

О.Е. Архипова^{1,2}

ВЕБ-ГИС ДЛЯ ОЦЕНКИ СЦЕНАРИЕВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНО-РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА ЮЖНОГО МАКРОРЕГИОНА

АННОТАЦИЯ

Статья посвящена использованию геоинформационных технологий, включая «облачные» сервисы, для оценки природно-ресурсного потенциала южного макрорегиона. Предложен инструментарий, опирающийся на современные информационные технологии, для оценки различных сценариев социально-экономического развития регионов, связанного с этим использованием природно-ресурсного потенциала южного региона, состоянием экологической комфортности региона. На основе единой структуры геоданных и статистических данных по использованию ресурсов создана геоинформационная система для регионов Юга России и веб-приложение. Веб-ГИС создана на основе интерактивного конструктора Story Map JournalSM.

Приводится методика оценки природно-ресурсного потенциала, структуры локальной и «облачной» ГИС. Методика оценки сценариев использования природно-ресурсного потенциала южного макрорегиона на основе технологий Геопортала разрабатывается с использованием облачной технологии ArcGis Online. Данная технология позволяет запускать и поддерживать программное обеспечение и хранить данные на сервере за счёт формирования частного или комбинированного облака. Исследование природно-ресурсного потенциала южных регионов России предполагает сравнение имеющихся запасов того или иного вида ресурсов и степени их использования. Сопоставление потенциального запаса ресурса и реальной интенсивности его потребления в муниципальных образованиях данных регионов составило основу для интерпретации полученных оценок эффективности использования природно-ресурсного потенциала, позволило провести оценку отношений в системе «природа-общество» на примере двух субъектов Российской Федерации, входящих в Южный и Северокавказский федеральные округа, а именно в Ростовскую область и Кабардино-Балкарскую Республику. Получены количественные оценки на уровне муниципальных районов с применением разработанного программного инструментария, объединяющего ГИС, базы данных и математическое моделирование для исследования природно-ресурсного потенциала региона.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

природно-ресурсный потенциал, геоинформационные технологии, геопортал, облачные сервисы

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы практически всеми субъектами Российской Федерации, входящими в Южный и Северокавказский федеральные округа, разрабатывались и принимались планы (стратегии) социально-экономического развития, ориентированные на длительный период 20 лет.

В рамках этих документов в той или иной степени отражены различные аспекты использования природно-ресурсного потенциала (ПРП). При разработке основ природопользования представляется исключительно важным определить, какая же часть природных ресурсов (составляющих ПРП) может быть реально вовлечена в хозяйственную деятельность при

¹ Институт аридных зон ЮНЦ РАН, Россия, Ростов-на-Дону, пр. Чехова, 41; e-mail: arkipova@ssc-ras.ru

² Южный федеральный университет, Россия, Ростов-на-Дону, пр. Стачки, 200/1; e-mail: arkipova@sfedu.ru

условии сохранения среды жизни человечества. В общем случае природно-ресурсный потенциал является одним из факторов, оказывающих влияние на уровень и динамику экономического развития регионов. Сопоставление потенциального запаса ресурса и реальной интенсивности его потребления позволяет использовать теоретически обоснованные критерии оценки баланса-дисбаланса в отношениях «природа-общество» и на их основе определять общие перспективы развития регионов с разными типами природопользования [ОВОС, экологический аудит, инженерно-экологические изыскания, СЗЗ. ИнЭкА Консалтинг [Электронный Ресурс – режим доступа: <http://inesa.ru/> (дата обращения 16.06.16)].

В этой связи целесообразно разработать инструментарий, опирающийся на современные информационные технологии для оценки различных сценариев социально-экономического развития регионов, связанного с этим использованием природно-ресурсного потенциала южного региона, состоянием экологической комфортности региона [Haas, 1978; Солнцев, 2001]. Для выполнения поставленной задачи были проанализированы стратегии развития субъектов Российской Федерации южного макрорегиона, разработаны методы построения и оценивания сценариев использования природных ресурсов с использованием современных методов обработки информации, включая космоснимки, разработана геоинформационная модель для оценки природно-ресурсного потенциала региона, оценки влияния хозяйственной деятельности в регионе на состояние природных ресурсов.

Задача структуризации данных непосредственно связана с необходимостью интерпретации пространственных данных на исследуемую территорию, обеспечения простого доступа к этой информации и обмена геоинформационными ресурсами между участниками исследования и другими заинтересованными лицами.

Общепринятым путем формирования ИПД является создание геопорталов. В проекции на проблематику ГИС и ИПД это означает доступ к распределённым сетевым ресурсам пространственных данных и сервисов (геосервисов), которые могут быть найдены на геопортале как исходной точке входа [Архипова, 2014].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В основе работы веб-ГИС лежат ГИС-сервисы, то есть веб-сервисы, обеспечивающие доступ к пространственным данным, их обработку, анализ, поиск и визуализацию. Например, картографические ГИС-сервисы отвечают за отображение карты, выполнение запросов пользователей к объектам на карте; сервисы геообработки — за моделирование и анализ пространственных отношений (построение оптимальных маршрутов для транспорта, прогнозирование распространения природных пожаров, анализ закономерностей в возникновении вспышек болезней и т.д.). Пространственные данные объединяются в сервисы пространственных данных и публикуются на специальном ГИС-сервере. В качестве платформы для создания веб-ГИС могут использоваться различные серверные ГИС, например, ArcGIS for Server компании Esri или открытое программное обеспечение Geoserver. ГИС-сервером создаётся точка входа для запросов на получение пространственных данных из других приложений. Ответом на каждый такой запрос может быть комбинация графики и различных данных в виде программных объектов, из которых впоследствии извлекается информация для последующего предоставления её пользователю в виде оформленного специальным образом текста или графики.

Альтернативой дорогостоящего программного обеспечения является использование «облачной технологии» (ArcGis Online). Портал представляет собой уже готовую и развёрнутую облачную ГИС, в которой можно хранить, публиковать, обмениваться и управлять своими пространственными данными, картами, инструментами и сервисами.

Методика оценки сценариев использования природно-ресурсного потенциала южного макрорегиона на основе технологий Геопортала разрабатывается с использованием облачной технологии ArcGis Online. Данная технология позволяет запускать и поддерживать про-

граммное обеспечение и хранить данные на сервере за счёт формирования частного или комбинированного облака.

Для корректного отображения сервисов пространственных данных и предоставления пользователю информации об объектах, содержащихся в базе пространственных данных сервиса, используется визуализатор, как средство отображения специализированных on-line приложений. Доступ к данным, хранящимся на ArcGIS Online, осуществляется через интернет из любого продукта ArcGIS или с помощью «тонкого клиента» – веб-браузера, веб-приложения ArcGIS.com и ArcGIS Explorer Online, либо собственного разработанного веб-приложения.

Выбор технологии для разработки визуализатора основывается на языках программирования разработки веб-приложения и на тенденциях развития предоставляемых для разработки технологий. Для разработки веб-интерфейса могут использоваться различные программные технологии, такие как JavaScript, Flex, Silverlight. Ядро веб-приложения – это набор функций, составляющих основную часть управляющей логики веб-приложения. В задачи ядра входит загрузка основных компонентов веб-приложения, загрузка сервисов пространственных данных, инициализация инструментов для работы с картой, обработка событий пользовательского интерфейса, слежение за возникновением ошибок и их обработка. Ядро должно обладать следующими характеристиками: отказоустойчивость, высокая скорость загрузки, обеспечение высокой скорости работы веб-приложения.

Отказоустойчивость достигается путём отслеживания возникающих ошибок в работе веб-приложения и корректное реагирование на них. Высокая скорость загрузки достигается путём включения в процесс инициализации ядра только необходимых модулей, максимально возможное уменьшение объема программного кода и обработки файла с кодом ядра при помощи специальных программ, позволяющих сократить объём файла на 50 и более процентов.

Технологии Геопортала непосредственно используются для создания серии аналитических, комплексных и синтетических карт, отражающих пространственно-временные особенности здоровья населения, полученных на локальной математико-картографической модели.

Для анализа данных по использованию природного и ресурсного потенциала субъектов была разработана локальная и веб-ГИС.

Операционными единицами во всех блоках базы геоданных системы являются муниципальные районы и города. Информационными источниками являются фондовые картографические материалы, официальная статистика, предоставленная областными и городскими статистическими ведомствами: Территориальным органом Федеральной службы государственной статистики, Управлениями Росприроднадзора и Роспотребнадзора [Официальный сайт комитета по охране окружающей среды и природных ресурсов Администрации Ростовской области [электронный ресурс URL: <http://www.doncomeco.ru/> (дата обращения 12.07.2016), Данные территориального органа ФСГС по Ростовской области]. Георесурсная БД содержит формализованные данные о характере геолого-геоморфологических условий, геофизических параметрах региона, параметры эколого-климатического потенциала, эколого-гидрологические данные о влагообеспеченности территории, почвенно-геохимические данные о характере почвенного покрова, степень лесистости территории, сведения о ландшафтной структуре региона и её контрастности и т.д.

Для получения комплексной оценки природно-ресурсного потенциала территории (муниципального района и города) были использованы следующие субиндикаторы [Буркинский и др., 2010; Месропян, 2012; Месропян, Патракеева, 2012]:

- x_1 – площадь земель сельхозугодий, га;
- x_2 – протяжённость автодорог общего пользования местного значения, км;
- x_3 – выброс в атмосферу загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников, тыс. тонн;

- x_4 – сброс загрязнённых сточных вод в поверхностные водные объекты (оценка), млн м³;
- x_5 – плотность населения, чел. на км²;
- y_1 – отгружено товаров собственного производства, выполнено работ и услуг собственными силами (без субъектов малого предпринимательства), тыс. руб.

а) Ростовская область
a) Rostov Region

б) Кабардино-Балкария
b) Kabardino-Balkaria



Рисунок 1. Оценка эффективности использования природно-ресурсного потенциала на примере двух субъектов южного макрорегиона

Figure 1. Estimation of the efficiency of using of the natural resource potential by the example of two subjects of the southern macroregion

Последний в списке субиндикатор отражает объём валового регионального продукта.

Интегральный показатель эффективности использования природно-ресурсного потенциала для каждой территории рассчитывается по формуле:

$$\theta^* = \frac{\sum_{r=1}^s u_r^* y_r}{\sum_{i=1}^m w_i^* x_i}$$

где u_r^*, w_i^* – весовые коэффициенты для субиндикаторов ($r= 1, \dots, s$) и входов ($i=1, \dots, m$), соответственно, которые определяются экспертно.

Оценки, полученные на основании данной системы индикаторов, отображаются в геоинформационной системе, что позволяет делать выводы относительно эффективности использования природно-ресурсного потенциала в регионе.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Геоинформационная система «Природно-ресурсный потенциал южного макрорегиона» состоит из следующих частей:

1. Базы геоданных (БГД), которая содержит исходные данные по предметной области;
2. ГИС-проекта, хранящего основные тематические слои; разработанного на основе специализированного программного обеспечения ArcGIS Desktop 10* (Esri, США);
3. Веб-приложения для визуализации собранных данных и оценки потенциала региона, основанного на технологии геопортала, позволяющей предоставить доступ к данным лицам, принимающим решение.

В состав БГД входят:

- векторные данные (пространственные классы и наборы данных);
- растровые данные (наборы растров и каталоги растров);
- непространственные таблицы (исходные данные и результаты расчёта).

В непространственных данных в первую очередь представлены статистические данные в разрезе исследуемых показателей для двух субъектов, привязанные к административным районам и городским поселениям.

Табличные данные сгруппированы по тематике и по годам. Также прилагается справочник с полной расшифровкой значений атрибутов. В основе табличных данных по регионам – данные государственной статистики по субъектам южного макрорегиона. На данном этапе в базу данных загружена информация по Ростовской области и Кабардино-Балкарии по следующим разделам: Население, Экономика, Сельское хозяйство, Строительство, Полезные ископаемые, Промышленные ископаемые.

Все исходные данные проекта условно делятся на две группы: базовые и операционные данные. В основе БГД – типичные векторные наборы классов объектов, представляющих базовую карту: Административные границы, Экономика, Гидрография, Рельеф, Урбанизированные территории, Транспорт, Растительность по субъектам Южного макрорегиона.



Рисунок 2. Принципиальная схема взаимодействия ГИС проекта и геопортала
Figure 2. Schematic diagram of the interaction between the GIS project and the geoportals

Растровые данные представлены несколькими группами объектов:

- космические снимки и топографические и тематические растровые карты с пространственной привязкой;
- топографические и тематические карты без пространственной привязки.

Каждый набор представлен классами пространственных объектов различных типов (точка, линия, полигон), имеющими общую пространственную привязку. Целостность базы и качество данных поддерживается при помощи атрибутивных доменов базы данных и подтипов по кодам объектов.

ГИС-проект даёт возможность просмотра информационного содержания компонентов пространственной базы данных: графической (тематические слои) и атрибутивной (семантические таблицы).

Согласно структуре БГД в проекте ГИС, данные организованы в виде групповых слоёв, по тематическому содержанию совпадающие с наборами классов в базе данных.

Веб-приложение позволяет формировать карты, которые наглядно показывают, что находится на территории южного макрорегиона, а также проводить визуальный анализ по данным за различные годы, добавлять собственные табличные отношения.

На рисунке 2 представлена принципиальная схема взаимодействия локальной и интернет-версии системы.

Рассмотрим более подробно процесс доставки информации клиенту и формирование запроса со стороны клиента. Основные расчёты по модели производятся в локальном проекте (ArcGis Desktop). Сформированные аналитические и синтетические карты за исследуемый период с пространственным разрешением – города и районы исследуемого субъекта – хранятся в базе геоданных ГИС. Модельный шаг – 1 год.

Для публикации на геопортале готовятся наборы тематических карт, сформированные в ходе выполнения проекта. Публикация проекта производится из меню локального проекта. В результате на ГИС-сервере формируется набор картографических сервисов, состоящий из слоёв и фреймов локального проекта.



Рисунок 3. Главный раздел web-ГИС
 «Природно-ресурсный потенциал южного макрорегиона»
Figure 3. The main section of the web-GIS
 “Natural resource potential of the southern macroregion”

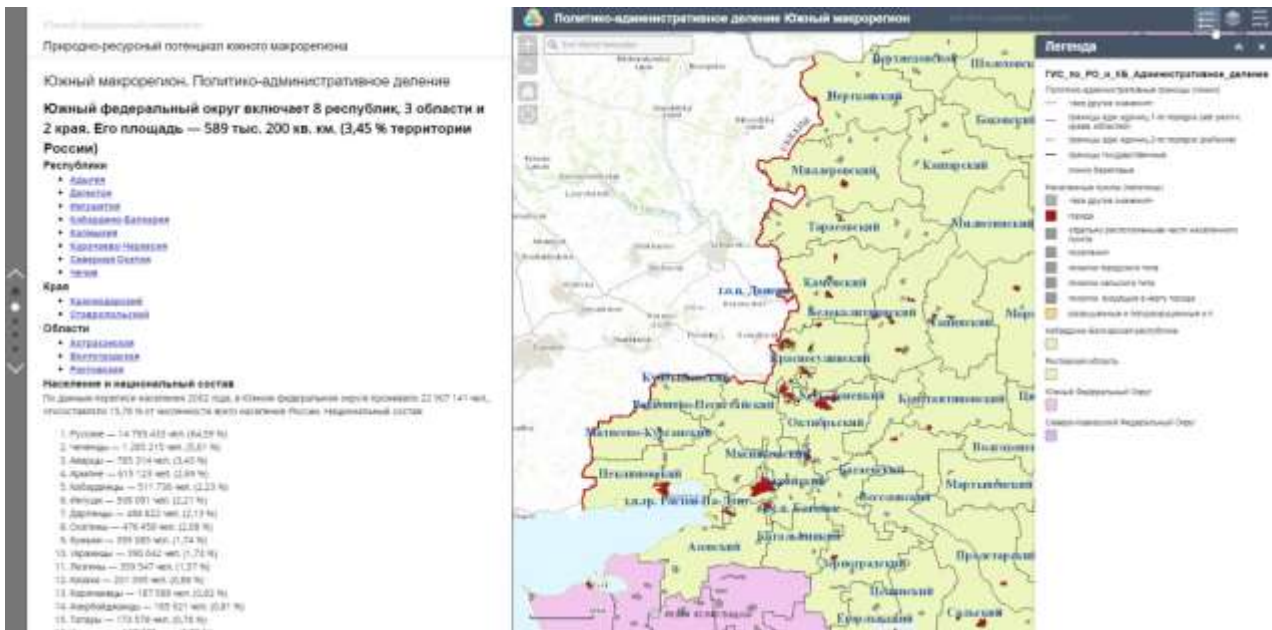


Рисунок 4. Раздел 1. Южный макрорегион. Политико-административное деление
Figure 4. Section 1. Southern macroregion. Administrative division

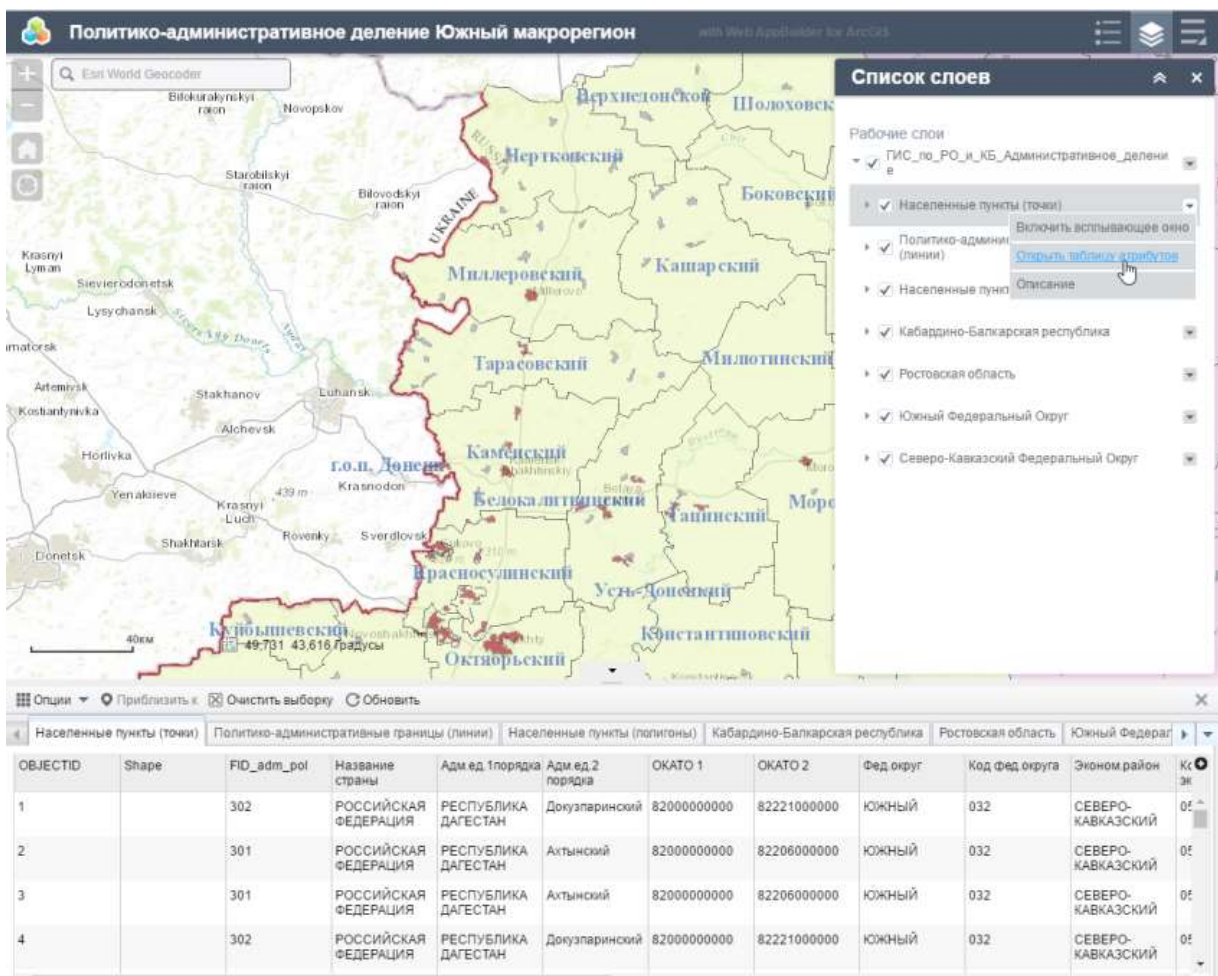


Рисунок 5. Основной функционал слоя карты
Figure 5. The main functional of the map layer

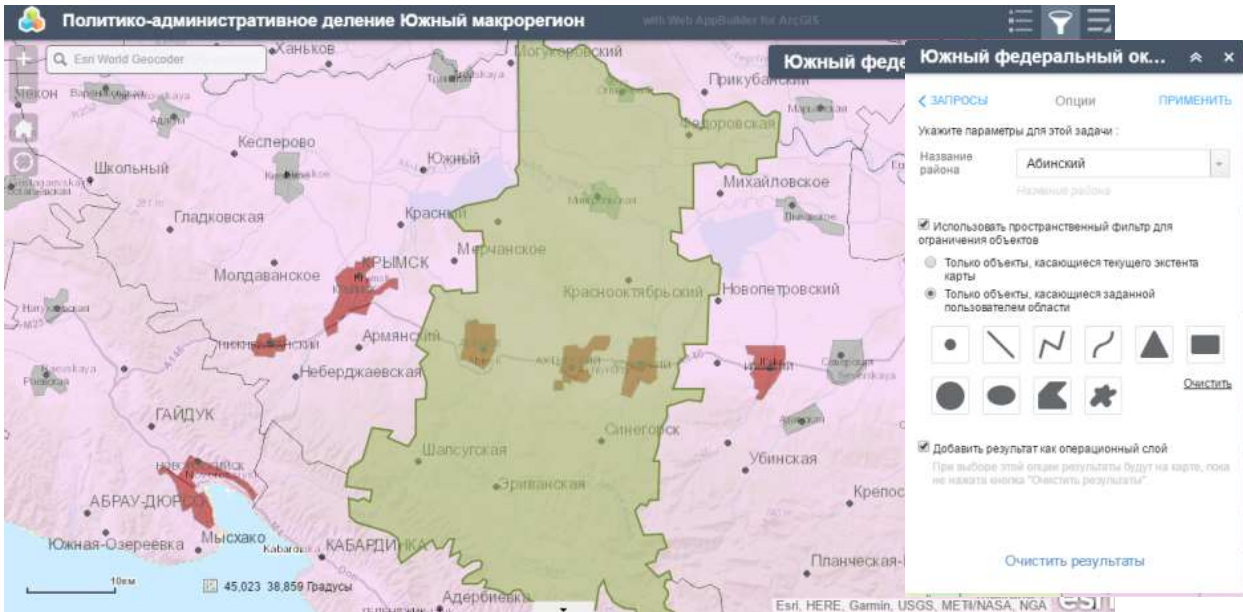


Рисунок 6. Формирование запросов по субъектам федерации
Figure 6. Forming enquires by subjects of the federation

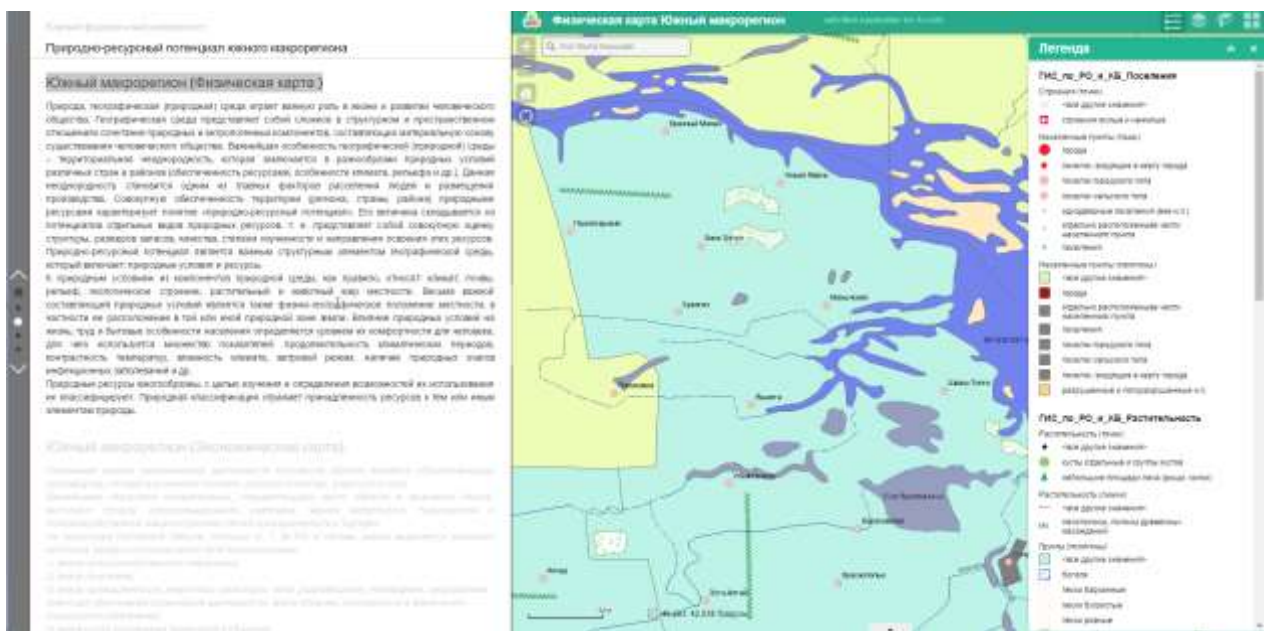


Рисунок 7. Южный макрорегион (раздел «Физическая карта»)
Figure 7. Southern macroregion (“Physical map” section)

Для создания собственных веб-карт и приложений на сайте активирован Portal for ArcGIS. Портал выполняет функции ArcGISOnline для организации.

Веб-ГИС создана на основе интерактивного конструктора Story Map JournalSM для создания записей журнала (разделов). Каждый раздел состоит из основного и бокового фрейма. Боковой фрейм содержит описательную информацию об объекте исследования, в основном фрейме отображаются веб-карты, изображения, видео, веб-приложения или другие веб-ресурсы, здесь же определяется способ их отображения.

В боковой панели веб-ГИС представлено описание основных разделов – Физическая карта южного макрорегиона, Административное деление, Экономика, Природные ресурсы, Оценка природно-ресурсного потенциала.

В основной панели Пользователю предоставляется возможность получить дополнительную информацию путём просмотра информации об объектах на карте, данных атрибутивных таблиц, а также пространственных запросов и диаграмм.

В Map Journal использованы карты, созданные на портале ArcGis, веб-карты ArcGIS Online, а также встроенные веб-приложения. В конструкторе открыта возможность редактирования собственных веб-карт.

После публикации сервиса в веб-ГИС отображаются аналитические и синтетические карты результатов анализа (в соответствии с рисунком 3).

В структуру веб-ГИС встроены приложения, созданные на основе опубликованных картографических сервисов.

Раздел 1 «Южный макрорегион. Политико-административное деление» (в соответствии с рисунком 4) состоит из описательной информации, содержащей справочные данные по южному макрорегиону и дополнительной информации о субъектах, доступной по гиперссылкам. Гиперссылки осуществляют переход на внешние сайты. Приложение основного окна раздела содержит пространственные и атрибутивные данные об объектах административного деления.

Основные функции приложения:

- Легенда карты (описание слоёв и условные обозначения).
- Слои карты (определение видимости слоёв). Реализует дополнительно функции просмотра всплывающих окон, просмотр таблицы атрибутов, а также уровень прозрачности картографических слоёв (в соответствии с рисунком 5).

Дополнительные функции ГИС включают в себя набор базовых карт, формирование закладок и раздел запросов по карте.

В приложении доступно формирование запросов по субъектам федерации и муниципальным образованиям. На рисунке 6 отображён результат такого запроса.

Раздел 2 «Южный макрорегион (Физическая карта)» содержит описание основных географических ресурсов и приложение, состоящее из основных разделов – растительность, гидрографии и геодезия.

Раздел 3 «Южный макрорегион (Экономическая карта)», в соответствии с рисунком 8, содержит описание и пространственную информацию об основных видах экономической деятельности региона, составе земель, включая земли особо охраняемых территорий и объектов.

Приложение предоставляет доступ к основным атрибутивным таблицам и осуществляет поиск объектов на карте на основе атрибутивной информации (рисунок 9).

Заключительный раздел приложения посвящён ключевым экологическим проблемам в сфере охраны окружающей среды. Раздел снабжён гиперссылками для получения дополнительной информации. В составе раздела представлено интерактивное приложение «Кадастр отходов Ростовской области»; оно позволяет не только получать информацию об объектах хранения отходов и стихийных свалках, но и оперативно отслеживать вновь возникающие объекты, используя функцию «краудсорсинга».

Состав разделов веб-ГИС может динамически расширяться, новые разделы строятся на основе новых сервисов, загружаемых на портал.

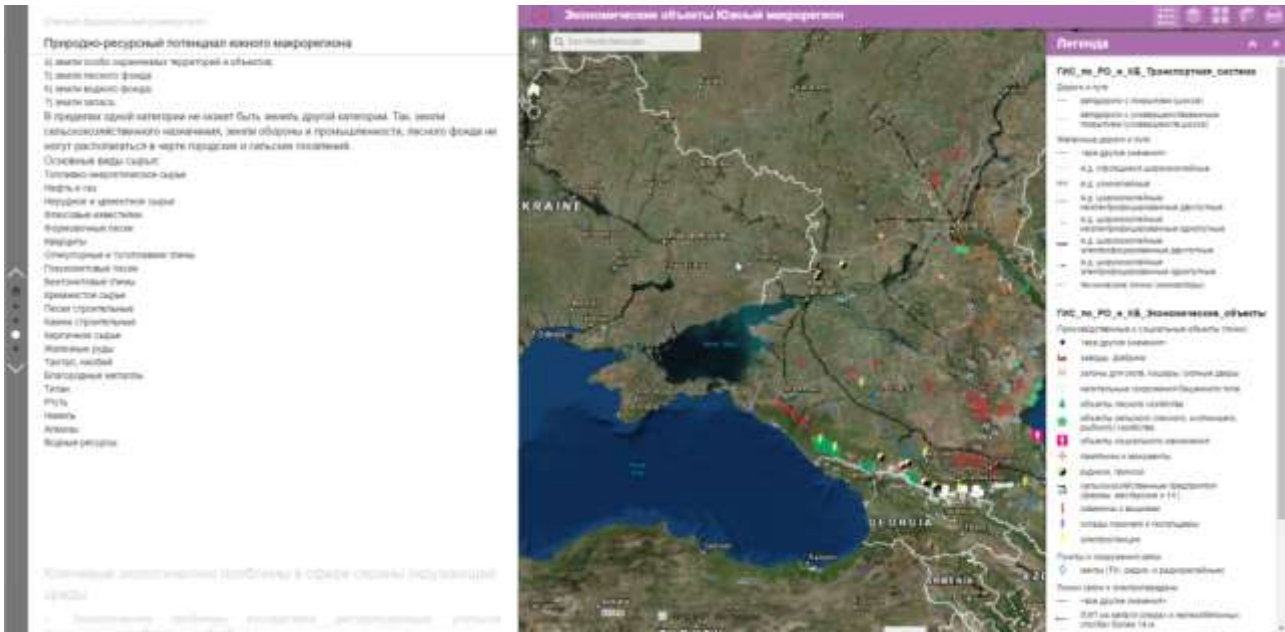


Рисунок 8. Раздел 3 «Экономическая карта»
Figure 8. Section 3 “Economic Map”

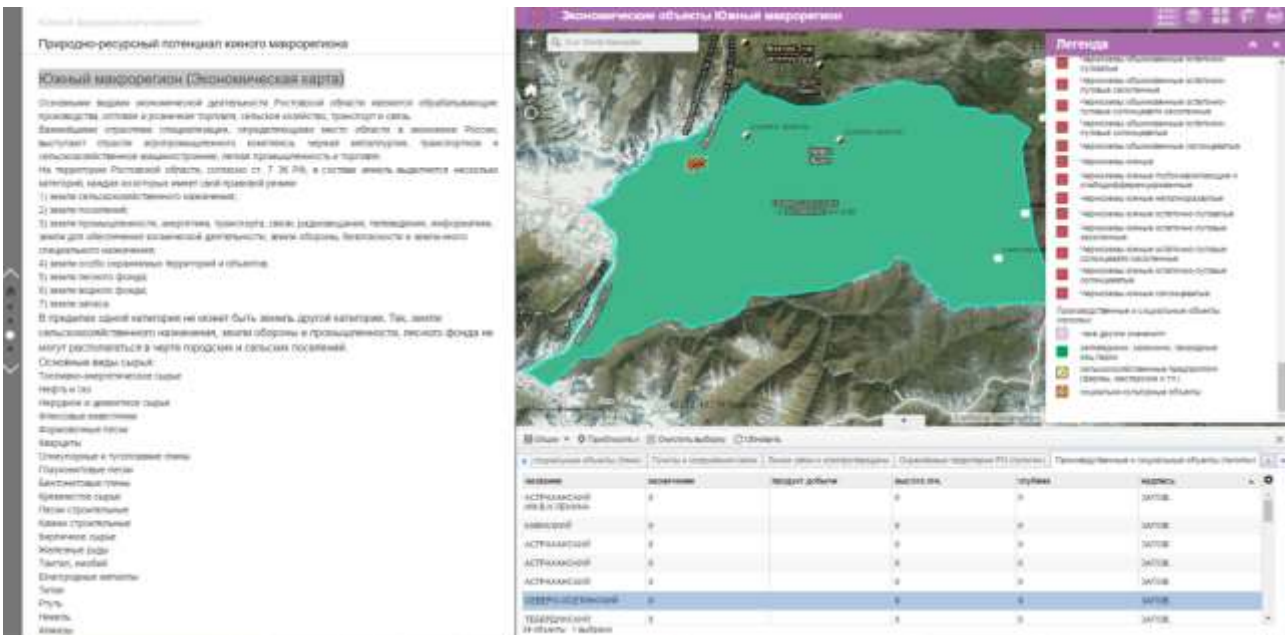


Рисунок 9. Поиск объектов на карте на основе атрибутивной информации
Figure 9. Finding objects on the map based on attributes

ВЫВОДЫ

В результате выполнения исследования разработана методика для оценки эффективности использования природно-ресурсного потенциала территории на уровне муниципальных районов. На основе единой структуры геоданных и статистических данных по использованию ресурсов создана геоинформационная система для регионов Юга России и веб-приложение. Получены количественные оценки на уровне муниципальных районов с применением разработанного программного инструментария, объединяющего ГИС, базы данных и математическое моделирование для исследования природно-ресурсного потенциала региона.

Произведена оценка отношений в системе природа-общество на примере двух субъектов Российской Федерации, входящих в Южный и Северокавказский федеральные округа, а именно в Ростовскую область и Кабардино-Балкарскую Республику. Исследование природно-ресурсного потенциала южных регионов России предполагает сравнение имеющихся запасов того или иного вида ресурсов и степени их использования. Сопоставление потенциального запаса ресурса и реальной интенсивности его потребления в муниципальных образованиях данных регионов составило основу для интерпретации полученных оценок эффективности использования природно-ресурсного потенциала.

БЛАГОДАРНОСТИ

В статье представлены результаты работ, выполненных при финансовой поддержке РФФИ; грант 16-05-00940–а РФФИ «Научно-методическое обоснование технологии интеллектуального анализа медико-экологической безопасности южных регионов России».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Архипова О.Е.* ГИС «Экологическая изученность южных морей РОССИИ» на технологической платформе ArcGis Online // Геоинформатика. – 2014. – № 3. – С. 2–9.
2. Интегрированное управление ресурсами и безопасностью в бассейне Азовского моря: Монография / Под ред. Б.В. Буркинського, В.Н. Степанова (Украина), С.В. Бердникова (Российская Федерация). – Одесса: ИПРЭЭ НАН Украины, 2010. – 674 с.
3. *Месропян К.Э.* Современные технологии оценки эффективности региональных систем. Избранные труды Всероссийского конкурса молодых учёных. – М.: РАН, 2012. – 126 с.
4. *Месропян К.Э., Патракеева О.Ю.* Ретроспективные исследования регионов России с применением многомерного статистического анализа // Методы количественных исследований процессов модернизации экономики и социальной сферы России: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 105-летию РЭУ им. Г. В. Плеханова. 15–16 марта 2012. – М.: ФГБОУ ВПО «РЭУ им. Г. В. Плеханова», 2012. – 384 с.
5. *Солнцев Н.А.* Учение о ландшафте: Избранные труды. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 383 с.
6. *Сурков Ф.А., Архипова О.Е.* Математические инструментари, информационные технологии и компьютерные программы для поддержки принятия решений по обеспечению устойчивого развития региона // Экологическая стратегия развития прибрежных регионов: география, окружающая среда, население. Медико-экологические и социально-экономические проблемы прибрежных регионов. Материалы Всероссийской научной конференции. – ЮНЦ РАН, 2015. – С. 187–197.
7. *Naase G.* For the disposal and labeling of natural potentials // PGM. – 1978. – № 122. – Pp. 113–125.

Olga E. Arkhipova^{1,2}

WEB-GIS FOR ASSESSING SCENARIOS OF USING NATURAL RESOURCE POTENTIAL OF SOUTHERN MACROREGION

ABSTRACT

The article is devoted to the use of geoinformation technologies, including “cloud” services, for assessing the natural resource potential of the southern macroregion. The toolkit has been proposed to evaluate various scenarios of social and economic development of the regions and the associated use of the natural resource potential of the southern region. The geoinformation system for the regions of the South of Russia and a web application have been created.

The methodology for assessing scenarios for using the natural resource potential of the southern macroregion have been developed using ArcGis Online cloud technology. This technology allows you to run and maintain software and store data on the server by creating a private or combined cloud. Web-GIS are created on the basis of the interactive designer Story Map JournalSM.

The relations in the nature-society system are evaluated on the example of two subjects of the Russian Federation that are part of the Southern and North-Caucasian federal districts – Rostov region and the Kabardino-Balkarian Republic. Investigation of the natural resource potential of the southern regions of Russia involves comparing the available reserves of a particular type of resources and the degree of their use. A comparison of the potential resource reserve and the real intensity of its consumption in the municipalities of these regions formed the basis for interpreting the obtained estimates of the efficiency of using of the natural resource potential. Quantitative estimates are obtained at the level of municipal regions using developed software tools that combine GIS, databases and mathematical modeling.

KEYWORDS:

natural resource potential, geoinformation technologies, geoportal, cloud services

REFERENCES

1. Arkhipova O.E. GIS “Ekologicheskaya izuchennost’ yuzhnykh morey Rossii” na tekhnologicheskoy platforme ArcGis Online [GIS “Ecological study of the southern seas of Russia” on the technological platform ArcGis Online], *Geoinformatika*, 2014, No 3, pp. 2–9 (in Russian).
2. Integrirovannoye upravleniye resursami i bezopasnost’yu v basseynakh Azovskogo morya [Integrated management of resources and safety in the Azov Sea basin] / Pod. red. V.N. Burkinskogo, V.N. Stepanova (Ukraina), S.V. Berdnikova (Rossijskaya Federaciya), Odesa: IPREE NAN Ukrainy, 2010, 674 p. (in Russian).
3. Mesropyan K.E. Sovremennyye tekhnologii otsenki effektivnosti regional’nykh sistem [Modern technologies for assessing the effectiveness of regional systems]. *Izbrannyye trudy Vserossiyskogo konkursa molodykh uchenykh*, Moscow: RAN, 2012, 126 p. (in Russian).
4. Mesropyan KE, Patrakeeva O.Yu. Retrospektivnyye issledovaniya regionov Rossii s primeneniym mnogomernogo statisticheskogo analiza [Retrospective studies of Russian regions using multidimensional statistical analysis]. *Metody kolichestvennykh issledovaniy protsessov modernizatsii ekonomiki i sotsial’noy sfery Rossii: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchenoy 105-letiyu REU im. G. V. Plekhanova. 15-16 marta 2012*, Moscow: FGBOU VPO «REU im. G. V. Plekhanova», 2012, 384 p. (in Russian).

¹ Institute of Arid Zone of SSC RAS, Russia, Rostov-on-Don, Chekhov ave, 41; *e-mail*: arkipova@ssc-ras.ru

² Southern Federal University, Russia, Rostov-on-Don, Stachka ave, 200/1

5. Solntsev N.A. Ucheniye o landshafte: Izbrannyye trudy [The doctrine of the landscape: Selected Works], Moscow: Izd-vo MGU, 2001, 383 p. (in Russian).
6. Surkov F.A., Arkhipova O.E. Matematicheskiy instrumentariy, informatsionnyye tekhnologii i komp'yuternyye programmy dlya podderzhki prinyatiya resheniy po obespecheniyu ustoychivogo razvitiya regiona [Mathematical tools, information technologies and computer programs to support decision-making for sustainable development of the region], Ekologicheskaya strategiya razvitiya pribrezhnykh regionov: geografiya, okruzhayushchaya sreda, naseleniye. Mediko-ekologicheskiye i sotsial'no-ekonomicheskiye problemy pribrezhnykh regionov. Materialy Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii, YUNTS RAN, 2015, pp. 187–197 (in Russian).
7. Haase G. For the disposal and labeling of natural potentials, PGM, 1978, No. 122, pp. 113–125.

УДК 528.88: 528.856: 502.065: 004.9

DOI: 10.24057/2414-9179-2017-2-23-156-172

О.В. Зенкин¹, В.А. Мелкий²

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДИНАМИЧЕСКИ УСТОЙЧИВЫХ РУСЛОВЫХ ФОРМ

АННОТАЦИЯ

В статье представлена методика расчёта оптимальной кривизны русла рек, использующая кинематическую модель структуры потока, базирующаяся на представлениях о дискретной природе руслового процесса. Приведён аналитический вид уравнения движения речного потока, с помощью которого может выполняться имитационное моделирование, связанное с поиском динамически устойчивой формы речного русла, и которое может обеспечивать контроль уровня воды в реках. Исходными данными для иллюстрации приведённых в статье методов моделирования послужили изображения, полученные со сканера MODIS на спутнике Terra, для нижнего течения р. Кур, которая сливаясь с р. Урми, образует Тунгуску – левый приток р. Амур.

Предложен модифицированный геометрический метод, применимый для расчёта углов наклона касательной к кривой и нормали в тех ситуациях, когда наблюдаемые на спутниковых изображениях пункты располагаются на координатной сети нерегулярно и, когда три точки, лежащие на кривой русла реки, не образуют равнобедренного треугольника.

Модель связывает тангенциальные и радиальные составляющие действующих на водный поток сил (центробежную, силы трения и тяготения). Кривизна k , обратная радиусу, в модели в явном виде выражается через параметр ϕ – угол, под которым уклон реки направлен по отношению к оси X . В качестве решения ищут значение угла ϕ , при котором достигается максимума корреляционная функция. Предполагается, что форма русла «неправильная» и может быть изменена таким образом, чтобы получившаяся кривая лучше коррелировала с расчётной кривой. Морфометрические зависимости для макроформ позволяют создавать ряд морфологических методов расчёта деформаций и рассчитывать смещение берега в любом створе излучины.

Предложенная методика опробована также по спутниковому снимку высокого разрешения. Представленные методы расчёта используются в качестве основы для проектов

¹ Технический нефтегазовый институт Сахалинского государственного университета; Россия, 693008, Южно-Сахалинск, ул. Ленина, 290; e-mail: mazur_i@mail.ru

² Технический нефтегазовый институт Сахалинского государственного университета; Россия, 693008, Южно-Сахалинск, ул. Ленина, 290; e-mail: vamelkiy@mail.ru