

УДК 378.147.88

© Е.А. Слива

Е.А. Слива

# РАЗРАБОТКА КАРТОГРАФИЧЕСКОГО СЕРВИСА ДЛЯ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ СТУДЕНТАМ НИЖНЕВАРТОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

## Введение

Современный уровень развития информационных и коммуникационных технологий предоставляет широкие возможности для реализации и поддержки образовательного процесса на всех уровнях, включая высшее профессиональное образование. В области геоинформатики и геоинформационного образования также можно отметить появление не только различных геосервисов и геопорталов, предоставляющих пространственную информацию, но и даже инфраструктур пространственных данных образовательного и научно-исследовательского направления.

Новые Федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования (ФГОС ВО) предполагают уделять больше внимания самостоятельной работе студентов [1] (до 50% учебной нагрузки по предмету). Если раньше организация самостоятельной работы по такому предмету, как «Геоинформационные системы», носила больше теоретический характер из-за специфичности программного обеспечения (ограниченное количество учебных лицензий) и трудностей в распространении пространственных данных для выполнения практических работ, то современные картографические сервисы позволяют организовывать и самостоятельную работу практического характера.

Актуальность работы заключается в необходимости модернизации способа представления картографической информации для организации самостоятельной работы студентов при изучении геоинформационных систем в соответствии с последними тенденциями развития геоинформатики.

В настоящее время для преподавания дисциплины «Геоинформационные системы» в Нижневартовском государственном университете используется авторский комплекс учебно-методических материалов Сливы Е.А. В состав данного УМК входят материалы в электронном виде, к которым студенты

должны иметь постоянный доступ в течение преподавания дисциплины. Проанализируем состав таких материалов и место их расположения для обеспечения доступа студентам.

К таким учебным материалам для студентов относятся:

1. Методические материалы (технологическая карта).
2. Задания лабораторных работ.
3. Картографические материалы для выполнения лабораторных работ.
4. Презентационные материалы лекций.
5. Литература в электронном виде для домашнего конспектирования.
6. Материалы для подготовки к зачету или экзамену.

Учебные материалы в электронном виде размещаются на следующих ресурсах:

1. В составе учебно-методического комплекса на портале <http://sdo.nggu.ru/> (Портал учебно-методических комплексов Нижневартовского государственного университета). Этим ресурсом студенты практически не пользуются по целому ряду причин: во-первых, портал не удобен для массовой работы (например, студенческой группы); во-вторых, на портале содержатся не только методические материалы для студентов, но и много других материалов, которые студенту необязательны для просмотра (т.е. избыточность информации) и т.д.

2. Файловый сервер в локальной сети четвертого корпуса университета \\fsd\Учебные материалы. Главным недостатком данного ресурса является недоступность в удаленном режиме, т.е. материалы доступны только с компьютеров, включенных в локальную сеть.

3. Кроме того, преподаватель для удобства размещает учебные материалы в облачном хранилище (dropbox.com), содержимое которого синхро-

низировано на компьютерах студентов в отдельной аудитории. В настоящее время данное хранилище используется в основном для быстрого обновления учебных материалов на компьютерах в учебной аудитории. Из-за ограниченного объема на данный ресурс не выложены картографические материалы. В качестве дистанционного хранилища учебных материалов для студентов данный ресурс может использоваться (в режиме индивидуального обращения студента и предоставления ему доступа для просмотра материалов), но пока это не практикуется.

Если учебные материалы необходимы студенту, например, для самостоятельной работы, он должен прийти в учебную аудиторию и скопировать их себе на носитель. Или может обратиться к преподавателю по электронной почте или посредством социальных сетей, что тоже практикуется.

В процессе преподавания дисциплины преподаватель ведет электронный журнал, в котором отображается текущая сумма баллов студентов. Информация из этого журнала студенту недоступна, ее можно получить только в виде сообщений преподавателя на учебных занятиях. Хотя иметь доступ для просмотра текущих результатов по предмету студенту было бы полезно.

Специфичным учебным материалом именно для дисциплины «Геоинформационные системы» являются картографические материалы. Без этих материалов лабораторные работы выполнить невозможно. При переносе результатов работы могут возникать сложности, связанные с потерей части файлов (потеря источника).

Результатом практически каждой лабораторной работы является итоговая карта в формате изучаемой программной среды геоинформационной системы. Например, в геоинформационной системе ArcGIS такой файл называется «документ карты», в ГИС MapInfo – «рабочий набор», в ГИС QGIS – «проект». Этот файл содержит только ссылки (относительные или абсолютные) на используемые картографические материалы, а также описание всех параметров оформления, подписывания и других настроек, которые выполняются с указанными картографическими данными. Если при переносе хотя бы один картографический слой будет утерян, то такой проект либо не откроется, либо будет открыт не полностью.

### Материалы и методы

Основой для выполнения лабораторных и практических работ по предмету «Геоинформационные системы» в Нижневартковском государственном университете является База геоданных Нижневартковского района. Эта база формировалась в течение

нескольких лет на основе материалов, полученных в результате студенческих проектов по геоинформатике, с привлечением материалов исследований преподавателей естественно-географического факультета Нижневартковского государственного университета [2, 3].

База геоданных (БГД) Нижневартковского района на текущий момент включает в себя тематические слои, представленные в табл. 1, которые образуют картографическое покрытие территории без пустот, с наложениями по мере необходимости.

Тематические слои базы геоданных в отличие от таблиц реляционных баз данных связаны не посредством первичных и вторичных ключей, а на основе единого местоположения. Желательно, чтобы векторные слои одной базы геоданных или одного ГИС-проекта имели в основе одну и ту же базовую систему координат. По рекомендациям геоинформационного сообщества (Часто задаваемые вопросы по координатам, проекциям, системам координат : п. 7 [Электронный ресурс] // GIS-Lab : сайт. – URL: <http://gis-lab.info/qa/proj-sk-faq.html>), векторные данные желательно хранить в неспроецированной (географической) системе координат, а при отображении в программном обеспечении ГИС уже использовать спроецированные системы координат. В качестве связующей географической системы координат была выбрана универсальная общеземная система WGS-84 (в переводе Мировая геодезическая система), которая базируется на общеземном эллипсоиде WGS-84 и является базовой для большинства свободно распространяемых геопространственных данных в мире (см. рис. 1).

Для отображения пространственных данных используется спроецированная система координат UTM, зона 44. UTM – это универсальная поперечная цилиндрическая проекция Меркатора, которая образует покрытие всей территории земного шара за счет проецирования местности на касательный цилиндр вдоль основных меридианов, которые берутся через каждые 6 градусов, начиная от 180° западной долготы. Территория Нижневартковского района вытянута вдоль параллелей и располагается в трех северных зонах данной проекции от 43 до 45. Для отображения выбрана 44 зона (центральная) для получения наиболее гармоничного изображения (см. рис. 2).

Для организации хранения атрибутивных данных в БГД был сформирован ряд правил для наименования полей таблиц и заполнения содержанием некоторых из них.

Наименования таблиц (слоев) в БГД формулируются на русском языке и должны отражать основную тематику хранимых объектов, к наименованию слоя добавляется латинская буква, обозначающая

Таблица 1

## Описание таблиц БГД

Таблица БГД	Поля	Кол-во объектов
Границы района_Р (полигональный)	КодОбъекта, ВидОбъекта, Название, Площадь	1
Здания_Т (точечный)	КодОбъекта, ВидОбъекта, Название, Пояснение	1723
Дороги_Л (линейный)	КодОбъекта, ВидОбъекта, Сезон, Состояние, Длина	749
Гидрография_Л (линейный)	КодОбъекта, ВидОбъекта, Название, Длина, Судоходность, Порядок, Бассейн	15131
Болота_Р (полигональный)	КодОбъекта, ВидОбъекта, Название, КлассОбъекта, Площадь	6045
Гидрография_Р (полигональный)	КодОбъекта, ВидОбъекта, Название, Площадь, Судоход, Масш_уров	92545
Населенные_пункты_Р (полигональный)	КодОбъекта, ВидОбъекта, Название, Пояснение	525
Растительность_Р (полигональный)	КодОбъекта, ВидОбъекта, КлассОбъекта	335

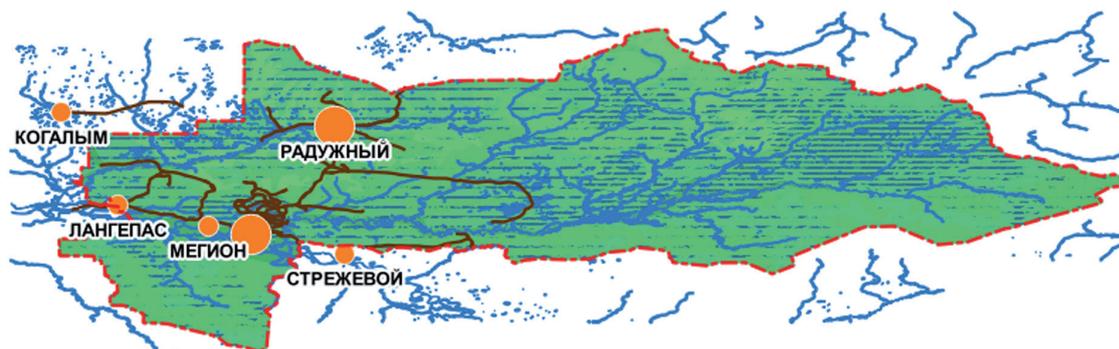


Рис. 1. Отображение картографических слоев в проекции WGS 84 (QGIS)

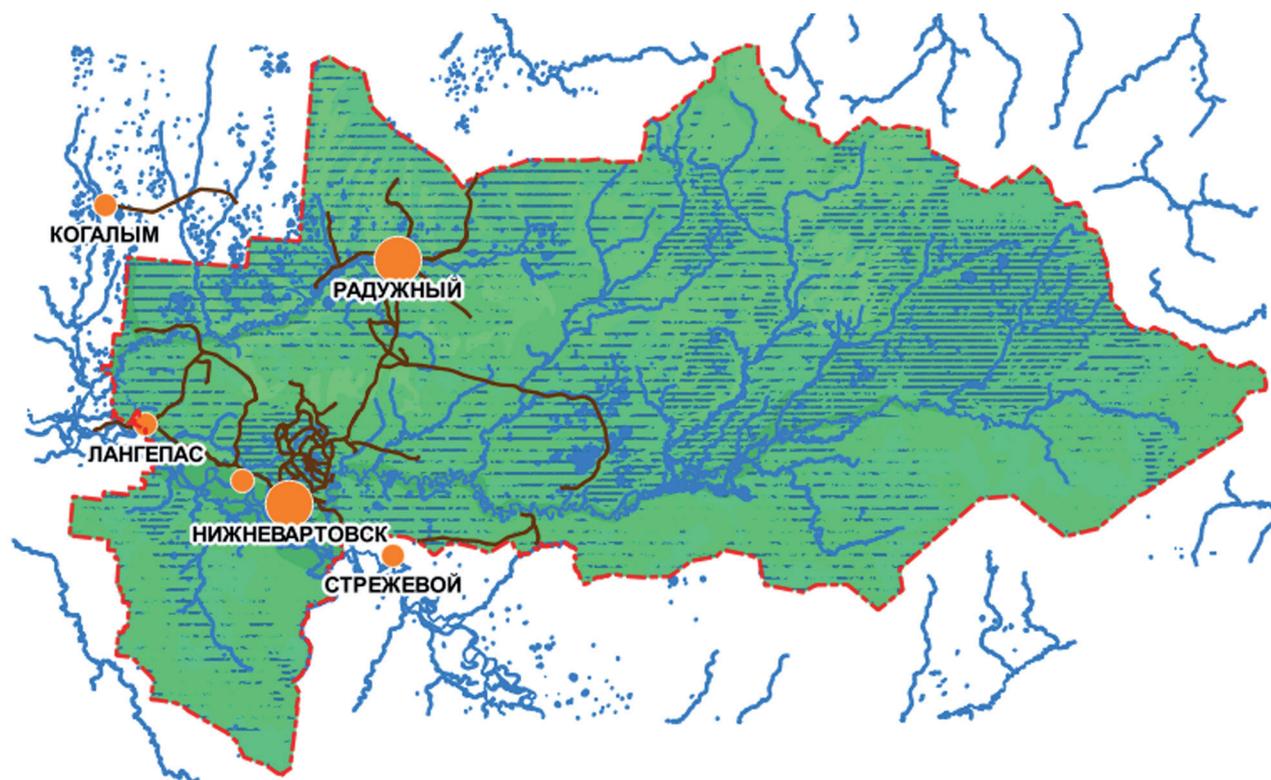


Рис. 2. Отображение картографических слоев в проекции UTM зона 44 N (QGIS)

тип хранимых векторных объектов (P – полигоны, L – линии, T – точки).

Обязательным полем для всех таблиц является поле текстового типа «ВидОбъекта». В нем должен содержаться перечень основных классов объектов слоя. Значения этого поля не должны быть пустыми.

Для однозначного обозначения объектов таблицы должны содержать поле «КодОбъекта». Его значения формируются на основе порядкового номера объекта в виде шестизначного целого числа (в ПО ArcGIS хранится в специальном поле FID) с добавлением в начале трехбуквенной латинской аббревиатуры обозначения слоя и типа объектов слоя. Заполняются с помощью калькулятора поля по формуле (1):

$$\text{«XXX»} + \text{Right}(1000000 + [\text{FID}], 6), \quad (1)$$

где «XXX» – обозначение слоя, а Y – обозначение типа объектов слоя.

Если некоторые объекты слоя имеют собственные названия, то таблица должна содержать соответствующее поле «Название». Значения данного поля могут быть пустыми и используются в основном для создания подписей на карте.

Для предоставления картографических данных студентам были изучены современные методы размещения пространственных данных в глобальных сетях.

Пространственные данные, предварительно подготовленные в геоинформационных системах,

размещаются на картографических интернет-сервисах, которые предоставляют данные пользователям по запросу. Основанная в 1994 году международная некоммерческая организация Open Geospatial Consortium (OGC) занимается разработкой общих принципов и стандартов и архитектур в области предоставления пространственных данных картографическими интернет-сервисами через протокол HTTP. На сегодняшний день в данной организации представлены многие коммерческие, академические и государственные организации, занимающиеся вопросами геоинформатики, в том числе такие крупнейшие корпорации как Boeing, Oracle, ESRI, Google и многие другие.

Широко используются следующие стандарты, разработанные и сертифицированные OGS: WMS, WFS, WCS.

Стандарт WMS (Web Map Service) используется в большинстве картографических сервисов, которые предоставляют пользователю готовое картографическое изображение на требуемую территорию. К таким сервисам относятся, например: GoogleMaps, Яндекс.Карты, ArcGIS Online, Microsoft Virtual Earth и многие другие. Пользователю предоставляется растровое изображение, которое формируется по заранее определенным на сервере правилам оформления. Такие изображения можно использовать в качестве иллюстраций или в качестве базовых слоев (подложек) для новых проектов ГИС.

Стандарты WFS (Web Feature Service) и WCS (Web Coverage Service) предоставляют доступ к векторным ГИС-данным ГИС-сервисов. Такого рода сервисы предоставляют пользователю возможность создавать локальную копию серверной картографической базы данных, либо напрямую работать с ней через удаленный доступ. При этом пользователь может выбирать картографический охват или набор тематических слоев. Пользователю в итоге предоставляются векторные тематические слои, с которыми можно продолжить работу в геоинформационных системах.

Отдельно можно выделить еще и третью группу сервисов, которые работают не на утвержденных стандартах, а на основе авторских решений (в основном крупных ГИС-разработчиков). Такие сервисы предоставляют пользователю не только доступ к данным, но и позволяют добавлять на свою карту некоторые аналитические функции ГИС, не устанавливая их на своем персональном компьютере [4].

Веб-сервисы зачастую являются инструментарием геопорталов. Согласно определению сайта Института вычислительного моделирования СО РАН, основная задача геопорталов заключается в обеспечении пользователей «средствами и сервисами хранения и каталогизации, публикации и загрузки пространственных (географических) данных, поиска и фильтрации по метаданным, интерактивной веб-визуализации, прямого доступа к геоданным на основе картографических веб-сервисов». Геопорталы интегрируются в инфраструктуры пространственных данных (Что такое «геопортал» [Электронный ресурс] // Геопортал Института вычислительного моделирования (ИВМ) СО РАН, Красноярск. – URL: <http://gis.krasn.ru/blog/help-center/geoportal-help/def>).

Инфраструктура пространственных данных (ИПД) – это иерархически упорядоченная система, построенная с использованием информационных и геоинформационных технологий, основанная на общих стандартах пространственных данных и метаданных, а также сети географических информационных узлов – геопорталов и каталогов метаданных. Данная система предназначена для обеспечения взаимодействия лиц, использующих в своей работе различные цифровые пространственные данные [5].

Инфраструктуры пространственных данных применяются на различных уровнях (от национального до локального) в целях организации совместной работы управленческого или научного характера с большими объемами пространственной информации, собранной из различных источников.

Рассмотрим организацию подобной структуры, созданной для образовательных целей. Кафедра картографии и геоинформатики географического

факультета МГУ имени М.В. Ломоносова является одним из родоначальников геоинформационного образования в России. В образовательных и научно-исследовательских целях в учебных курсах, предлагаемых данной кафедрой, используются картографические материалы территории учебно-научного полигона МГУ – ГИС «Сатино». База данных по данной территории формировалась в течение нескольких лет (2004-2007) и стала основой для локальной ИПД «Сатино» и геопортала веб-ГИС «Учебно-научной станции (УНС) Сатино» [6].

### Результаты

Материалы базы геоданных, описанные выше, необходимо было адаптировать, чтобы опубликовать в виде картографического сервиса. Для реализации картографического веб-сервиса был выбран инструмент MapServer.

Для публикации картографической информации необходимо было подготовить мар-файл, который должен был содержать все необходимые параметры обращения к файлам с данными.

Базовая структура мар-файла включает в себя следующие разделы:

- Команда начала аннотированного мар-файла;
- Описание параметров выходного изображения: экстенд карты (координаты нижнего левого и верхнего правого угла описывающего прямоугольника), формат и размер растрового изображения, описание картографической проекции выходного изображения;
- Путь к хранилищу shp-файлов;
- Перечень используемых библиотек (шрифтов и символов);
- Описание параметров оформления и подписывания объектов слоев;
- Конец мар-файла.

В результате был создан мар-файл со следующими параметрами выходного изображения: растровое изображение формата PNG, размером 1024x768 с белым цветом фона, построенное в проекции UTM (44 зона).

Слои в мар-файле были описаны с учетом правил оформления, использующихся в лабораторных работах по ГИС в НВГУ (пример правил оформления для объектов слоев приведен в табл. 2).

Для «разгрузки» изображения при детализации карты, соответствующей мелкомасштабным картам (свыше масштаба просмотра 1:500 000), настроено отображение некоторых слоев с учетом правил генерализации, представленных в табл. 3.

В результате получился мар-файл, при запросе к которому из браузера с помощью соответствующих cgi-команд с перечислением слоев нужного уровня

Таблица 2

**Правила оформления слоев карты Нижневартовского района**

<b>Границы района_Р</b>	<b>Заливка <input type="checkbox"/> без цвета</b> <b>Контур – штрихпунктирная линия красного цвета, толщиной 1,5 пт</b>	
<i>Болота_Р</i>	Болото непроходимое	Горизонтальная штриховка (толщина линий 0,5 пт) Без контура Интервал между линиями 3 пт или 1 мм Основной цвет воды – 20% яркости
	Болото проходимое	Горизонтальная штриховка (толщина линий 0,5 пт или 0,25 мм) Без контура Интервал между линиями 4 пт или 1,5 мм Основной цвет воды – 20% яркости

Таблица 3

**Правила генерализованного оформления слоев карты Нижневартовского района**

<b>2 уровень генерализации</b> (мин. маш. = 1:1500 000, макс. маш. = 1:1)	<b>1 уровень генерализации</b> (макс. маш. = 1:1500 000)
<b>Населенные пункты</b> Обычный знак, простая заливка оранжевого цвета с границей на 1-2 тона темнее	<b>Населенные пункты</b> Фильтр: «ВидОбъекта» IN ('Город крупный', 'Город малый', 'Поселок городского типа') Оформление: градуированные символы 2-х классов по полю площади, отрисовка центроидов кругами оранжевого цвета с белой каймой, отличающимися размерами
<b>2 уровень</b> (мин. маш. = 1:500 000, макс. маш. = 1:1)	<b>1 уровень</b> (макс. маш. = 1:500 000)
<b>Гидрография полигональная</b> Уникальные значения по полю ВидОбъекта цвета воды (по смыслу оформления)	<b>Гидрография полигональная</b> Фильтр: «Масш_уров» = 1
<b>Гидрография линейная</b> Уникальные значения по полю ВидОбъекта цвета воды	<b>Гидрография линейная</b> Отображать только уникальное значение «Реки и ручьи с постоянным водотоком шириной от 20 до 120 м»
<b>Дороги</b> Уникальные значения по полю ВидОбъекта цвета дорог	<b>Дороги</b> Отображать только уникальное значение «Автодорога с покрытием»
<b>Здания</b> Обычный знак, пятиугольник оранжевого цвета с белой каймой	

формируются изображения карты. Если в команде обращения перечислить слои первого уровня и в мар-файле указать экстенд всего района (охват карты в координатах), то будет сформировано изображение, как на рис. 3. Если указать экстенд фрагмента карты (окрестностей г. Нижневартовска) и в обращении перечислить слои второго уровня, то будет сформировано изображение, как на рис. 4.

Для адаптации показа карты в виде интегрируемого в html-код изображения в мар-файл описания

карты были добавлены разделы WEB, SCALEBAR и LEGEND. Подготовлен html-шаблон отображения карты. В итоге в браузере отображается карта с легендой видимых слоев, с перечнем подгружаемых слоев и с возможностью масштабирования (см. рис. 5).

Для того чтобы загрузка слоев карты была доступна непосредственно из приложения ГИС, мар-файл был модифицирован для поддержки сервисов WMS и WFS. К описаниям слоев были добавлены необходимые для этого метаданные.

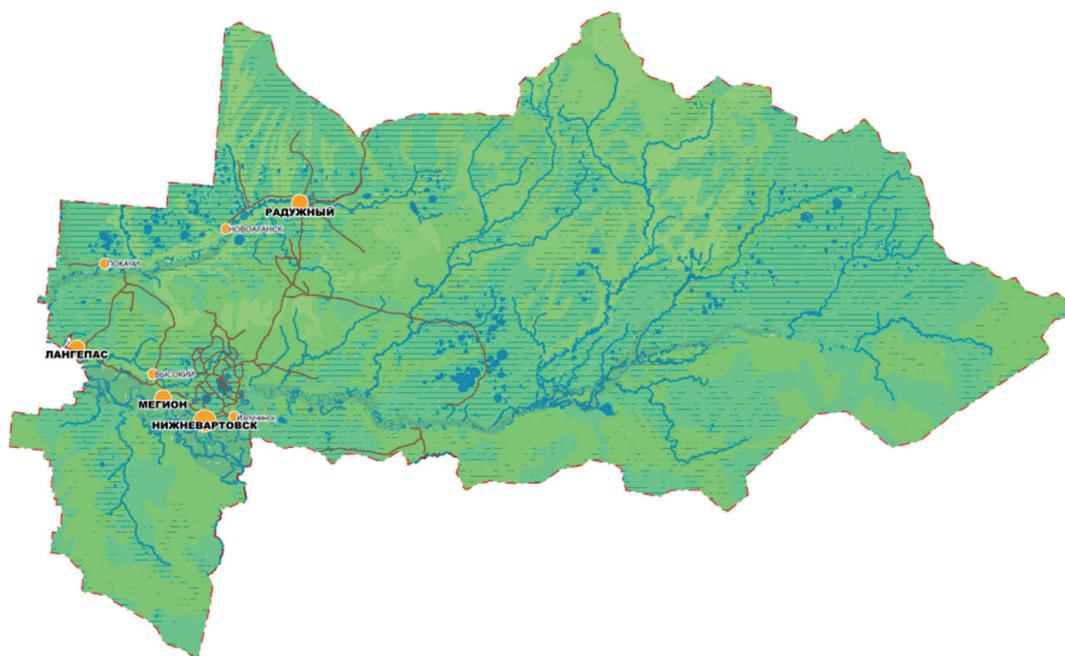


Рис. 3. Изображение, формируемое в браузере по команде [http://MAPSERVER/cgi-bin/mapserv.exe?map=/ms4w/SEA/SEA.map&layer=Granitca&layer=Rast&layer=Nas\\_punkt\\_1ur&layer=GidrP1&layer=GidrL1&layer=DorogiL1&layer=BolotaP&mode=map](http://MAPSERVER/cgi-bin/mapserv.exe?map=/ms4w/SEA/SEA.map&layer=Granitca&layer=Rast&layer=Nas_punkt_1ur&layer=GidrP1&layer=GidrL1&layer=DorogiL1&layer=BolotaP&mode=map) в экстенде 100000 6600000 770000 7000000

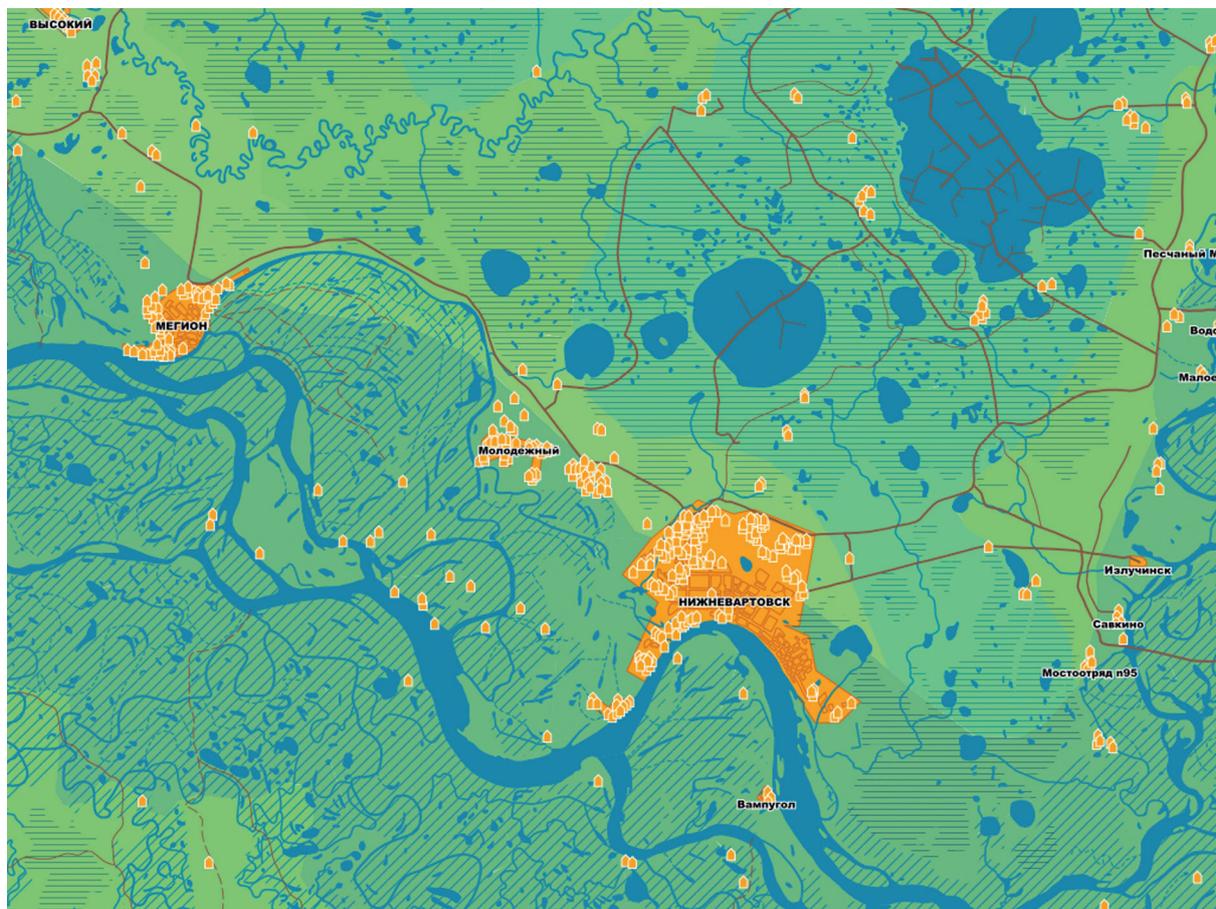


Рис. 4. Изображение, формируемое в браузере по команде [http://MAPSERVER/cgi-bin/mapserv.exe?map=/ms4w/SEA/SEA.map&layer=Granitca&layer=Rast&layer=Nas\\_punkt\\_2&layer=GidrP2&layer=GidrL2&layer=DorogiL2&layer=Zdania&layer=BolotaP&mode=map](http://MAPSERVER/cgi-bin/mapserv.exe?map=/ms4w/SEA/SEA.map&layer=Granitca&layer=Rast&layer=Nas_punkt_2&layer=GidrP2&layer=GidrL2&layer=DorogiL2&layer=Zdania&layer=BolotaP&mode=map) в экстенде 230000 6750000 280000 6790000

Карта Нижневартовского района

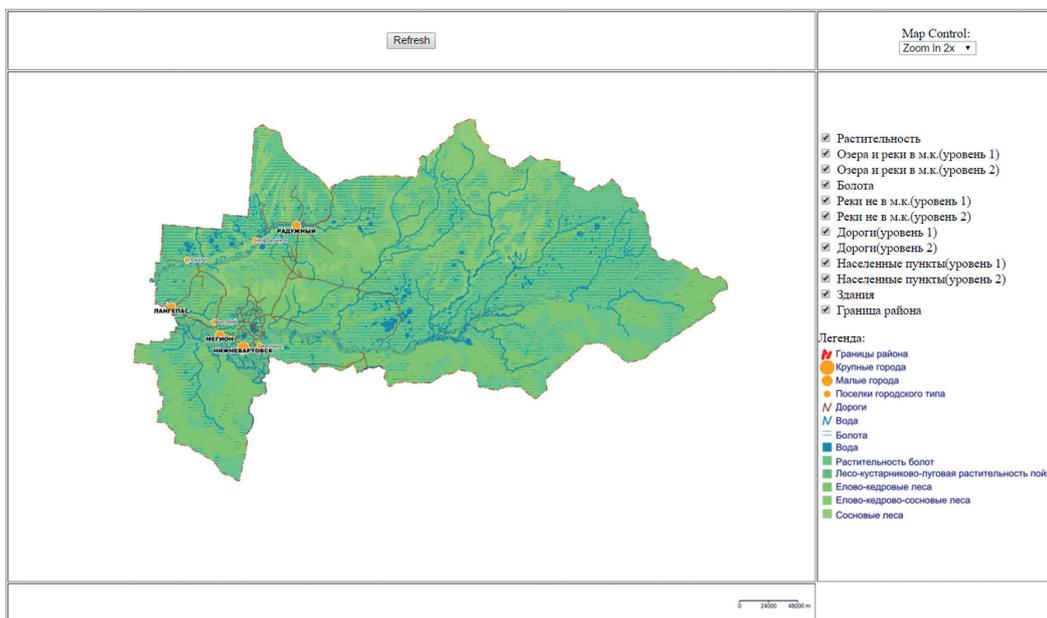


Рис. 5. Пример интерактивного отображения карты в браузере

При добавлении WMS-слоя в приложении QGIS добавляется полностью оформленный растровый слой с легендой. Набор растровых слоев, расположенных в нужном порядке, образует полную растровую подложку, которую можно использовать как основу для оформления карты. Пример отображения загружаемых с помощью сервиса WMS-слоев в QGIS см. на рис. 6.

При добавлении WFS-слоя в приложении QGIS добавляется векторный неизменяемый шейп-слой без оформления, который можно использовать для выполнения лабораторных работ и без сохранения данных локально. Пример отображения загружаемых с помощью сервиса WFS-слоев в QGIS см. на рис. 7.

**Обсуждение и апробация результатов**

О разработке базы геоданных Нижневартовского района были подготовлены и опубликованы следующие статьи: о предпосылках создания базы данных [7], об организации геоинформационных проектов, материалы которых послужили, в том числе, основой базы геоданных [3], и непосредственно о создании самой базы геоданных [8].

На созданные картографические материалы было оформлено свидетельство о регистрации интеллектуальной собственности «База геоданных Нижневартовского района» № 2016620388 от 28.03.2016.

**Выводы**

В настоящее время идет внедрение материалов базы геоданных в курс лабораторных работ, а также

подготовка к внедрению картографического сервиса на сервере университета.

Рассмотренные методы и подходы к подготовке материалов можно применять для создания широкого диапазона других учебных пространственных данных. Картографический сервис после внедрения может дополняться тематическими векторными слоями, а также зарегистрированными растровыми картами для расширения круга решаемых задач, и использоваться в научно-исследовательской работе профессорско-преподавательского состава и студентов, а также научной лаборатории геоэкологических исследований НВГУ.

**Ключевые слова:** геоинформатика, картографические сервисы, геоинформационные системы, методика преподавания геоинформатики, база геоданных, пространственные данные.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Бобылев Е.Л., Патрикеева Э.Г., Трухманова Е.Н., Троицкая И.Ю. Самостоятельная работа студентов в процессе формирования профессиональной компетентности выпускника вуза // Высшее образование сегодня. – 2016. – № 5. – С. 21-24.
2. Слива Е.А. Геоинформационные проекты в ВУЗе: организация, проведение, результаты : препринт / автор-сост. Е.А. Слива. – Нижневартовск : Изд-во Нижневарт. гос. ун-та, 2013. – 109 с.
3. Слива Е.А. Организация и результаты геоинформационных проектов в Нижневартовском государственном университете // Педагогическая информатика. – 2013. – № 3. – С. 39-48.

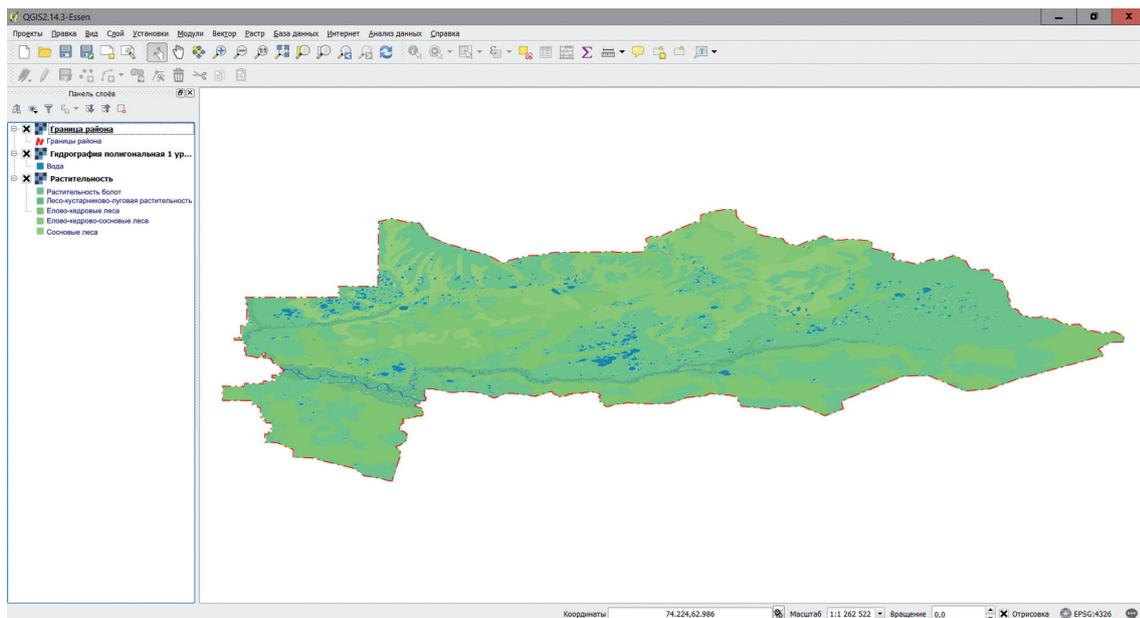


Рис. 6. Пример отображения трех загруженных WMS-слоев в QGIS

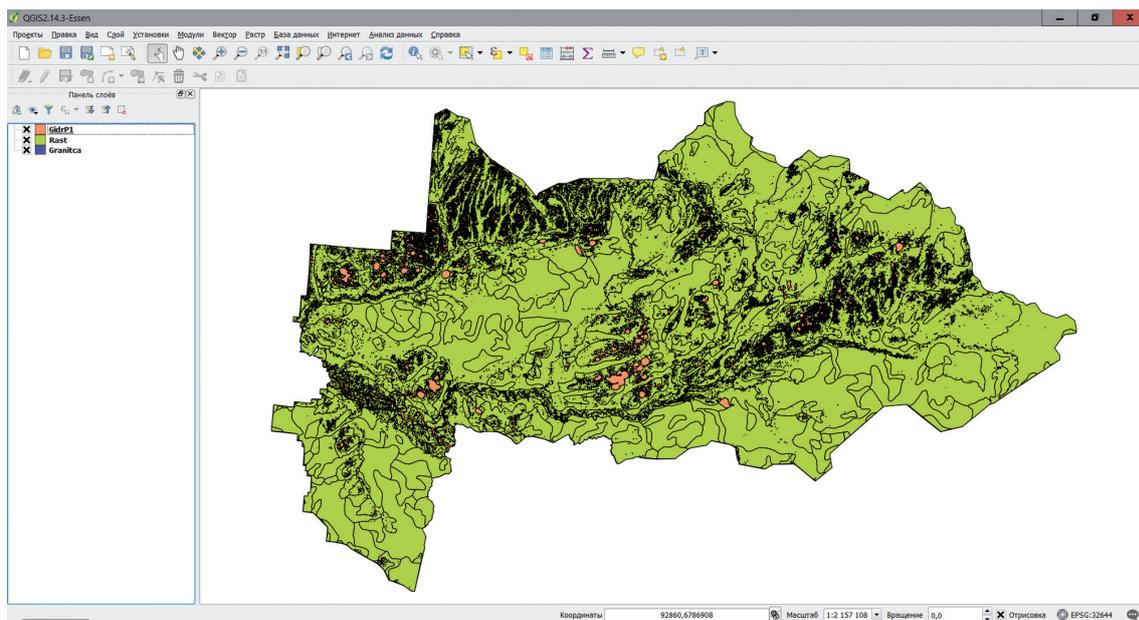


Рис. 7. Пример отображения трех загруженных WFS-слоев в QGIS

4. Осокин С.А. Картография и Инфраструктура пространственных данных // ArcReview. – 2009. – 1(48).  
 5. Осокин С.А. Локальные инфраструктуры пространственных данных // ArcReview. – 2008. – 3(46).  
 6. Лурье И.К., Аляутдинов А.Р., Осокин С.А. Интеграция географических информационных ресурсов и обеспечение онлайн-доступа к ним для решения научных и образовательных задач // Электронные библиотеки. – 2013. – Выпуск 4. – URL: <http://www.elbib.ru/index.phtml?page=elbib/rus/journal/2013/part4/LAO> (дата обращения 05.09.2016).

7. Слива Е.А. Создание базы геоданных местности Нижневартовского района // Вестник Нижневартовского государственного гуманитарного университета. Серия «Естественные науки и науки о Земле». – 2012. – № 1. – С. 46-51.  
 8. Слива Е.А. Разработка базы геоданных Нижневартовского района // Культура, наука, образование: проблемы и перспективы : материалы V Международной научно-практической конференции (г. Нижневартовск, 09-10 февраля 2016 года) / отв. ред. А.В. Коричко. – Нижневартовск : Изд-во Нижневарт. гос. ун-та, 2016. – Ч. II. – 390 с. – С. 194-198.