны</b>  | <b>Недостатки</b>  |
|---------------|--|---|--|
| Растровый     | Предпочтительно, для значений моделирования, которые непрерывно изменяются в пределах территории.                                      | Возможности для 3D моделирования и алгебры карт.  | Большой объем памяти компьютера требуется. Изображения размытия при увеличении масштаба.   |
| Векторный     | Предпочтительно для моделирования дискретных значений. Классические примитивы этой модели являются: точки, полилинии и многоугольники. | Небольшое количество памяти компьютера требуется. Это не зависит от масштабирования. Именно на основе ГИС-топологических правил | Она не подходит для моделирования значений, таких как высота, глубина воды, температура, осадки, постоянно изменяется на земной поверхности. |

Модели поверхности. Построение 3D или 2,5D моделей поверхности является одним из основных потенциалов ГИС. ЦМР могут быть получены из различных источников (дистанционное зондирование через спутниковые стереоизображения, аэрофотосъемки,

LiDAR, DGPS, контурных линий и отметок высот) и играют фундаментальную роль в осуществлении археологических ГИС.

Процесс растеризации данных высот, дискретных по своей природе, называется интерполяция, и именно на основе дисциплины, называемой геостатистикой. Результат этой операции почти всегда состоит из монохромного растрового изображения (DEM), где ортометрическая высота точки связана с каждым пикселем. Можно генерировать модели данных высот, называемые треугольной нерегулярной сетью (TIN). Эта модель представляет собой поверхность местности с помощью сетки треугольников (триангуляция Делоне): с точки зрения теоретической классификации, TIN, даже сохраняя свою автономию, может рассматриваться в качестве модели данных ГИС более близкой к векторному формату, чем к растровому.

Выбор наиболее подходящего метода интерполяции (IDW, кригинг, сплайн и т.д.) должен быть сделаны по отношению к двум компонентам: распределение выборочных точек и ожидаемого результата. От модели ЦМР можно автоматически вывести серию фундаментальных продуктов, которые являются полезными в археологической сфере:

- Склон карты (значение каждого пикселя представляет свой наклон, в градусах или процентах);
- Формат карты (значение каждого пикселя представляет собой направление ветра, в градусах, к которому пиксель ориентирован);
- Видимость на карте (определив положение наблюдателя, функция географической локализации соседних участков извлекает все видимые пиксели);
- Контурные линии, с заранее заданным интервалом (изолинии). Также возможно, с помощью специальных гидрологических инструментов для извлечения потока накопления пикселей и гидрологической границы бассейна.

ЦМР также используется, основываясь на различных аналитических методов, характерных для археологического сектора, включая:

- В режиме реального времени просмотра рельефа местности;
- Анализ затрат и расстояние, анализ пути с наименьшими затратами;
- Прогнозные модели. Видимость и анализ взаимовидимости;
- Моделирование природных процессов, таких как эрозия и аллювиальных явлений;
- Виртуальная реальность.

Кроме того, ЦМР дает фундаментальную поддержку также во время археологических раскопок, так как они позволяют получить управление на месте различными стратиграфическими слоями.

Сферы применения ГИС и их основные принципы в определенной сфере:

1) *ГИС-приложения в управлении культурными ресурсами (УКР)*. В УКР-секторе использование ГИС в основном связано с необходимостью управления огромным количеством графических и буквенно-цифровых данных. Первый шаг в эксплуатации ГИС, безусловно, был для преобразования информации из аналогового формата в цифровой, с целью замены и улучшения операций и процедур, которые часто осуществлялись вручную. Поначалу ГИС использовались в качестве инструментов для сбора и хранения информации, и единственные реализуемые средства были ограничены визуализацией данных и составлением тематических карт. В УКР возможность использования ГИС для записи, обработки и анализа несоразмерного количества географических и экологических переменных посредством алгебраического наложения тематических карт представляет исключительный интерес. Первой существенной областью применения была интеграция археологической информации в городском планировании. В этом секторе, прогностические расчеты, основанные на построении моделей поселений, могут играть существенную роль. Такой подход отчасти обусловлен взаимосвязанностью компонентов окружающей среды, в связи с его уклоном в сторону географического анализа в отношении культурных единиц, мы должны признать, что ГИС может иметь большую полезность в определении прогнозных моделей. Поэтому использование пространственных технологий открыло новые сценарии в сохранении и охране историко-археологического наследия.

Еще одно, иное направление в использовании этой технологии можно было бы принять, если бы ГИС не рассматривались как нейтральные методы, то есть простые физические интерпретаторы. Некоторые авторы утверждают, что ГИС не являются беспристрастными инструментами: они представляют собой социальное воспроизводство знаний, и в этом смысле развитие методологии не может быть разделено прогрессом теории, обязательно обосновывающей его. Другие исследователи подчеркивали необходимость пересмотра глубинных последствий, которые будут возникать в результате создания и использования ГИС с точки зрения методологии, исследований и, в конечном счете, самой археологической теории. После первоначального этапа, посвященного главным образом созданию прикладных программ, мы наблюдаем сегодня этап размышлений и развития, вытекающий из необходимости глубокого понимания связи между ГИС и археологической теорией. ГИС, безусловно, представляют собой науку о пространственной информации, и их широкое использование, даже в региональном планировании, навязывает археологам новое понимание потенциала инструментов информационных технологий. Вычислительные методы предлагают сегодня возможность думать о деятельности по сохранению не только как о простой защите актива, но и как об эксплуатации и динамической интеграции археологического наследия в городскую и ландшафтную ткань.

2) *Пространственный анализ и прогнозное моделирование.* Археологические полевые исследования могут быть разделены на два основных типа: отбор проб и описание. Что касается первого типа, археологическая выборка осуществляется, если раскопки были проведены в соответствии с конкретной схемой выборки. Эта стратегия чаще всего используется, когда область исследования настолько велика, что она не может быть полностью исследована. Таким образом, стратегия отбора проб проистекает из необходимости максимизации выводимой информации из раскопов, сводя к минимуму, в то же время затраты на обследования. Эта потребность (критерий эффективности) приходит вместе с желанием распоряжаться репрезентативной выборкой исследуемой популяции (критерий тотальности).

Второй тип обследования, проводимое с заранее определенной целью, например, определение конкретного типа объекта, называется археологическим исследованием. Что касается археологического исследования, то критерий эффективности все еще остается в силе, а это означает, что минимизация затрат (время, ресурсы, труд) остается целью. С другой стороны, критерий тотальности становится ничтожно малым. Не надо распоряжаться репрезентативной выборке, а получить, с минимальными усилиями, наилучшим примером для исследования курса.

Прогностические модели являются формулировками, которые могут быть либо дедуктивными, либо индуктивными, созданными с целью прогнозирования неизвестных событий. В частности, для археологических исследований важно предсказать местоположение участка. Фактически, обнаруживается лишь небольшая часть существующих объектов, в то время как огромное количество объектов в мире ежегодно разрушается, чтобы освободить место для развития современных поселений. Одним из средств распространения знаний и защиты объектов, подверженных риску, является создание формальных моделей, способных прогнозировать вероятное местоположение объектов. Для этой цели могут использоваться дедуктивные модели, вытекающие непосредственно из теории, или индуктивные модели. Последние заключаются в изучении некоторых закономерностей, выявленных в комплексе эмпирических наблюдений. Это исследование проводится таким образом, чтобы получить показания археологических характеристик зон, которые не были замечены сразу.

Однако на практике необходимы как теоретические, так и эмпирические наблюдения. Например, прогнозные модели обнаружения археологических объектов могут разрабатываться с использованием дедуктивного подхода, в основном с учетом культурных и биологических потребностей общества. Эти потребности могут направлять выбор

независимых переменных, что приведет к построению моделей, которым не нужна информация о географическом положении участков.

Эти модели не могут быть реализованы или протестированы без эмпирических наблюдений. В то же время для археологических памятников может быть построена чисто индуктивная схема локализации, но без теоретического обоснования процесс отбора переменных становится неэффективным, а оценочная модель слаба и не поддается интерпретации. Прогностические модели лишь недавно получили распространение в качестве фундаментального компонента археологических исследований. Одна из причин успеха этого класса моделей связана с тем, что археологические памятники, как правило, появляются в средах с благоприятными условиями. Прогностические модели используют этот тип информации и, используя различия между экологическими особенностями тех районов, где такие объекты существуют или не существуют, помогают исследователям выявлять районы с высокой вероятностью обнаружения археологических объектов.

Прогнозные модели позволяют прогнозировать значение зависимой переменной (или его вероятность возникновения), функция одного или нескольких независимых переменных. Прогнозные модели подразделяются на индуктивные и дедуктивные модели моделей. Первые зависят от базы данных более или менее определенных входных данных; Поэтому ошибки в базе данных могут возникать ошибки в прогнозной модели. Дедуктивные модели основаны вместо этого на начальной теоретической основе.

С точки зрения разработки моделей существует “численный” и “взвешенный” подходы. Численный подход использует статистические методы для выявления возможных связей между археологическими объектами и специфическими особенностями окружающей физической среды. В численном подходе все переменные, используемые при генерации модели, совпадают с одинаковым весом с потенциальным местоположением площадки. Взвешенный подход начинается с предположения, что все переменные с разными весами способствуют обнаружению потенциального местоположения участка.

Разработка прогностической модели предполагает предварительный анализ репрезентативности переменных, качества базы данных и масштаба представления модели. Стадий производства прогнозной модели обычно три: первый этап касается разработки базовых гипотез, а также сбора и организации данных. Вторая состоит из разработки модели и ее первоначального тестирования. Последний этап состоит из непрерывного применения модели и текущей настройки.

3) *Построение пространственной базы данных.* Реальной проблемой применения ГИС в археологии является строительство геопрограммной базы данных, которая существенно отличается в зависимости от различных целей, которые были установлены. В

зависимости от данных, которые должны быть использованы для прогностического анализа, землеройной документации или 3D визуализации, структура и сложность геопространственной базы данных будут отличаться. Эти проблемы связаны с гетерогенной природой данных (вектор или растр) и комплексностью ситуации, поэтому описание этих аспектов делает конструкцию геопространственной структуры базы данных все более и более сложной. По отношению к сложности ситуации, чаще всего возникают однотипные проблемы:

- не всегда регулярные поверхности с неровными краями, которые должны быть описаны с помощью векторных элементов;

- графическое представление описание, которое может быть сделано с помощью растровых изображений(которые имеют прямоугольную форму, но прозрачный цвет фона так, чтобы представляет собой область, которые не являются регулярными и с фрагментированными краями);

- значимые мелкие в данном масштабе объекты, которые должны быть описаны векторными сложными примитивами типичных твердых моделистов.

Такого рода сложности в описании археологических сцены требует сочетания различных моделей внутри одного программного инструмента с высоким уровнем сложности для описания объектов, которые многочисленны и распространяются на большой площади.

*Таблица №2. Выбор типа выходных данных в зависимости от цели дальнейшего использования*

| <b>Цель</b>             | <b>Тип данных</b>   |
|-------------------------|---|
| Интеллектуальный анализ | Данные в очень простой форме, указывают или данные о площади, или 2D вектор   |
| Документация с раскопок | Гетерогенные 2D, 2.5D и/или 3D-данные в растровом и векторном формате, такие как САД-данные из эскизов или обследований, данных ГИС, полученных из данных САПР, растровых данных, поступающих с камеры, низкой высоты аэрофотосъемки (воздушными шарами, столбы, беспилотные самолеты). Данные может иметь как простую или сложную структуру в зависимости от конфигурации и формы областей или объектов, чтобы описать |
| 3D визуализация         | 3D, 2.5D и 2D векторные или растровые данные в стандартизованной форме (как правило, уменьшается количество форматов), в архиве также содержатся в очень сложной структуры базы данных. Они   |



Большинство пакетов программного обеспечения ГИС позволяют выполнять запросы атрибутов и пространственных запросов. Атрибутов запросов полагаются на SQL, компьютерный язык базы данных, предназначенной для чтения, редактирования и управления данными, хранящиеся в системе, основанной на реляционной модели, создавать и изменять макеты базы данных, для создания и управления инструментами для управления и доступа к данным. Большая заслуга SQL и реляционной модели заключается в возможности одновременного извлечения информации из различных таблиц. Пространственные запросы используют геометрические соотношения между примитивами векторной модели (точки, линии, многоугольники). Названия доступных функций изменяются от одной программы к другой. Наиболее распространенными являются: расстояние, равно, штрихи, кресты, перекрывается, содержит, длина, площадь, центрост и т.д.

Полное управление геопространственных данных возможно благодаря пространственному расширению программного обеспечения управления реляционной базы данных, которая может быть дополнена набором полезных функций для хранения в компактной форме (обычно двоичный) графических данных, описывающей пространственные возможности, и сделать пространственный запрос на основе пространственного индекса управляемого этими расширениями.

Сегодня пространственные менеджеры баз данных с пространственными расширениями также позволяют описывать 3D объекты со сложными формами вместе с их пространственными и качественными атрибутами. Для этого необходимо использовать твердое моделирование или CAD программное обеспечение, которое позволяет моделировать 3D сцену и переносить ее (с ее векторными объектами) в базу пространственных ГИС. Эксперимент такого типа был проведен в исследовательском проекте «Управление и использование распределенных 3D-данных с помощью программного обеспечения с открытым исходным кодом Web-GIS», в котором часть исследовательской деятельности была направлена на изучение способа записи геопространственных 3D-объектов, смоделированных в пространственной структуре базы данных Blender, управляемой PostgreSQL. Существует описание, как можно перенести в 3D геопространственную информацию, построенную на основе твердотельного 3D-моделирования.

4) *WebGIS*. В археологической области использование мультимедиа и Интернет рассматривалось больше для ее образовательного потенциала, а также в качестве побочных

продуктов исследовательского проекта, а не как реального и эффективного инструмента исследования. Первые исключения должны рассматриваться в веб-публикации специализированных баз данных, а затем первых археологических проектов ГИС. WebGIS приложения в археологической области в основном связаны с УКР. Проекты в реализации ее целей постоянно развиваются, и они решают проблему управления объектами культурного наследия в соответствии с разными точками зрения, и с точки зрения методологии и содержания, а также с технологической стороны.

На данный момент все остальные археологи могут просматривать эти данные, сравнивая их с данными, они просто обследуемых для того, чтобы облегчить соображения о сходстве выводов и т.д. Это усовершенствованный способ эксплуатации, что сегодня уже можно. Но для того, чтобы сделать это, нам потребуются некоторые методы и методики, вытекающие из последней эволюции компьютерной науки для обмена информации. В частности, информация может предоставляться через Интернет благодаря SOA (Service-Oriented Architecture), то есть набор принципов и методов проектирования и разработки программного обеспечения в виде совместимых услуг. Одним из элементов SOA являются веб-сервисы, с помощью которого данные могут быть доступны из интернета, а также запросов к базе данных с помощью стандартных вызовов. Таким образом, аспект стандартизации информации археологии является основанием для предоставления обмена через Интернет с помощью веб-служб информации. Сегодня геопространственные данные распределяются через Интернет благодаря стандартизованным веб-сервисам, предлагаемого Open Geospatial Consortium (OGC WFS / WMS), подходит для совместного использования векторной 2D информации и растровой 2D информации.

## **Глава 2. Организация хранения и передачи археологической информации. Выбор программных продуктов и характера систематизации данных.**

### **2.1. Особенности форматов и вида данных, поступающих в процессе археологических исследований**

Археология ввиду своего изначального происхождения оперирует общенаучными и специальными историческими методами, существенно применение и естественно-научных методов. Как наука она имеет более тесную связь с точными науками, и соответственно имеет возможность использования современных математических и компьютерных средств исследования, обработки и т.д. Исходя из общего определения ГИС, можно выделить несколько групп методов, или технологий, отвечающих соответственно за реализацию и

управление процессами создания, хранения, представления, обработки и обмена археологической информации.

Первоначальной концепцией комплексного рассмотрения этого списка является технология создания (поиска) археологических данных. Эта технология заключается в прохождении всех этапов организации исходных данных, которые были добавлены в процессы полевых и лабораторных археологических исследований, сопровождаемы описанием результатов исследований. Целесообразность прохождения всех этапов проверяется изначально, и, прежде всего, учитывается степень соответствия данных действительности, достаточен ли их охват и комплексность для наиболее полного исследования процесса. Использование этих технологий, по сути, является традиционной формой и совокупностью методов археологических исследований, но на одно из первых мест теперь выходит сама форма поступления и хранения археологических материалов. Появляется необходимость интерпретировать полевые данные так, чтобы не было проблем с применением для них современных компьютерных методов и продуктов. Отсюда встает вопрос об унификации форматов представления и регламентации необходимых наборов, наименований, сопутствующих данных и т.д. Обязательно должны быть реализованы такая важная процедура, как модель данных, которая устанавливает форму представления записи данных (текст, чертежи, рисунки, таблицы и др.), материал записи (бумага, кино-, аудио- и видеокассеты, компьютерные средства) и логическое представление в виде наглядных макетов данных, в которых эти данные будут храниться и использоваться в последующих программных продуктах и процедурах. Для реализации этой схемы существуют различные системы управления базами данных и знаний (СУБД), специализирующихся на систематизации мультимедийных и текстовых формах данных.

Различие в форматах и видах первичных данных обусловлено используемыми в процессе сбора информации (непосредственно изысканий) приборами: электронные теодолиты, СГП (GPS), тахеометры, БПЛА, геофизическое оборудование, цифровые камеры. Их объединяет возможность вывода полученных данных на компьютер, но способы представления и обработки довольно сильно различаются.

Процесс накопления следует после технологии создания археологических данных, он включает процедуры обновления, удаления, дополнения этих данных, вместе с этим модифицируется способ представления в базах данных новой или отредактированной информации с учетом ее дальнейшего эффективно использования или архивации, удобство использования и общей наглядности, информативности. Это так же влияет на предоставление доступа к информации, защиту данных от неразрешенного редактирования,

а так же на обеспечение удаленного дополнения, преобразования и просмотра археологических данных.

Технологии обработки данных археологических исследований представляют собой комплекс функциональных подсистем, под потребности и возможности которых должны подстраиваться другие типы технологий, выполняя для комплекса функции обеспечивающих подсистем. Операции обработки данных и связанные методы, универсально выработанные для решения поставленных задач, контролируют и осуществляют преобразования данных на всех стадиях создания, представления, хранения, самой обработки, передачи археологической информации, являясь таким образом сосредоточением и направлением основных функций, алгоритмов и способов моделирования в используемом программном продукте. Одну из самых весомых ролей играет непосредственно этап обработки, так как именно в нем сильнее реализована возможность обоснованно строить гипотезы о жизни людей и природных процессах в далёком прошлом, обобщая интерпретированную и структурированную археологическую информацию и вычлняя отсюда наиболее важных сведений методами информатики. Можно сказать, что основой и сутью археологических изысканий является комплексная обработка данных и их дальнейший анализ. К процедурам обработки можно отнести:

- системы для идентификации типа артефакта или материала(сортировка находок по различным критериям);
- пространственный анализ: распределение артефактов в пространстве, отсюда восстановление картины прошлого (логика расположения поселений, иерархия внутри и между ними);
- построение графиков и иллюстраций (схематичные изображения, абрисы и зарисовки артефактов, реконструкции, планы местности);
- представление: 3D полноцветное моделирование раскопов, контуров поверхности, картины распределения находок; соподчинение артефактов, кластерный анализ;
- гипотетическая реконструкция и комплексное моделирование: отображение и обработка археологической обстановки как системы установленных правил, ограничений, первичных и результирующих данных.

По функциям можно разделить ГИС на:

1. Инструментальные ГИС (instrumentalGIS) – системы, обеспечивающие ведение картографических БД, пространственный анализ данных, обработку сложных запросов и вывод твёрдых копий;

2. ГИС-«вьюеры» (viewerGIS) – системы, обеспечивающие просмотр введённых ранее данных, выполнение запросов к сформированным инструментальными ГИС базами

данных, организацию вывода оформленного картографического планшета на твёрдый носитель;

3. Справочные картографические системы (information cartographic system) – системы типа «вьюеров», обеспечивающие выполнение разнородных запросов к встроенным в них картографическим базам данных (возможности обновления последних отсутствуют);

4. Векторизаторы растровых картографических изображений (raster cartographic maps vectorizers):

- системы, обеспечивающие ввод пространственной информации со сканера и её автоматическое или полуавтоматическое преобразование в векторную форму;

- специализированные средства пространственного моделирования – программно-аппаратные средства, ориентированные на решение задач моделирования процессов вида: распространение загрязнений сред обитания, геологические явления, анализ рельефа и т.п.;

- средства обработки и дешифрования данных дистанционного зондирования – программно-аппаратные средства, предназначенные для обработки цифровых изображений земной поверхности, полученных с борта летательных аппаратов и искусственных спутников Земли.[5]

Исходя из всего вышесказанного, ГИС являются наиболее перспективными и универсальными системами управления геоданными и их передачи. Важнейшим достоинством ГИС, а так же отличием от СУБД, является возможность пространственной привязки данных. К тому же, в ГИС встроены функции пространственного анализа, тогда как СУБД лишена подобных инструментов. Элементы географической (археологической) карты снабжаются семантикой, которая может быть проанализирована. Взаимоотношения между этими элементами также могут быть проанализированы. Более всего ГИС удобны и полезны при создании археологических информационных систем отдельных географических регионов, планов раскопок археологических памятников, изучении древних карт, палеорельефа. Современные ГИС позволяют анализировать не только векторные данные, но и растровые и текстовые. [1], [5]

## **2.2. Способы обмена археологическими данными**

Исследовательская деятельность в области археологии приносит большой объем данных, чаще гетерогенных и во всевозможных формах. С годами накопленные данные нуждаются в систематизации, сортировке, обработке и организованном хранении. К тому же появляется необходимость передачи первичных данных и результатов их обработки или анализа, поэтому целесообразным оказывается создание единой системы, или базы данных.

Эффективное управление и передача данных такого количества может осуществляться только с использованием цифровых технологий.

Цифровые технологии, конечно же, помимо предложения мощных инструментов для каталогизации, хранения и анализа археологических данных, стали общей и быстрой платформой для передачи информации. В идеале система должна выполнять следующие задачи:

- обновление в реальном времени.
- быстрое и простое сообщение данных в процессе камеральных работ, а также для представления публике, частными лицами и группам исследователей.
- создание веб-ГИС для управления интеграцией данных с графическими, географическими и буквенно-цифровыми данными. [6]

Технологии передачи данных в научных исследованиях вообще (а не только в археологии) появились лишь в последнее время. В значительной мере их появление и развитие обусловлены распределённой и удалённой обработкой и хранением информации. В первую очередь это связано с использованием сетевой технологии (прежде всего технологии локальных сетей) и удалённого доступа по каналам глобальных информационных сетей, таких как Интернет.

Сегодня Интернет представляет собой один из наиболее эффективных инструментов обмена данными, и он, несомненно, останется таковым в будущем. Благодаря согласованным стандартам связи его архитектура гарантирует совместимость между различными сайтами, которые составляют сеть, способствуя обмену опытом, услугами и источниками информации, несмотря на физическое разделение пользователи. Огромный потенциал сети Интернет позволяет создавать связанные с ней информационные системы, используя принципы управления базами данных (СУБД).

Размещение информационной системы в сети значительно расширяет возможности для повышения эффективности коммуникации и обмена информацией. Сеть способна практически мгновенно предоставлять общественности широкий спектр данных, что позволяет им проконсультироваться с хранимой информацией и принять участие в критической оценке и повторной интерпретации ее содержимого. В археологическом контексте, например, это может быть представлено как простой и немедленный способ проверки информации об исследуемых локациях и других функциях, с которыми они могут быть связаны. Доступ в Интернет также делает информацию доступной для пользователей во всех уголках страны и для людей, которые не обязательно являются специалистами в области археологии. Он также позволяет пополнять и редактировать базу данных в режиме реального времени информацией, полученной с различных участков и рабочих станций. [6]

Простые веб-сервисы, предоставляющие машиночитаемые данные, могут помочь сделать археологическую информацию открытой и многократно используемой для исследований, обучения и анализа. Однако внедрение новых способов коммуникации и сотрудничества в традиционную исследовательскую практику создает потенциально непреодолимые проблемы с точки зрения времени, признания, технических проблем и рабочих процессов. Эти проблемы привели к новым разработкам открытого контекста, системе публикации с открытым исходным кодом, призванной облегчить обмен, сотрудничество и интеграцию археологического сообщества.

Общепринятые классификации данных привнесли некоторую первоначальную пользу в системе, но не смогли привлечь достаточное количество пользователей для создания полезных метаданных. Так как веб-службы позволяют повторно использовать данные в различных приложениях и коллекциях, их содержимое должно быть освобождено от лишних, неинформативных составляющих и налажена возможность использования их с содержимым из других источников. Они могут включать другие археологические коллекции или системы, поддерживающие обмен данными в других дисциплинах или системах. Постепенно веб-службы дополняются новыми функциями и отходят от единого режима презентации и визуализации. Поэтому веб-сервисы поощряют разработку новых видов пользовательского интерфейса и большую гибкость взаимодействия пользователей с разнообразным контентом.

Периодически прослеживается нежелание некоторых исследователей обмениваться данными по различным причинам, поэтому обсуждается создание такой системы, которая делает обмен данными формой публикации, где могут применяться некоторые правила ограничения пользования данными и редакционном надзоре, используемые в описательной публикации. Помимо использования в качестве полезной модели публикации, словесные описания и выводы также обеспечивают контекст и смысл для обмена археологическими данными. Так называемое «молчаливое знание», то есть подразумеваемые объяснения и гипотезы, необходимые для понимания археологических данных. Передачу «молчаливого знания» можно осуществлять через формальные системы классификации и онтологии. При этом необходима интеграции публикации данных с описательной и интерпретационной публикацией для того, чтобы сделать общие первичные данные понятными и полезными для более широкого сообщества. [7]

В археологической сфере управление, редактирование и передача данных не могут осуществляться отдельно друг от друга, иначе это влечет за собой ошибки в данных, большие затраты времени. Поэтому очень важным является выбор программных средств, как

можно более полно охватывающих необходимые инструменты и функции для оптимального пользования результатами исследований.

### 2.3. Обзор облачного продукта NextGIS.com.

Для выполнения задач археологии необходима интеграция геоинформационных систем и веб-сервисов. Сейчас на базе некоторых ГИС программных продуктов в Интернете существуют или разрабатываются информационные серверы, дающие возможность осуществлять веб-картографирование. Но чтобы охватить все уровни пользования археологическими данными картографирования не достаточно. Поэтому оптимальным выбором становится облачный сервис NextGIS.

Облачный сервис NextGIS был разработан в 2016 году одноименной коммерческой организацией. Он является стеком нескольких сервисов, платформ и программных обеспечений. Большую роль играют именно платформы:

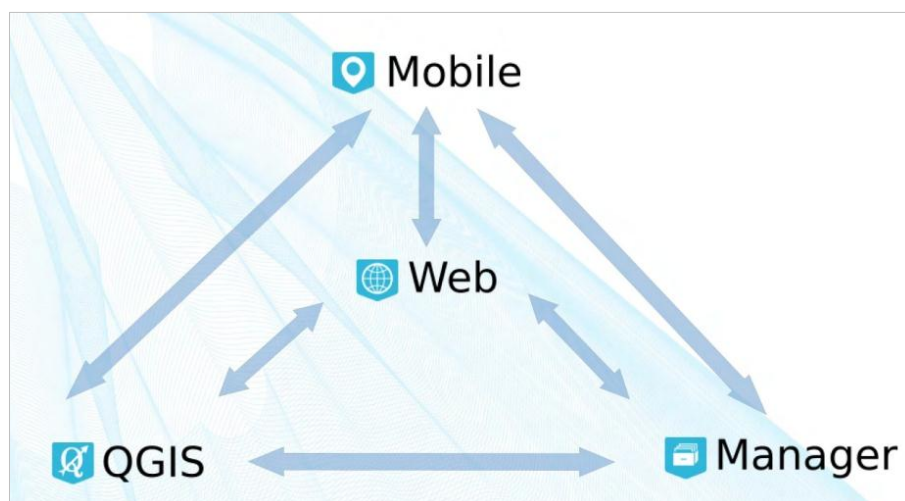
- NextGIS Web – серверная ГИС. Позволяет загружать растровые и векторные геоданные, настраивать стиль их отображения, создавать и отображать карты, выбирать заполнение карты через веб-интерфейс, формировать права доступа к слоям, группам слоёв, картам, сервисам и иным ресурсам системы

- NextGIS QGIS - настольная ГИС для ввода и отображения данных, проведения анализа, составления карт. В процессе работы над проектом в QGIS создаются слои и их стили, составляющие карту. Для размещения их в сети здесь настроен прямой выход на веб-карту, позволяющий сразу отображать слои со стилями на ней. Так же есть возможность добавления и актуализации отображаемой информации на веб-карте.

- NextGIS Mobile - мобильное приложение (Android) с неограниченными слоями данных, редактированием и настраиваемыми формами ввода. В дополнение к нему идет программное обеспечение NextGIS FormBuilder — редактор форм ввода.

- NextGIS Manager — настольное ПО для управления геоданными. Основными функциями является просмотр геоданных и их свойств, осуществление базовых операций над компьютерными данными, преобразования форматов, использование геоданных из СУБД

дополнение



базы.



*Рис.2. Взаимосвязь основных платформ, входящих в систему NextGIS  
(источник <http://www.biodiversity.ru/programs/steppe/docs/pozhar/2015/baryshnikov.pdf>)*

Эти составляющие позволяют эффективно организовать, хранить и использовать археологические данные. К тому же, реализация ведется с помощью настольной ГИС-программы QGIS, которая является наиболее простой и доступной для общего пользования.

### **Глава 3. Создание геоинформационного ресурса для обеспечения археологических исследований с помощью сервиса NextGIS.**

#### **3.1. Общие сведения о Сертейском археологическом комплексе. Особенности сбора пространственных данных в ходе археологических исследований**

Исследования в рамках Северо-Западной археологической экспедиции «Государственного Эрмитажа» в Велижском районе Смоленской области ведутся с 60-х годов прошлого века. Археологи обнаружили памятники позднего палеолита, стоянки раннего неолита, многослойные поселения среднего и позднего неолита, стоянки начального железного века, мастерские по добыче железа и его переработке, изготовлению керамики раннего железного века, селища и городища культуры длинных курганов.

В середине 1980-х годов начались исследования в долине реки Сертейка (левый приток Западной Двины). Регион оказался необыкновенно насыщенным стоянками раннего – позднего неолита. Здесь были открыты древнейшие ранненеолитические памятники в лесной зоне Восточной Европы VIII – VI тысячелетий до н. э. – стоянки среднего и позднего неолита, расположенные в торфяниках и под водой. Проведенные археологические и геологические исследования позволили реконструировать системы расселения в раннем – позднем неолите, которые позволяли вести разнообразную хозяйственную деятельность, в том числе заниматься земледелием и скотоводством.

Крупномасштабные геологические исследования региона, проведенные естественнонаучные анализы, археологические изыскания позволили реконструировать динамику развития местных ландшафтов и гидросети в неолите. Эти исследования позволили проследить историю одного региона на протяжении нескольких тысячелетий, тех изменений, которые влекли за собой неожиданные трансгрессии и регрессии, похолодания и потепления, появление здесь носителей культурных традиций из лесной зоны Восточной Европы, с территорий Балкан, Средней Европы, Прибалтики.[10]

В археологии, как правило, используются методы традиционной геодезии. Основным источником информации о местности являются мелкомасштабные топографические карты космические снимки и аэрофотоснимки, не привязанные к системе координат местности. Топографические съемки исторических памятников и составление планов раскопок выполняются в условных системах координат, привязка этих материалов в системе координат местности не всегда возможна в связи с неимением вблизи пунктов государственной геодезической сети и значительной трудоемкости этого процесса. В результате многочисленные картографические материалы, планы наземных и воздушных съемок представляют собой разрозненные документы, не имеющие пространственного совмещения и ограничивающей возможности преимущества комплекса анализа данных.

Современные геодезические технологии позволяют существенно упростить процесс позиционирования на местности, а главное, объединить все исходные материалы в единой общедоступной системе координат. Цифровые картографические системы обеспечивают единую классификацию объектов. В результате топографо-геодезических и картографических работ создаются материалы необходимые для цифровой 3D-реконструкции исторических памятников.

Пространственные данные с Сертейского археологического комплекса накапливаются довольно долго, и в зависимости от применения различных средств и технологий меняются по точности, представлению, формату и возможности дальнейшего исследования. В набор данных входят: схемы нивелирных ходов (в условной системе координат) и вычерченный по ним рельеф (в превышениях в метрах), копии построенных вручную геологических разрезов, копии полевых дневников с данными о геологических шурфах, фотографии ландшафта в долине реки, схемы изменения геологии долины реки с течением времени, готовые и составленные по данным топосъемки топографические карты и планы, готовые тематические карты (геологические, ландшафтные), тематическая карта четвертичных отложений на основе нивелирного плана, список ближайших пунктов Государственной Геодезической Сети и добавленные в него пункты местной сети, данные с GNSS-приемников, ортофотопланы, полученные с помощью квадрокоптера, данные

тахеометрической съемки в виде CSV- и SHP-файлов, цифровые модели рельефа (микрорельефа, палеорельефа), SHP-файлы с информацией о местоположении и виде археологических памятников, космические снимки спутника SPOT-5. Большинство данных не имеют пространственной привязки, так как изначально фиксировались на бумаге или в конкретном проекте настольной ГИС-программы, без установки системы координат. Некоторые проекты были утеряны, к сожалению, но файлы с фиксированной пространственной информацией остались. С годами стали переходить на единую систему координат и по возможности фиксировать получаемые данные, будь то положение археологического памятника, границ кургана или раскопа или местоположение геологических шурфов. Но более ранние непривязанные данные так же имеют большую ценность для полноты исследований, поэтому их было необходимо включить в набор и постараться привязать эти данные.

Как было сказано выше, важным аспектом при обработке и использовании данных является способ и возможность дальнейшей их передачи. В данном случае это является одной из основных предпосылок создания археологического ГИС-ресурса. В Северо-Западной археологической экспедиции задействованы специалисты из различных регионов и стран, имеющие так же и различные научные направления исследований – непосредственно археология, геология, геофизика, палеогляциология, ландшафтоведение и другие смежные направления. В любом исследовании большую эффективность имеет комплексный подход, поэтому для формирования полной картины и правильного обоснования гипотез периодически необходимо сопоставление информации и результатов нескольких научных направлений. Чаще всего с течением сезона экспедиции данные получают в первичном, сыром виде и требуют обработки, редактирования и анализа. Поэтому передавать их друг другу сразу не имеет особого смысла. После экспедиции все начинают обрабатывать свежие полученные данные, сопоставлять с уже имеющимися и выносить новые гипотезы. Возникает необходимость дополнить картину информацией от других участников исследования, поэтому приходится узнавать о готовности данных, и при этом знать, что конкретно требуется спрашивать. Такой подход занимает довольно много времени, вызывает нехватку данных и заставляет делать одну работу разным людям и не по одному разу. Поэтому сведение всех имеющихся данных в одну систему очень актуально на сегодняшний день.

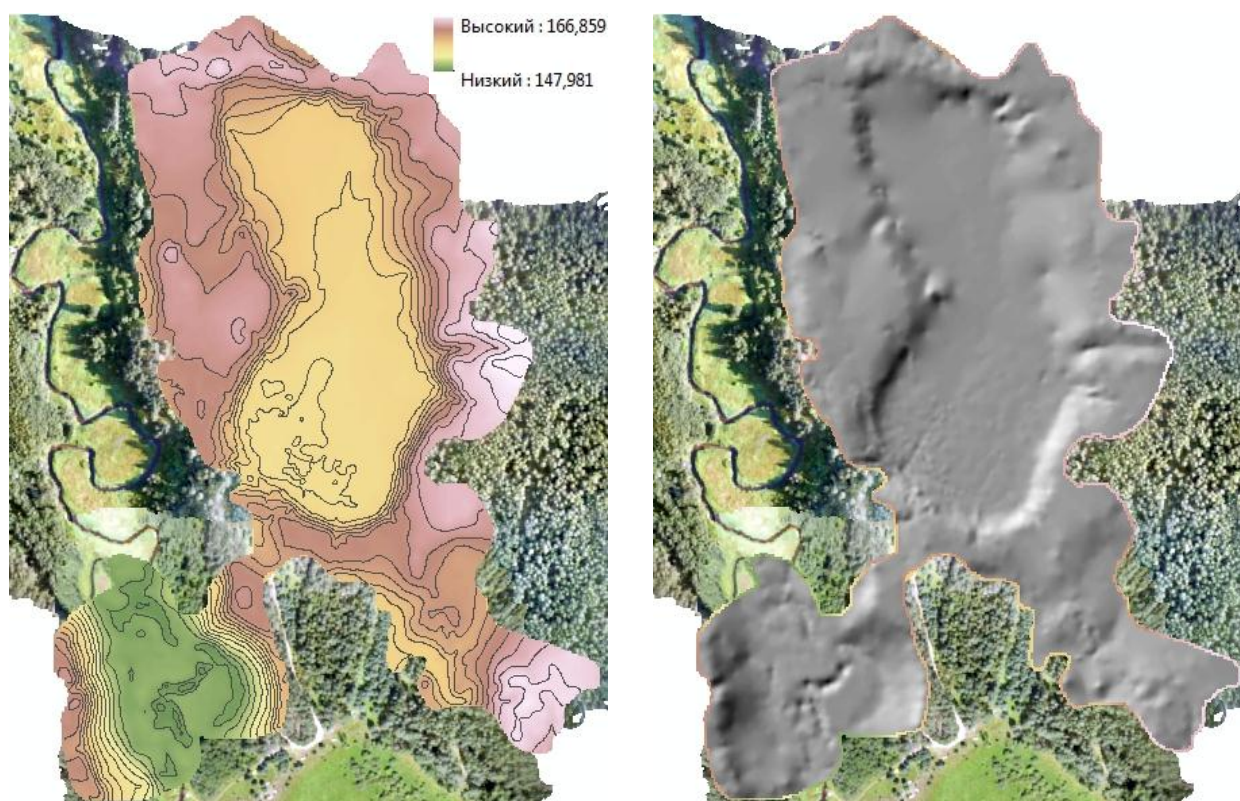
### **3.2. Подготовка данных к формированию геоинформационного ресурса.**

#### **Разработка его структуры, загрузка данных.**

Ввиду разрозненности археологических данных, процесс создания геоинформационного ресурса был разбит на несколько этапов.

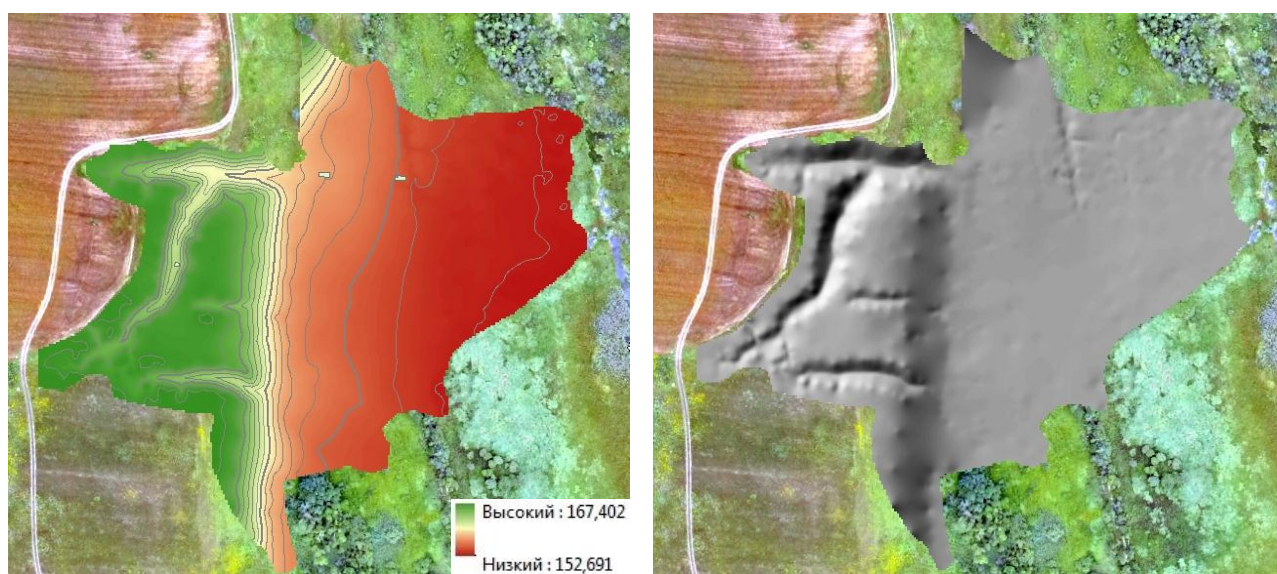
На первом этапе нужно было обработать данные, полученные в ходе производственной практики в составе экспедиции летом 2017 года. Перед началом работ ставилась задача только выполнить тахеометрическую съемку котловины древнего озера с целью создания модели рельефа для геологических исследований, в так же поверхности водораздела реки Сертейки и Сертейского озера для соединения с уже имеющимися моделями рельефа, полученными в прошлой экспедиции. В последствие появились сопутствующие задачи, такие как обоснование рельефа вокруг археологического раскопа в пойме реки, фиксация археологических находок на основном раскопе экспедиции.

Цифровая модель рельефа котловины и поверхности водораздела была построена по отснятым точкам путем интерполяции в настольной ГИС ArcMap. Для охвата большей площади единой моделью была присоединена цифровая модель рельефа близлежащего участка поймы реки, полученной по результатам тахеометрической съемки летом 2014 года. Для того, чтобы нагляднее выделялись локальные понижения/повышения, были построены изолинии рельефа на основе данной модели.



*Рис.3. Цифровая модель рельефа котловины озера, поверхности водораздела и участка поймы реки (слева – одноканальное псевдоцветное окрашивание, изолинии проведены через 1 м; справа – изображение рельефа отмывкой). Масштаб 1:10 000*

Обработка данных съемки микрорельефа поймы реки содержала в себе больше операций, чем в случае котловины. Так как в том месте нет доступа к каким-либо пунктам с известными координатами, съемка велась в условной метрической системе координат. Удалось найти поблизости точку съемки прошлого года, отмеченную колышком, и включить ее в облако точек современной съемки. В материалах прошлого года были найдены координаты данной точки и с помощью них пересчитаны координаты и высоты всех остальных точек из условной СК в WGS-84. По ним так же построена цифровая модель рельефа и соединена с ЦМР примыкающего к пойме оврага и холма. Для большей информативности на основе модели построены изолинии и отмывка рельефа.



*Рис.4. Цифровая модель рельефа участка поймы реки Сертейки, речной террасы и поверхности водораздела (слева – одноканальное псевдоцветное окрашивание, изолинии проведены через 1 м, основные утолщены; справа – изображение рельефа отмывкой).*

*Масштаб 1:4 000*

Вторым этапом стало преобразование готовых данных без привязки и в разных системах координат в единую систему координат WGS84/UTM Zone 36. Работа проводилась в настольной ГИС ArcGIS. Операции преобразования (векторная трансформация, масштабирование и поворот) пришлось проводить на векторных геоданных для археологических комплексов/памятников Жижица, Сенница, Усвяты-Узмень (соответственно названиям исследуемых озер и окружающей их территории). Данные существовали в конкретном ГИС-проекте, но не имели в таблице атрибутов информации и высоте и координатах. С помощью векторных операций весь набор данных на определенный

памятник приводился в действительное положение и масштаб. Удалось совмещать границы навекторизованных озер с границами соответствующих озер на топокарте. У каждого из этих памятников в наборе геоданных были слои изолиний, но не высот, а превышений. Поэтому с помощью калькулятора векторных слоев были пересчитаны абсолютные высоты имеющихся изолиний и по ним построены цифровые модели рельефа на замену предыдущим моделям по превышениям. Все преобразованные слои сохранены в единой системе координат. Были просмотрены и правильно привязанные данные на предмет несовпадений, дублирования и полноты отображения. У некоторых файлов пришлось сменить рабочие названия в более понятные во избежание путаницы. Чтобы контролировать будущую загрузку данных и ничего не упустить из виду, все данные были выведены в единый проект в программе QGIS.

После приведения всех данных в порядок можно приступать к формированию ГИС-ресурса. Чтобы охватить все необходимые функции программ, входящих в NextGIS, нужно скачать и установить NextGIS QGIS и NextGIS FormBuilder. Так же нужна сама настольная ГИС QGIS, в ней можно подключить модуль NextGIS Connect, через который будет напрямую связываться проект в QGIS с облачным хранилищем NextGIS Web.

Для того, чтобы создать свою веб-ГИС в облаке NextGIS, нужно зарегистрироваться на сайте официальном сайте <http://nextgis.ru>. При регистрации «выдают» доменное имя, например, [yulya-teltevskaya.nextgis.com](http://yulya-teltevskaya.nextgis.com). Заходя в него, можно почти без ограничений использовать все предоставляемые данным ресурсом функции, придерживаясь универсальных правил. Компания предоставляет различные тарифные планы с соответствующими привилегиями и расширенными возможностями. Главное ограничение бесплатной подписки – невозможность ограничить доступ на чтение к информации. Любой может видеть то, что размещено вами. Но это не проблема, потому что именно это и нужно от создаваемого геоинформационного ресурса для обеспечения археологических исследований. При регистрации на указанную электронную почту приходит пароль для входа и логин administrator. Пароль потом можно поменять на более удобный. Так сохраняются права владельца на добавление или редактирование данных.

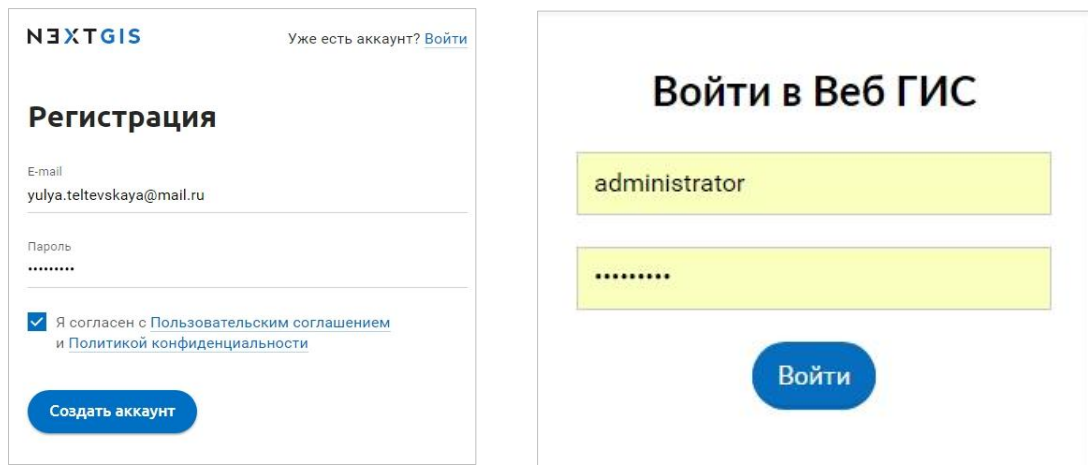


Рис.5. Регистрация в NextGIS

Загружать данные можно двумя способами. Первый способ основан на загрузке непосредственно через NextGIS Web. Правила добавления данных здесь таковы, что сначала нужно создать отдельную группу ресурсов, что-то вроде папки, где будут храниться данные. Это удобно для сортировки слоев проекта по принадлежности к определенной территории, памятнику. То есть поэтапно нужно «Создать ресурс» - «Создать группу ресурсов». Обязательно дать название и ввести ключевое слово для облегченного поиска. Так же можно добавить описание и метаданные для облегченного понимания о содержимом группы или возможности дать какие-либо пояснения об этих данных с археологической точки зрения.

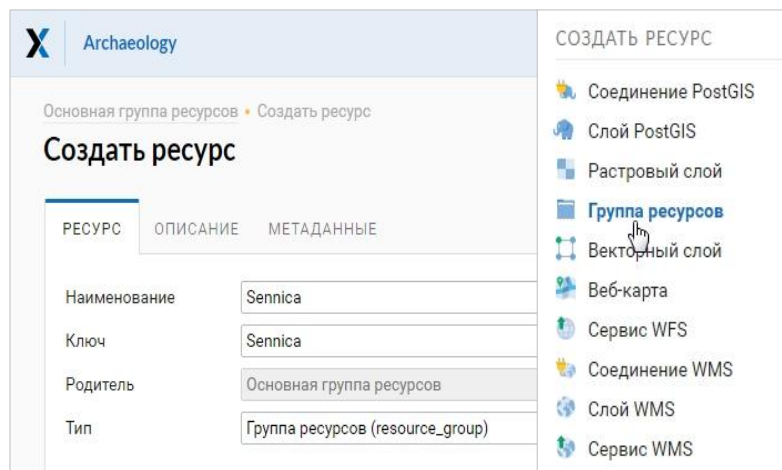


Рис.6. Процесс создания группы для загрузки данных

Находясь в созданной группе ресурсов уже можно добавлять данные. На панели «Создать ресурс» перейти в «Векторный слой». Откроются уже знакомые окна ввода названия и ключевых слов, описания, метаданных, а так же окно добавления векторного слоя. Важно отметить, что система координат в геоинформационном ресурсе фиксированная WGS84/Pseudo-Mercator. Векторные данные добавляются в виде ZIP-архива всех файлов-составляющих слоя или в виде представления GeoJSON, в который можно конвертировать

векторный слой в программе QGIS. После добавления файлов необходимо еще добавить стиль, в котором будут отображены геоданные на веб-карте. В загруженном векторном слое на панели «Создать ресурс» зайти «Стиль QGIS» и добавить файл в расширении QLR с информацией о стиле для данного слоя. Только так векторный слой можно будет отобразить на веб-карте.

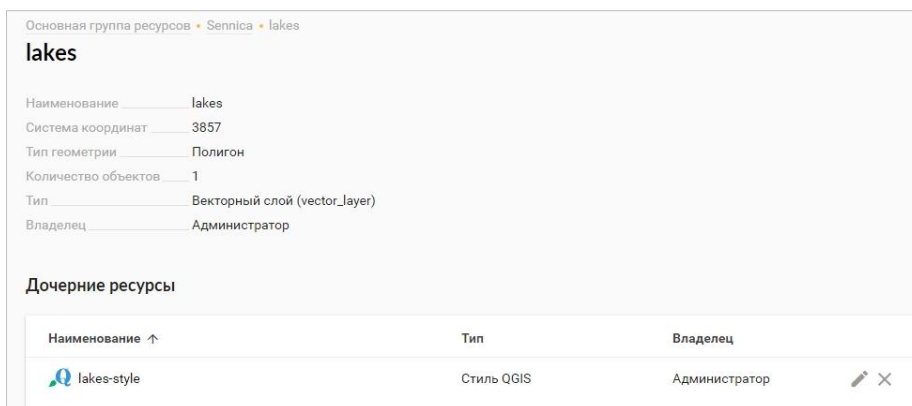


Рис.7. Окончательный вид загруженного векторного слоя

С растровыми данными почти то же самое, только стиль отображения берется автоматически по сведениям из самого растра. Файл обязательно должен быть в формате GeoTIFF с 3 или 4 каналами (RGB или RGB+альфа-канал).

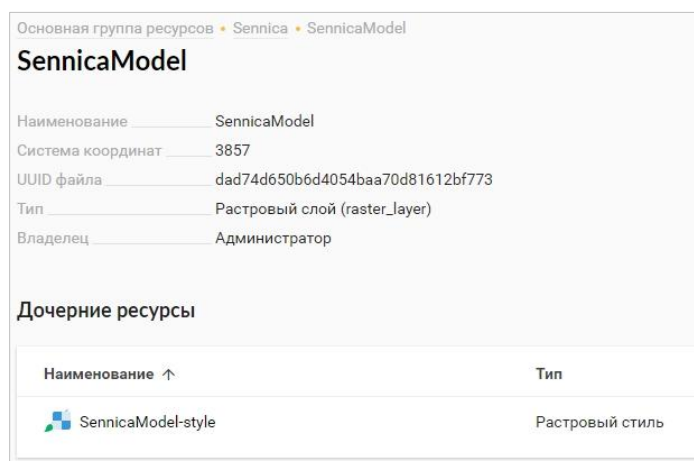


Рис.8. Окончательный вид загруженного растрового слоя

Существует более простой способ загрузки данных – с помощью модуля в программе QGIS NextGIS Connect. Подключив его через Управление модулями, нужно установить соединение со своей учетной записью в NextGIS Web, тогда все группы и слои будут отображаться непосредственно в проекте QGIS.



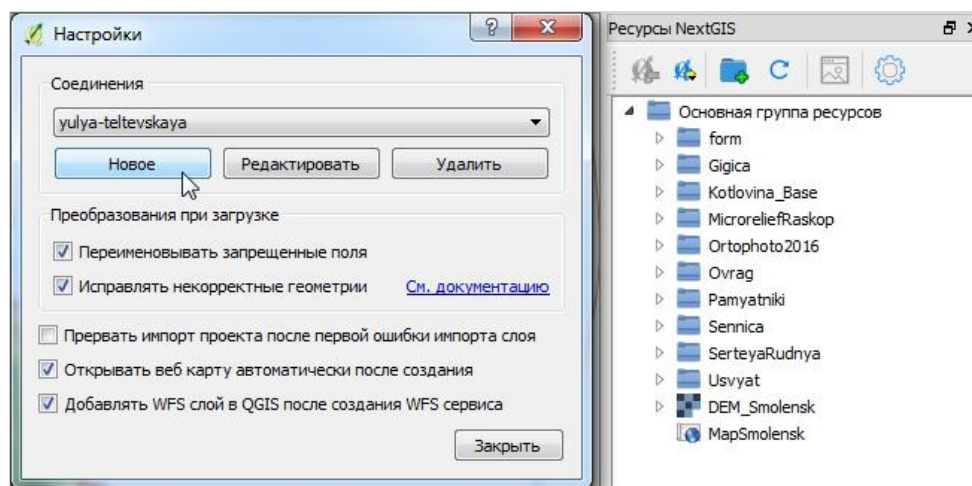
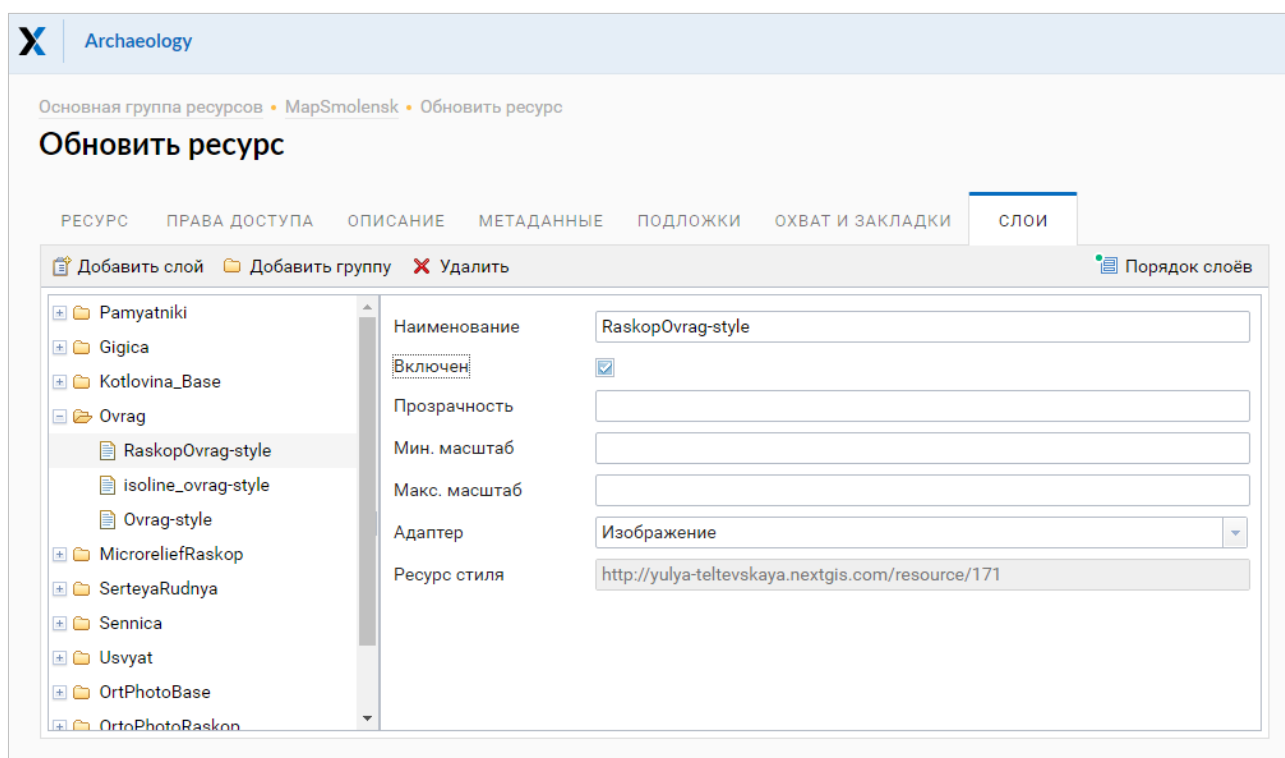


Рис.9. Настройка связи проекта QGIS со своей NextGIS Web

Добавление слоев в группу ресурсов NextGIS Web происходит следующим образом: в списке слоев в проекте выделяется слой, в списке ресурсов NextGIS выделяется или тут же создается папка, или группа ресурсов, и с помощью инструмента «Добавить в веб-ГИС»-«Импортировать выбранные слои» на панели модуля NextGIS Connect. Отдельно стиль загружать не нужно, он берется автоматически из данного проекта. Процедура одинакова для векторных и растровых слоев.

По разработанной заранее структуре данных были сформированы папки-группы ресурсов и загружены в них данные по принципу принадлежности к определенному памятнику. Важно отметить, что некоторые данные были добавлены не для отображения их на веб-карте, а просто для хранения. Это промежуточные, рабочие файлы, содержащие информацию об объектах археологических исследований. По этим данным уже извлечены результаты и проведен анализ, но они могут быть использованы для другого вида преобразований, обработки, построения моделей по иным критериям. К тому же, важно сохранить исходники, чтобы можно было свериться с ними при возникших сомнениях или во избежание потери информации.

Для создания веб-карты нужно добавить ресурс «Веб-карта» в свою основную группу и перейти на панель ее редактирования. Там можно добавить название и описание карты, но самое важное - добавление слоев. Опять же необходимо формировать группы по определенному признаку и включать туда соответствующие данные, систематизация позволяет в удобнее и быстрее ориентироваться на карте и в большом количестве данных. Тут же определяется порядок слоев и будут ли они сразу же отображаться на карте или нужно включать их вручную. Важно продумать этот момент, чтобы не случилось перекрытия одних слоев другими. Изначальный охват карты устанавливается по слою или по координатам рамки, введенным вручную.



*Рис.10. Добавление слоев на веб-карту. Формирование структуры отображения списка слоев для легкой навигации по карте*

Бесплатная подписка NextGIS в качестве подложки дает доступ только к OpenStreetMaps, но этого более чем достаточно. На открытой карте можно свободно включать и выключать слои, приближать к определенной группе слоев, измерять длины и площади. Это не окончательный вариант, редактировать состав группы слоев можно, а так же добавлять новые слои и стили к уже имеющимся. Так же можно получить всю информацию об интересующем слое (количество объектов, описание и тип), нажав на него на карте. Это удобно для поиска нужного слоя, чтобы скачать нужный shp-файл.

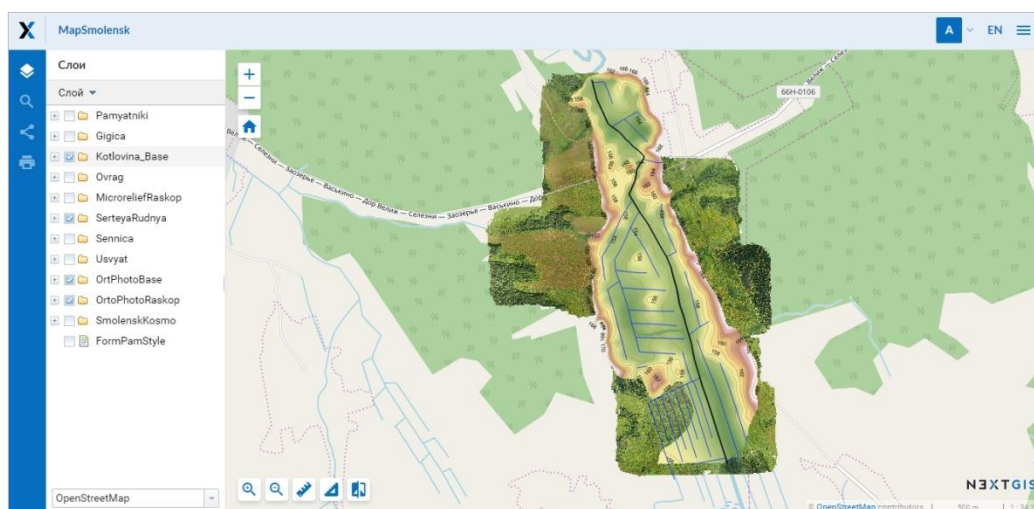


Рис.11. Вид карты в заданном охвате

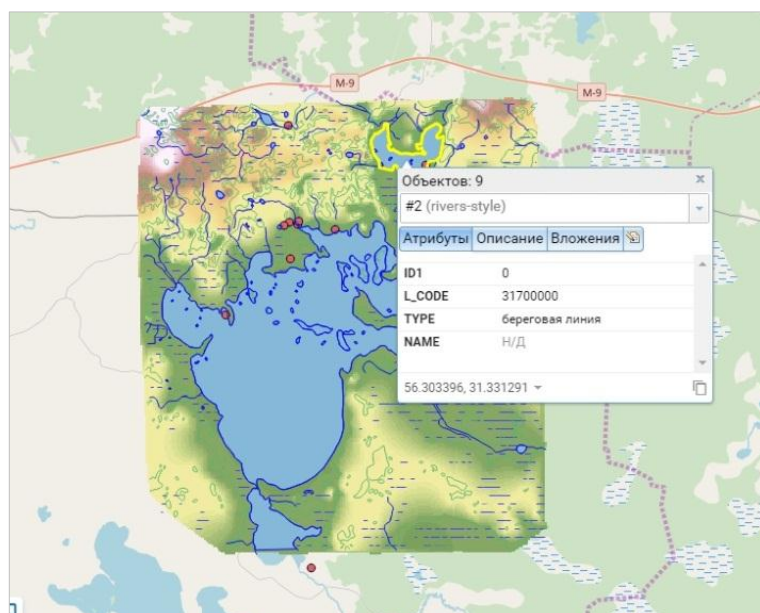


Рис.12. Информация о слое

### 3.3. Создание формы для сбора археологических данных через мобильное приложение NextGIS Mobile в программе NextGIS FormBuilder

Не всегда есть возможность четкой фиксации археологических данных ввиду их удаленности друг от друга и невозможности закоординировать их с помощью тахеометра или иных средств. Можно фиксировать их описание и положение в полевом журнале, но это опять же ограничено отсутствием возможности позиционирования на местности и сложностью дальнейшего нанесения этих данных на карту. Компания NextGIS разработала мобильное приложение NextGIS Mobile, которое можно свободно скачать на смартфон. Оно

позволяет фиксировать координаты необходимых точек с помощью геолокации, создавать полигоны и линии прямо на месте, но что самое главное, оно синхронизируется с учетной записью в NextGIS Web и позволяет выгружать туда данные сразу после их получения. Дополнительное программное обеспечение NextGIS FormBuilder разработано для создания форм записи данных, учитывающих специфику отрасли изысканий, особенностей объектов, типа и вида получаемых данных.

Наиболее распространенной информацией для изучения в археологии являются памятники. Для создания формы записи данных можно руководствоваться универсальными правилами фиксации археологических находок, то есть какой минимум информации необходим. В новом проекте NextGIS FormBuilder создается проект и продумываются поля для ввода информации о фиксируемом объекте. Как дополнительные сведения об объекте можно добавлять фотографии, они будут сохраняться архивом вместе с таблицей данных.

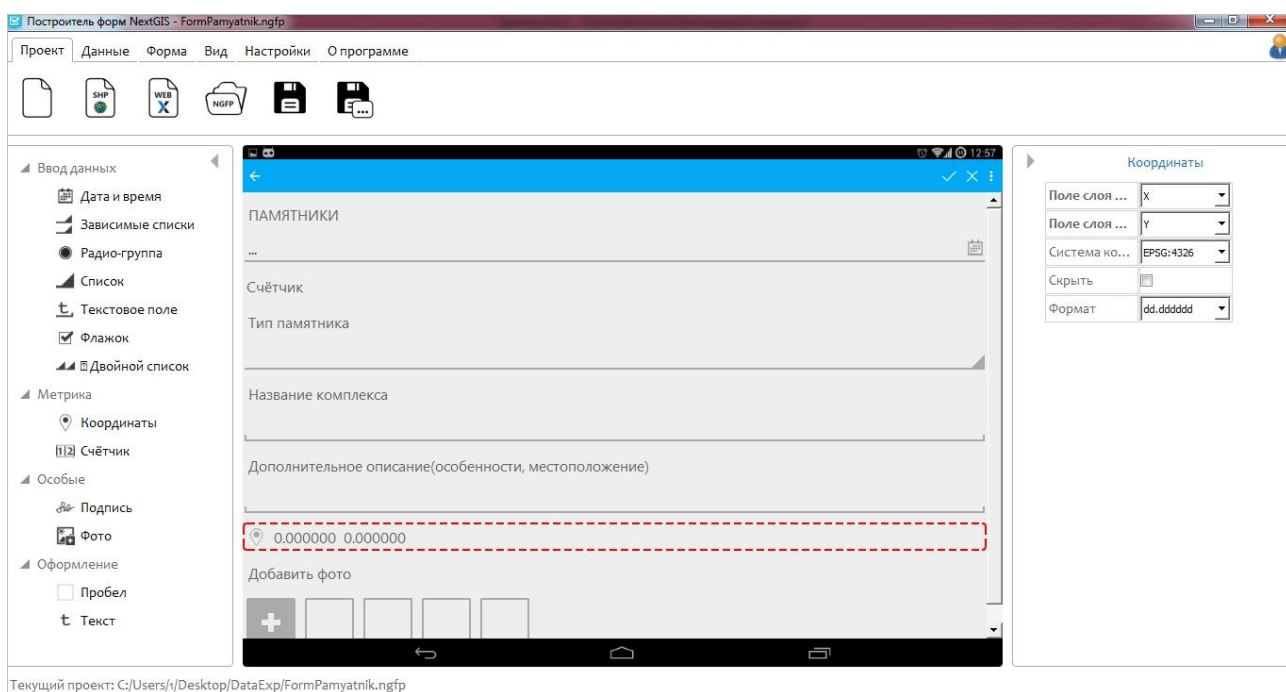


Рис.13. Рабочий вид формы ввода данных об археологическом объекте

На основе типа информации, которая будет записываться в добавленные строки, нужно сформировать поля таблицы, назначить им название и тип, а потом каждую строку ввода соединить с полем, куда будет сохраняться записанная информация. Проект сохраняется в программном формате.

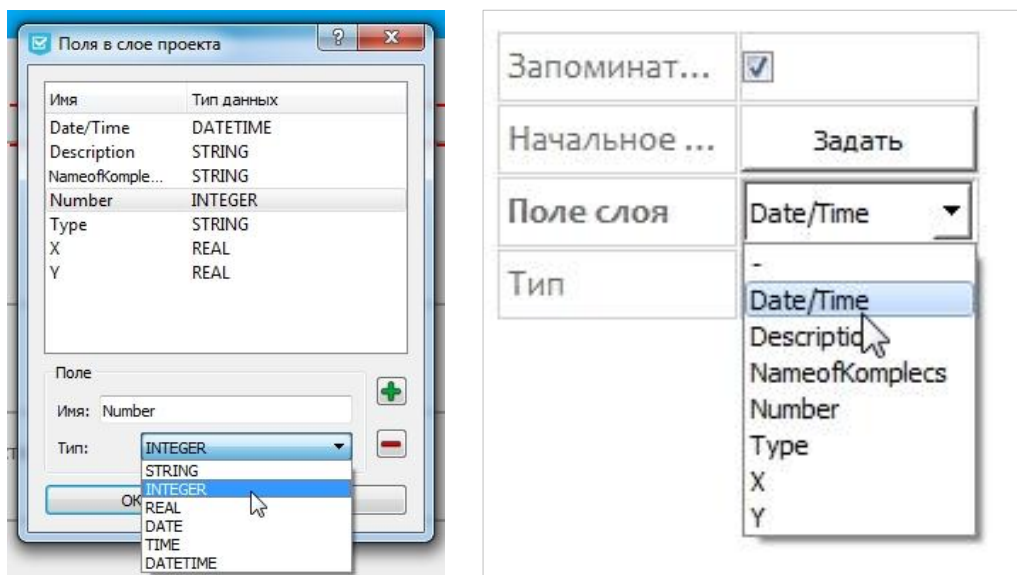


Рис.14. Создание полей таблицы будущего слоя точек и соединение их со строками ввода

Далее в мобильном приложении настраивается синхронизация с учетной записью в NextGIS Web.

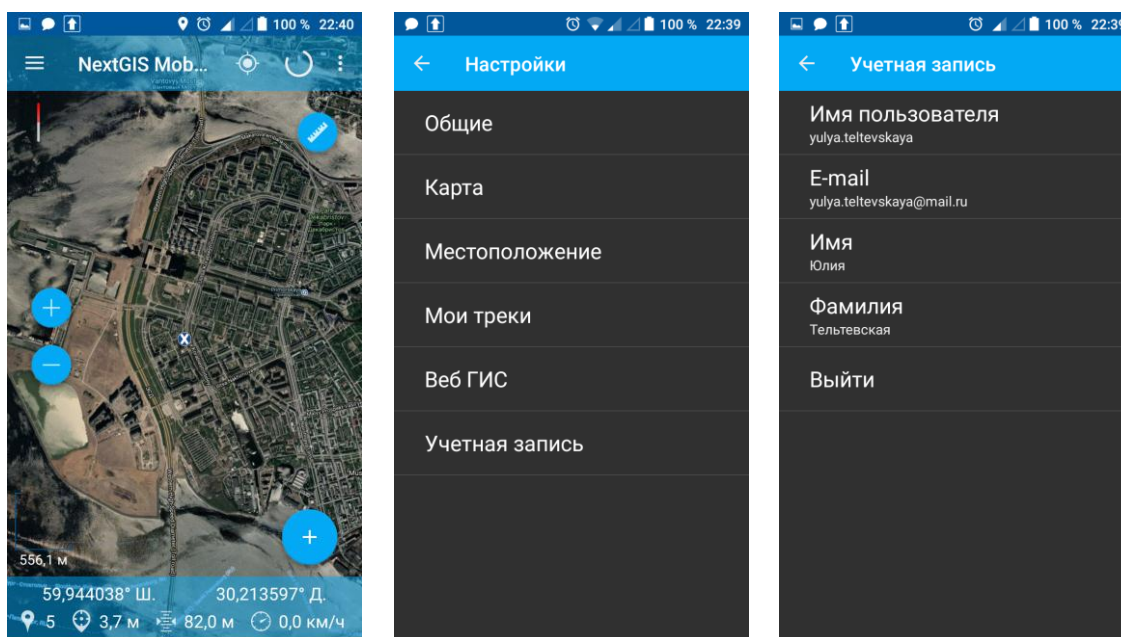
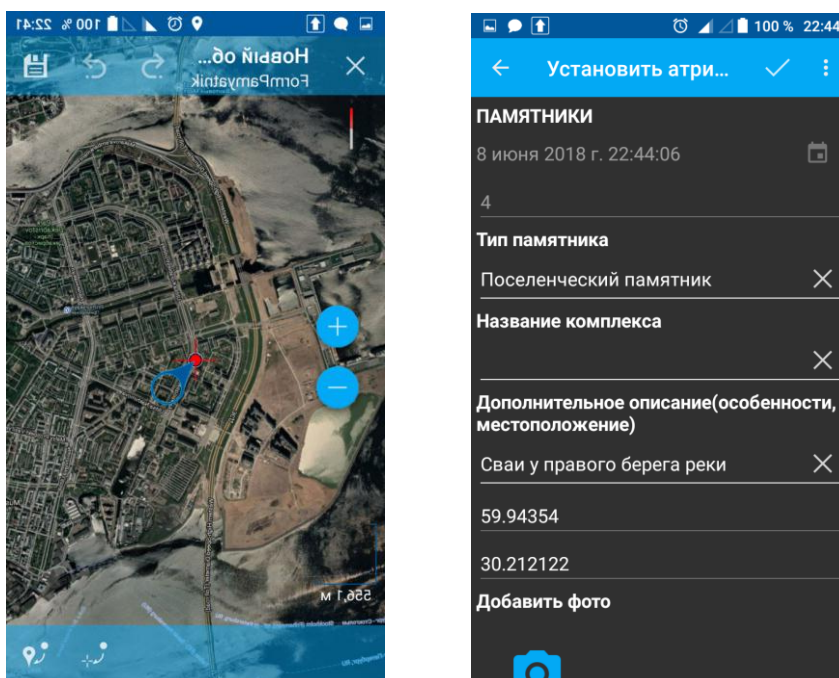


Рис.15. Настройка подключения в своей учетной записи

В добавленном в приложение проекте с формой записи включить редактирование и установить точку в своем местоположении, которое будет найдено с помощью спутника. При сохранении точки откроется окно ввода информации о точке, их нужно заполнить и выключить редактирование слоя. В настройках слоя есть вкладка «Поделиться», там настроить связь в группой ресурсов в своей веб-ГИС и теперь все изменения в данном слое будут сразу отображаться в NextGIS Web.



*Рис.16. Ввод информации в созданной форме для фиксации памятников*

Таким образом, вся получаемая информация сразу же сохраняется в веб-ресурсе, и все данные можно отобразить на карте прямо в поле, заполнить пустые места и подредактировать на месте.

## Заключение

В результате проделанной работы были сделаны выводы о применении современных ГИС-технологий в археологических исследованиях. Очевидно, что при наличии объемного количества пространственных данных, настольные ГИС-программы и инструменты анализа в них уже незаменимы. Можно точно сказать, что эта область археологии будет развиваться стремительнее с каждым годом.

В процессе работы были выполнены следующие задачи:

- 1) Изучена литература по теме;
- 2) Отредактированы модели палеорельефа по климатическим периодам;
- 3) Составлена ландшафтная карта долины реки Сертейки;
- 4) Создана рабочая версия ГИС-проекта, содержащего информацию о Сертейском археологическом комплексе.

Выполнение задач данной работы дало возможность получить прикладные, полезные навыки, как то создание карты по данным комплекса различных данных, работа с геоинформационным проектированием. Дополнительное удовлетворение приносит и то, что результатами практической части данной курсовой работы будут пользоваться при археологических исследованиях, для прогнозирования и анализа тех или иных явлений. Личное присутствие и работа в прошлой экспедиции помогли без затруднений интерпретировать данные, полученные в ее процессе, для выполнения задач данной работы.

Создание карты и проекта также показало, насколько плохо еще изучен и перенесен в базу данных рельеф территории Сертейского археологического комплекса, поэтому в список направлений работ в будущей экспедиции добавляется еще один важный пункт.

## Список литературы

1. Коробов Д.С. Основы геоинформатики в археологии: Учебное пособие . – М.: Изд-во Московского Университета, 2011. – 224 с.
2. Тикунов В.С. Основы геоинформатики: В 2 кн. Кн. 1: Учеб. пособие для 0-75 студ. Вузов. - М.: Издательский центр «Академия», 2004. — 352 е., / Е.Г.Капралов, А.В.Кошкарёв, А.В.Заварзин, И.К.Лурье, И.А.Рыльский, А.М.Трофимов, М.Э.Флейс, В.Б.Яровых.
3. Хромых В.В., Хромых О.В. Цифровые модели рельефа. Учебное пособие. - Томск: Изд-во «ТМЛ-Пресс», 2007.
4. Рудая Н.А. Методы естественных наук в археологии. Учебно-методический комплекс. - Новосибирск: Новосибирский государственный университет, 2011.– с 50.
5. Микляев А.М. О ландшафтной приуроченности некоторых типов археологических памятников на Северо-Западе СССР. Первобытный человек, его материальная культура и природная среда в плейстоцене и голоцене. - М., 1974. 4.1.
6. Микляев А.М. Отчет о работах Невельской археологической экспедиции в 1968 г. - Архив ИА РАН, 1968.
7. Мазуркевич А.Н., Долбунова Е.В. Системы расселения в раннем – среднем неолите на территории Днепро-Двинского междуречья. Археология и геоинформатика. Первая международная конференция. Тезисы докладов. Москва, 23–25 мая 2012 г. - ИА РАН, Москва, 2012.
8. Микляев А.М. Археологическая география: предмет, задача, метод. - АСГЭ. Л., 1984а. Вып. 25.
9. В.В.Золотухин Цифровое геодезическое оборудование в археологических исследованиях с применением методов геоинформационных систем / «Вестник НГУ», Серия: история, филология. 2011. Том 10, выпуск 7: Археология и этнография.
10. О.Н.Помогаев Применение GPS аппаратуры Trimble для археологических исследований / Научно-технический журнал по геодезии, картографии и навигации «Геопрофи».- 2003. - №1.
11. Н.И. Чуев Применение ГИС «Карта 2005» в археологических исследованиях. /Е.П. Китов, Д.В. Борисов, А.В. Харитонов. // Научно-технический журнал по геодезии, картографии и навигации «Геопрофи». - 2006. - №2.
12. Журкин И. Г., Шайтура С. В. Геоинформационные системы. — Москва: Кудиц-пресс, 2009. — 272 с.