

**ГЕОВИЗУАЛИЗАЦИЯ И ВИЗУАЛЬНАЯ АНАЛИТИКА НА ПРИМЕРЕ
ОБОСНОВАНИЯ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ
ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЗОНЫ БАЙКАЛЬСКОЙ ПРИРОДНОЙ
ТЕРРИТОРИИ**

Иванова Ирина Юрьевна

К.э.н., зав. лабораторией энергоснабжения децентрализованных потребителей
e-mail: nord@isem.irk.ru

Иванов Роман Андреевич

К.т.н., научный сотрудник лаборатории «Информационные технологии»
e-mail: crowndriver@gmail.com

Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук, Иркутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук, 664033 г. Иркутск, ул. Лермонтова, 130

Аннотация. В статье показаны возможности средств геоовизуализации на примере геосервиса Google Earth при создании информационно-аналитической системы для обоснования применения экологически чистых технологий для энергоснабжения потребителей отдельной территории. Информационная система служит средством для проведения аналитических и прогнозных исследований различного уровня, а также позволяет формировать визуальные изображения для представления результатов экспертам и лицам, принимающим решения. Описаны и проиллюстрированы примерами преимущества подобных разработок по сравнению с традиционным картографическим представлением геопространственной информации.

Ключевые слова: геосервисы, геоовизуализация, котельные, электросетевые объекты, информационно-аналитическая система, газопроводы, особо охраняемые природные территории.

Введение. Для обоснования использования экологически чистых технологий для энергоснабжения потребителей центральной экологической зоны Байкальской природной территории разрабатывается информационно-аналитическая система (ИАС), включающая все энергетические объекты: Байкальскую ТЭЦ, котельные, электросетевые объекты, автономные источники электроснабжения: дизельные электростанции и возобновляемые источники энергии [9, 10].

Построение ИАС основано на использовании визуальной аналитики и визуализации геопространственной информации, как на уровне аналитических исследований, так и на уровне обоснования прогнозов развития территорий. Визуальная аналитика понимается, как возможность мыслить аналитически, поддержанная графическим интерфейсом. [14, 15] Т.е. использование человеко-машинной системы, где функции распределены между человеком и компьютером [13].

Геоовизуализация за счет применения реалистичных отображений земной поверхности (космических и аэрофотоснимков) в совокупности с трехмерной моделью Земного шара

позволяет перейти на новый уровень отображения информации, и тем самым, является основанием для развития средств поддержки принятия решений как для исполнителя – исследователя, эксперта, так и для заказчика – представителей энергетической компании или органов власти [2,6]. Разработкой подобных систем для различных предметных областей занимаются группа «Неогеография»[1, 16], а также в МГУ имени М.В. Ломоносова и Объединенном институте высоких температур РАН [8].

Результаты исследования. Структура и принципы построения информационно-аналитической системы подробно описаны в [3]. Настоящая статья посвящена некоторым выявленным в процессе разработки ИАС преимуществам использования геосервисов класса Google Earth по сравнению с традиционным картографическим представлением информации при обосновании развития энергетической инфраструктуры любого территориального образования.

Среди основных преимуществ можно выделить следующие:

- установление точного расположения объекта;
- возможность идентификации объекта;
- многомасштабность;
- многослойность;
- всеракурсность;
- доступ к дополнительным информационным ресурсам.

Установление точного расположения объекта возможно как на основе представленных в геосервисе космических и аэрофотоснимков, так и с помощью задания координат пунктов и энергетических объектов. Например, так были установлены границы экологических зон Байкальской природной территории на основе ведомости координат точек поворота границ зон, размещенной на сайте Сибирского отделения ФГУНПП «Росгеолфонд» [7]. По координатам было определено расположение кордонов заповедников, национальных парков и заказников (Шегнанда, Кабаний, Сосновка Баргузинского заповедника, Кадильный Прибайкальского нацпарка, Елохин, Покойники и Кочериковский Байкало-Ленского заповедника, Мишиха Байкальского заповедника).

Высокое качество снимков исследуемого региона, представленных в открытом доступе, позволило *идентифицировать энергетические объекты*, наличие и месторасположение которых было документально не подтверждено, а также определить их размещение на территории населенных пунктов. Вследствие недостатка информации при разработке ИАС так были идентифицированы некоторые котельные (например, котельная на угле в п. Листвянка, Култук и др.), установлены маршруты и протяженность линий электропередачи (например в п. Нижнеангарск, п. Большие Коты, п. Байкал и др.), а также уточнены расстояния доставки топлива (рис.1, 2).

Многомасштабность, или возможность получать снимки поверхности с различного расстояния, позволяет отобразить различный уровень информации в зависимости от изменения высоты обзора. Причем с использованием этих возможностей геосервиса для получения информационных карт разного масштаба требуются минимальные трудозатраты и время, в отличие от традиционного картографического представления, при котором необходимо наличие в этом случае отдельных карт-подложек разного масштаба.



Рис. 1. Идентификация котельной в п. Култук с использованием спутниковых снимков: (а) - исходный снимок, на снимке (б) котельная выделена красным контуром и отмечена соответствующим значком с индексом, показывающим категорию котельной.

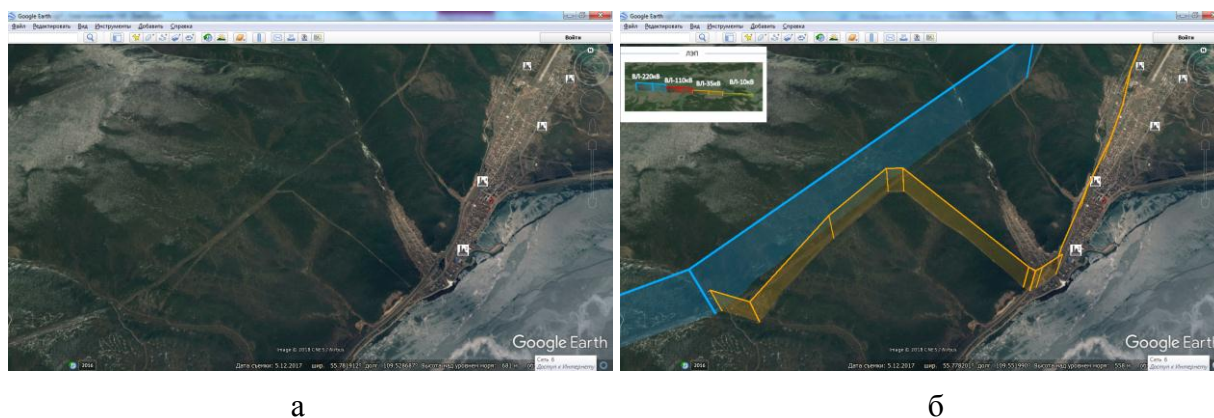


Рис. 2. Идентификация линии электропередачи в п. Нижнеангарск с использованием спутниковых снимков: (а) - исходный снимок, на снимке (б) ЛЭП прорисована в соответствии с классом напряжения.

Общий вид интерфейса информационной системы энергетической инфраструктуры центральной экологической зоны Байкальской природной территории приведен на рис.3, более подробный фрагмент южной части зоны – на рис.4. Подобные изображения в традиционном картографическом представлении представлены на рис. 5 и 6.

Многослойность построения информационно-аналитической системы дает возможность представить необходимый для исследователя в каждом конкретном случае набор слоев информации. Например, при обосновании варианта развития теплоэнергетики зоны на основе использования электроэнергии на цели теплоснабжения исследователю необходимо включение слоя не только котельных, но и электросетевой инфраструктуры и автономных энергоисточников для оценки технической возможности использования этого варианта в том или ином районе.

Использование этих двух свойств ИАС – многомасштабности и многослойности, позволяет организовать отображение различной информации в зависимости от наблюдаемого территориального уровня. Так, при рассмотрении всей территории центральной экологической зоны отображаются суммарные значения тепловой мощности по районам с выделением типа котельных и указанием вида топлива.

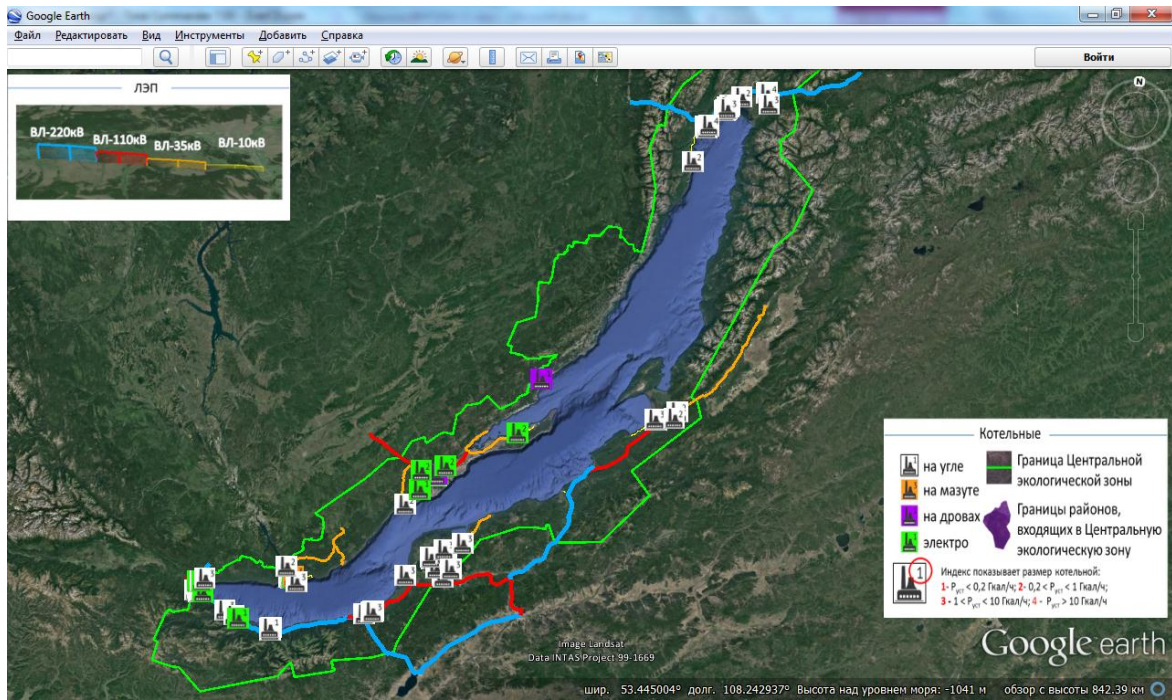


Рис. 3. Общий вид интерфейса информационной системы энергетической инфраструктуры центральной экологической зоны

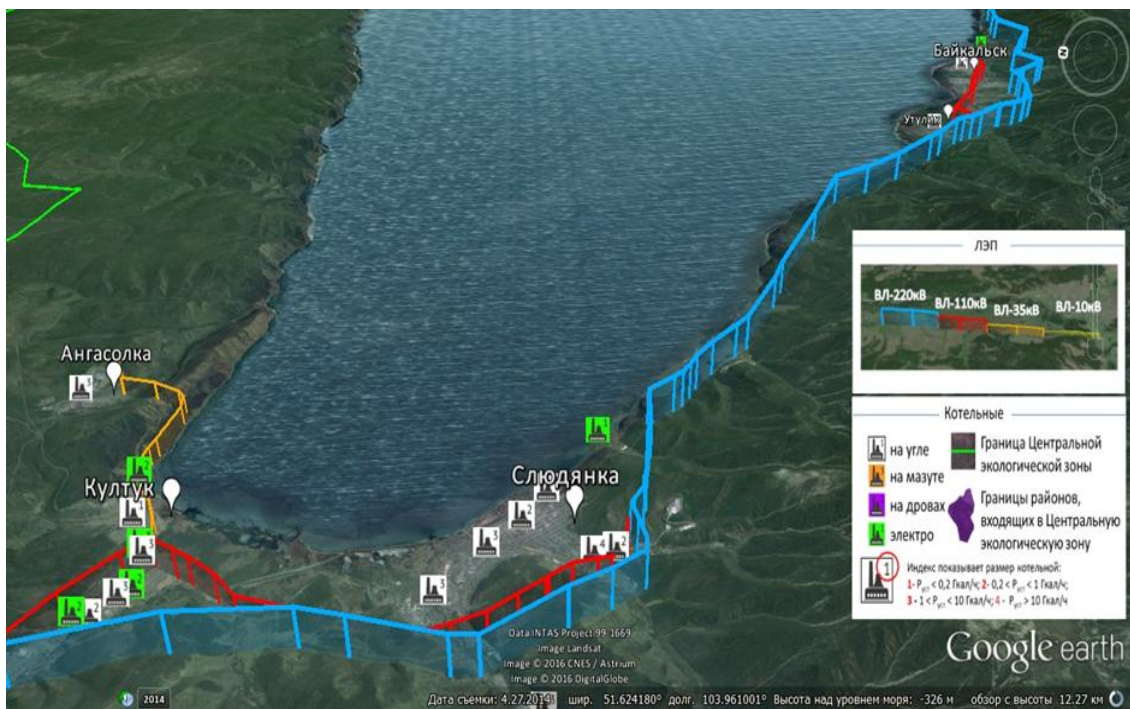


Рис. 4. Фрагмент интерфейса информационной системы южных районов центральной экологической зоны

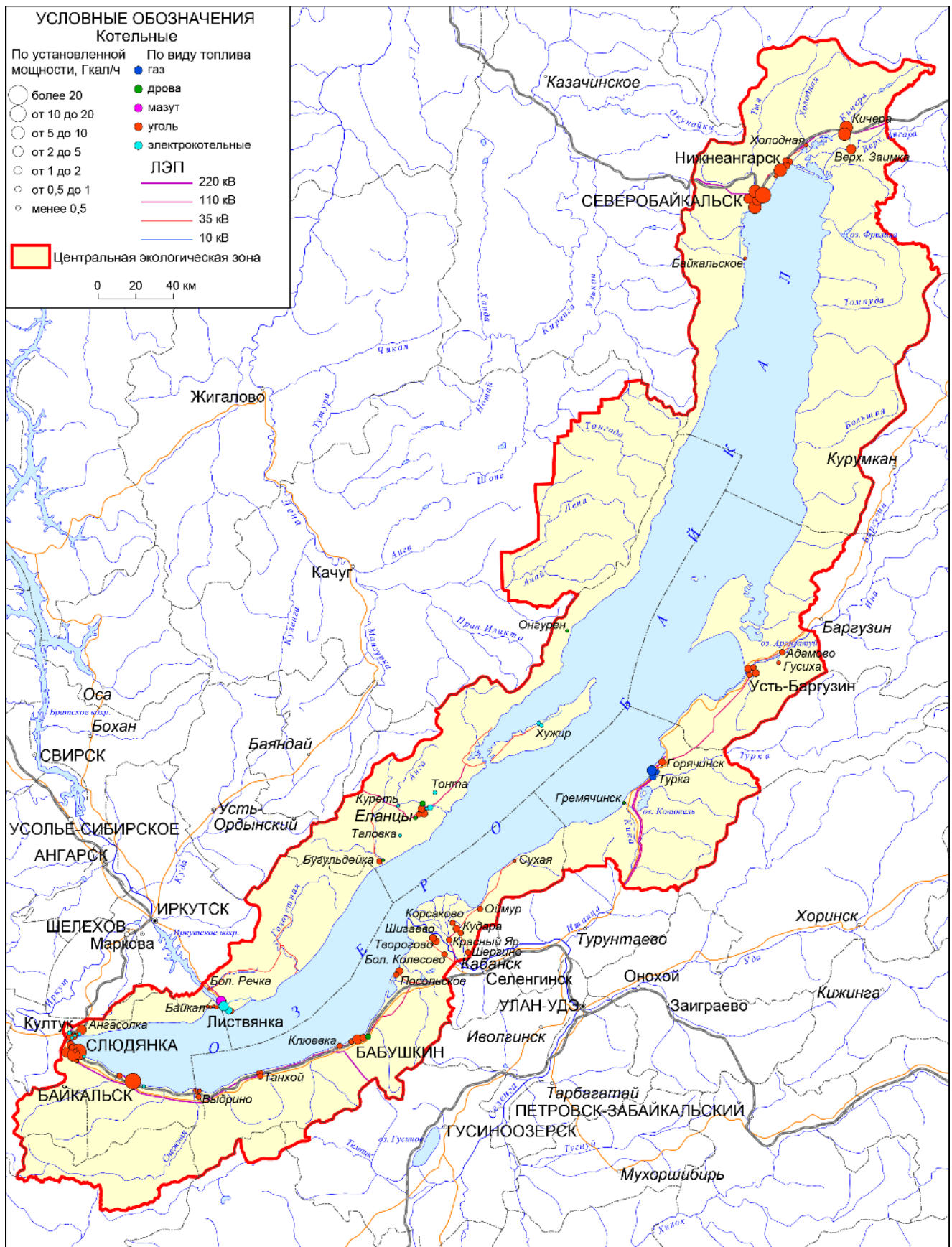


Рис. 5. Карта-схема энергетических объектов центральной экологической зоны



Рис. 6. Карта-схема энергетических объектов южных районов центральной экологической зоны

Кроме того целесообразно получить информацию о величине суммарных выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от котельных района, что позволит ранжировать районы по антропогенной нагрузке от теплоэнергетики и выявить наиболее проблемные зоны. При рассмотрении какого-то определенного района отображается сводная информация по котельным каждого населенного пункта с указанием величины электрической и тепловой нагрузки, а при приближении к населенному пункту – информация по каждой котельной с перечнем технико-экономических показателей, присоединенной нагрузкой и динамикой отпуски тепла и расхода топлива.

Всеракурсность позволяет при идентификации объекта рассмотреть его с разных ракурсов для определения, например, расположения золоотвалов у котельных. С другой стороны, это свойство дает возможность при визуализации информации на рисунке для презентации отобразить объект или группу объектов в наиболее воспринимаемом виде (см. рис. 7).

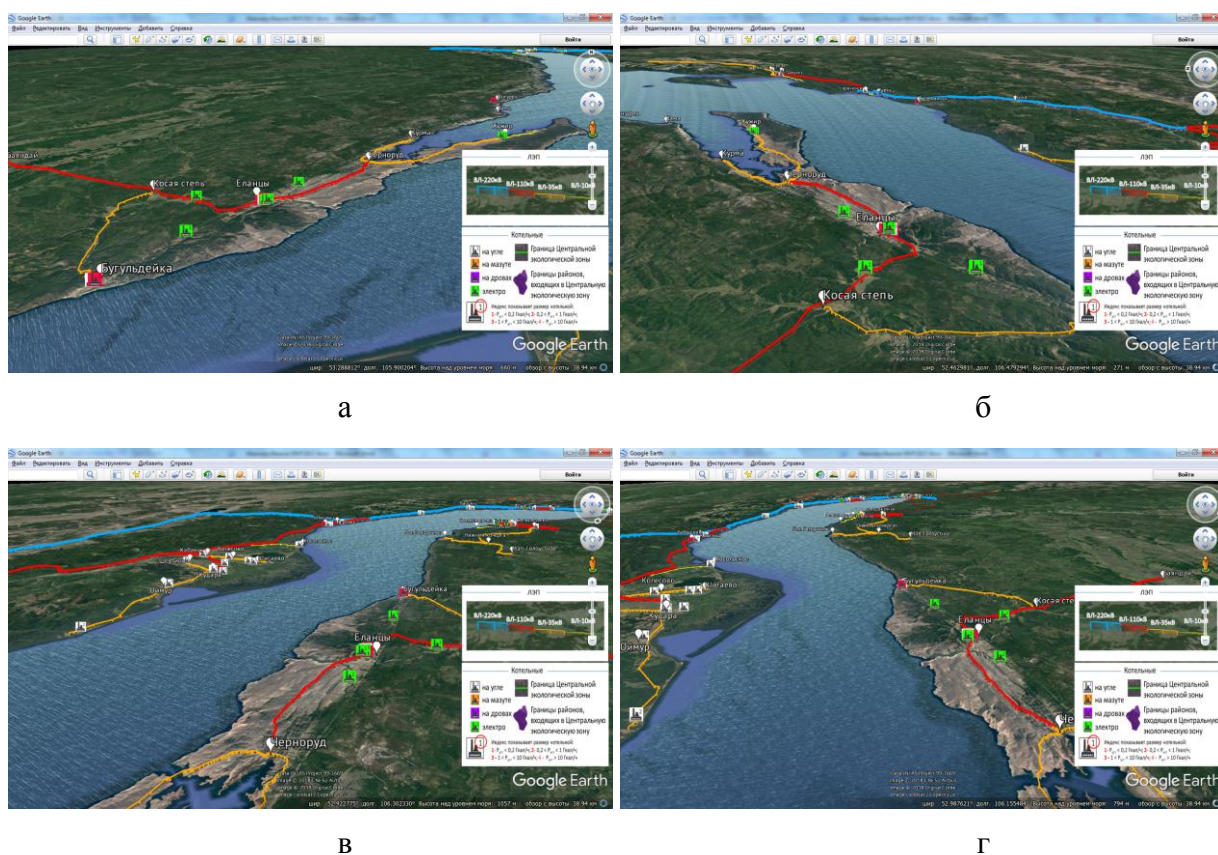


Рис. 7. Отображение энергетических объектов Слюдянского района с различных ракурсов (обзор средней котловины оз. Байкал с юга (а), запада (б), севера (в) и востока (г) соответственно)

При организации такого представления информации возникают проблемы визуализации при генерализации и детализации информации, связанные со встроенными механизмами отображения в геосервисе Google Earth. Границы переходов между уровнями генерализации задаются количеством точек на экране. Соответственно, при трехмерном отображении пространства количество точек отдаленных объектов, отображаемых на экране, меньше, чем то же количество точек близких объектов. Таким образом, отдаленные объекты будут переходить границу уровня генерализации позже, чем расположенные ближе. Так может создаваться ситуация, когда при определенном ракурсе будут отображены объекты из разных уровней генерализации, что, в свою очередь, может усложнить восприятие ситуации.

Доступ к дополнительной информации обеспечивается наличием базовых слоев в составе геосервиса, либо прорисованными авторами слоев для ранее выполненных исследований. В качестве дополнительных ресурсов исследователь может получить, например, сеть автодорог и железнодорожных магистралей для определения доступности территории и оценки расстояния доставки топлива, или отобразить слой расположения особо охраняемых природных территорий (заповедников, национальных парков, заказников) для установления экологических ограничений на размещение того или иного энергообъекта [13] (рис. 8).

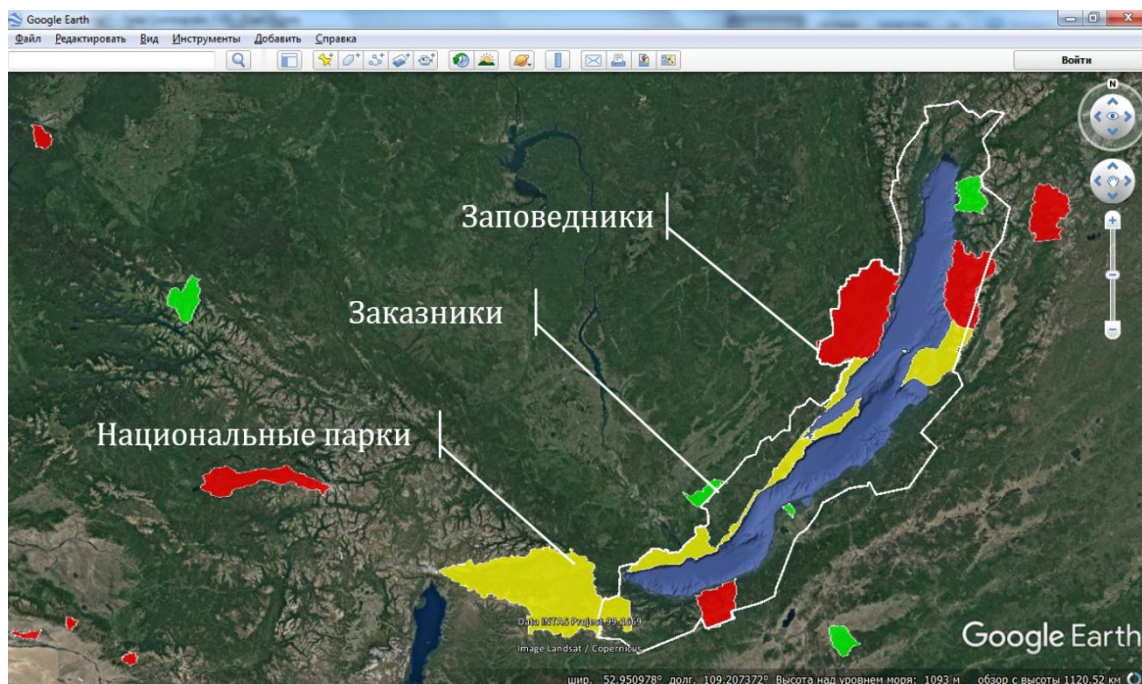


Рис. 8. Дополнительный слой с особо охраняемыми природными территориями

При обосновании варианта замещения в котельных угляя на природный газ исследователь получает возможность использовать потенциальные маршруты трасс магистральных газопроводов, выполненные авторами ранее и подробно описанные в [4-5] (рис.9).

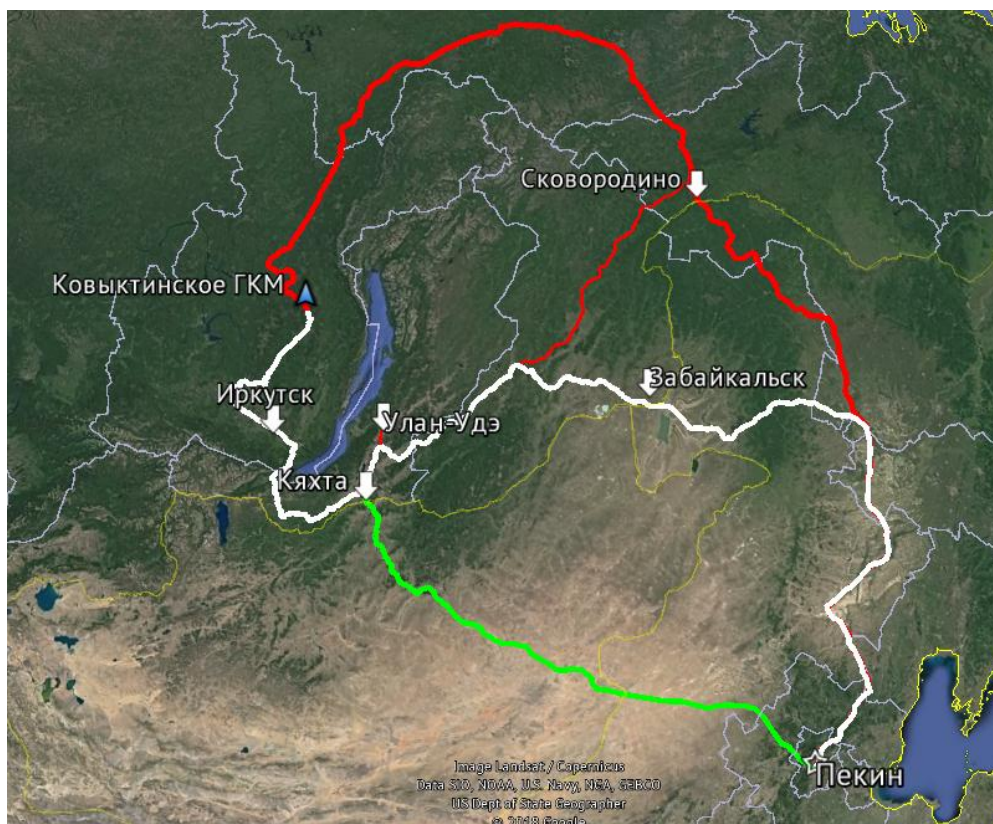


Рис. 9. Потенциальные маршруты магистральных газопроводов для газификации потребителей Байкальского региона

Использование дополнительных слоев позволило выявить районы возможного применения этого варианта и определить протяженность газотранспортной сети для оценки стоимости газа в различных населенных пунктах (рис.10).

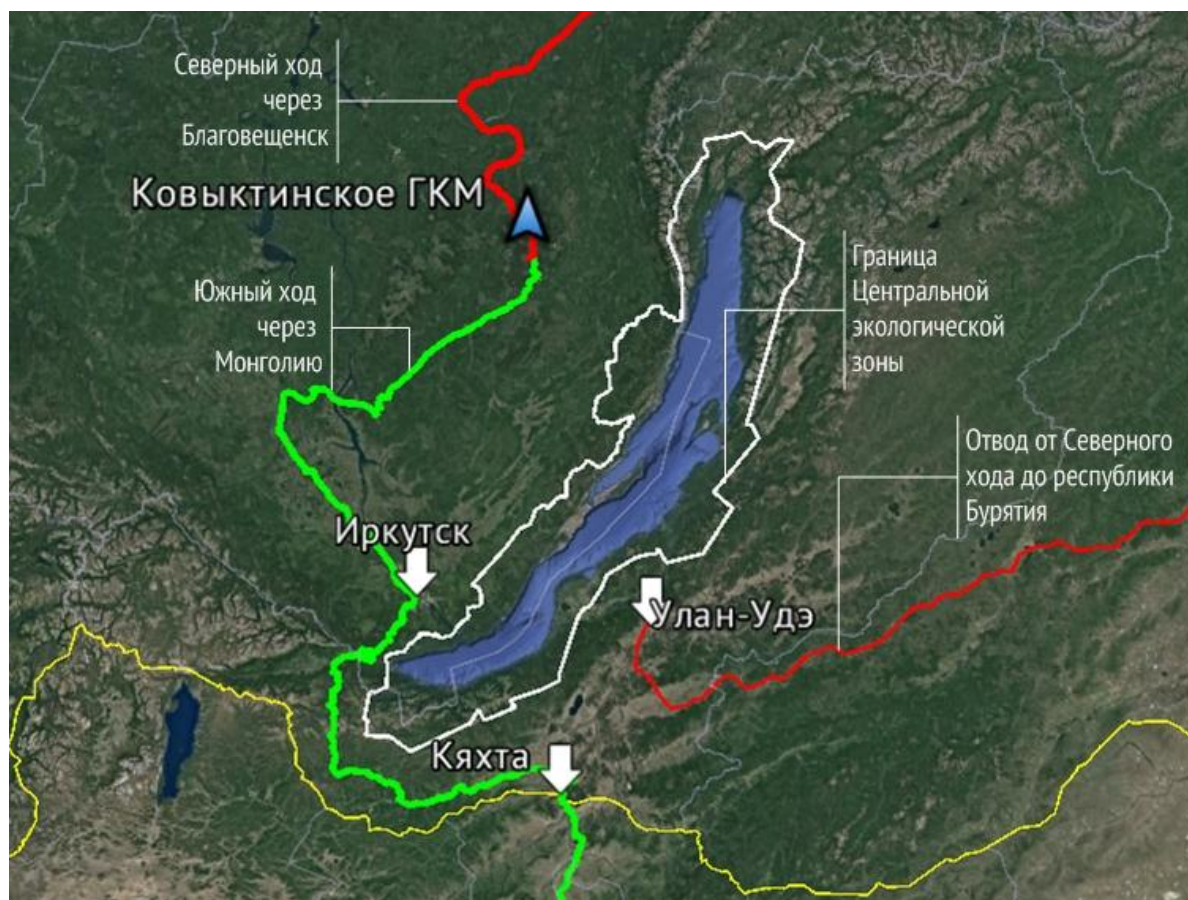


Рис. 10. Районы возможной газификации потребителей центральной экологической зоны

Заключение. Перечисленные и проиллюстрированные преимущества геоувизуализации на основе геосервисов класса Google Earth по сравнению с традиционным картографическим представлением информации позволили разработать информационно-аналитическую систему энергетических объектов центральной экологической зоны Байкальской природной территории. Информационная система может служить средством поддержки принятия решений при аналитических и прогнозных исследованиях для оценки как текущего состояния энергетической инфраструктуры, так и оценки условий целесообразности внедрения того или иного потенциального варианта развития. Возможности геосервисов позволяют не только уточнить места размещения генерирующих объектов, прохождения трасс газопроводов и электрических сетей, но и наглядно отобразить их на реальной территории, используя методы классификации и группировки, для улучшения восприятия. Использование свойств многослойности и многомасштабности позволяет исследователю получать различный уровень геопространственной информации в зависимости от поставленной задачи. Кроме того, формирование визуальных изображений не требует дополнительных трудозатрат и времени и может достаточно эффективно применяться для представления как промежуточных, так и итоговых результатов исследований.

Исследование выполнено в рамках научного проекта программы фундаментальных исследований СО РАН Ш.17.2, рег. № АААА-А17-117030310444-2 и при частичной финансовой поддержке грантов РФФИ №16-07-00474а, №17-07-01341а, №18-07-00714а.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Еремченко Е., Тикунов В., Чи-Гон С. Противоречивость и несогласованность пространственновременных данных: возможность решения проблемы в геоинформационной среде // Геодезия и картография. 2013. № 4. С. 41 – 47.
2. Иванов Р.А. Методика 3D–визуализации для поддержки принятия решений в энергетических исследованиях // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2013. №1(37). С. 116 – 121.
3. Иванова И.Ю., Иванов Р.А. Использование геовизуализации при анализе размещения объектов энергетической инфраструктуры центральной экологической зоны Байкальской природной территории // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2016. №4-2. С. 80 – 89.
4. Ижбулдин А.К., Иванов Р.А. Применение геосервисов для задач сравнительной экспресс-оценки маршрутов нефтегазопроводов // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. 2015. № 12. С. 21 – 28
5. Ижбулдин А.К., Платонов Л.А. Анализ маршрутов поставок российского трубопроводного газа в Китай // Сб. статей всероссийской конференции «Энергетика России в XXI веке. Инновационное развитие и управление», 1-3 сентября 2015 г., Иркутск, Россия. Иркутск: ИСЭМ СО РАН. 2015. 591 с. ISBN978-5-93908-138-2. С. 156 – 161.
6. Массель Л.В., Иванов Р.А., Массель А.Г. Моделирование этапов принятия решений на основе сетецентрического подхода // Вестник ИрГТУ. 2013. №10 (81). С. 16 – 22.
7. Официальный сайт Сибирского отделения ФГУНПП «Росгеолфонд» [Электронный ресурс] - <http://www.geol.irk.ru/> (дата обращения 23.09.2016).
8. Попель О.С., Фрид С.Е., Киселёва С.В., Коломиец Ю.Г., Терехова Е.Н. Распределение ресурсов энергии солнечного излучения по территории России // Энергия: экономика, техника, экология. 2007. №1. С. 15 – 23.
9. Санеев Б.Г., Иванова И.Ю., Майсюк Е.П., Тугузова Т.Ф., Иванов Р.А. Энергетическая инфраструктура центральной экологической зоны: воздействие на природную среду и пути его снижения // География и природные ресурсы. 2016. №5. С. 45 – 48.
10. Санеев Б. Г., Иванова И. Ю., Тугузова Т. Ф., Халгаева Н. А. Возобновляемая энергетика как одно из направлений снижения антропогенной нагрузки в центральной экологической зоне Байкальской природной территории // География и природные ресурсы. 2016. №3. С. 86 – 90.
11. Сайт компании DATA+ [Электронный ресурс] http://www.dataplus.ru/services/geo_database_design/ (дата обращения 23.09.2016).
12. Федеральный закон от 1.05.1999 г. № 94-ФЗ «Об охране озера Байкал» [Электронный ресурс] - <http://base.garant.ru/2157025/> (дата обращения 23.09.2016).
13. Черняк Л. Визуальная аналитика и обратная связь // Открытые системы. 2013. №6. С. 14 – 17.
14. Thomas J., Cook K. Illuminating the Path: Research and Development Agenda for Visual Analytics. New York. IEEE-Press. 2005.
15. Wong P. C., Thomas J. Visual Analytics // IEEE Computer Graphics and Applications. 2004. V. 24. N. 5. Pp. 20 – 21.

16. Virtual story in cyberspace: valley of geysers, kamchatka: Unesco natural heritage site in cyberworld / A. Leonov, A. Serebrov, M. Anikushkin et al. // 10th International Conference on Cyberworlds, CW 2010 Proceedings. sponsors: Nanyang Technological University, IEEE Computer Society, IEEE, ACM SIGGRAPH, Media Development Authority (MDA). KAMCHATKA. 2010. Pp. 247 – 253.
-

UDK 004:82, 003:62

**THE GEOVISUALIZATION IN THE ANALYSIS OF ENERGY INFRASTRUCTURE
PLACEMENT IN THE CENTRAL ECOLOGICAL ZONE OF THE BAIKAL NATURAL
TERRITORY**

Irina Yu. Ivanova

PhD, Head of the laboratory «Energy supply for distributed consumers»,

e-mail: nord@isem.irk.ru

Roman A. Ivanov

PhD, Researcher of the laboratory «Information technology in the energy sector»,

e-mail: crowndriver@gmail.com

Melentiev Energy Systems Institute Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences
Irkutsk Scientific Center, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences,
664033, Irkutsk, Lermontov St., 130.

Abstract. The article shows the possibilities of geovisualization tools based on the example of Google Earth's geo-service when creating an information and analytical system for justifying the application of environmentally friendly technologies for energy supply to consumers of a separate territory. The information system is a tool for analytical and forecasting research at various levels, as well as allows to create visual images to present the results to experts and decision-makers. Described and illustrated benefits of such developments compared to traditional cartographic representation geospatial information.

Keywords: geoservices, geovisualization, boilers, electric grid facilities, information and analytical system, gas pipelines, specially protected natural areas.

Reference

1. Eremchenko E., Tikunov, Chi-Gon C. Protivorechivost' i nesoglasovannost' prostranstvennovremennyh dannyh: vozmozhnost' reshenija problemy v geoinformacionnoj srede [Contradictory and inconsistent the space-data: the ability to solve the problem in the medium-term geo-information] // Geodezija i kartografija = Geodesy and Cartography. 2013. № 4. Pp. 41 – 47. (in Russian)
2. Ivanov R. Metodika 3D–vizualizacii dlja podderzhki prinjatija reshenij v jenergeticheskix issledovanijah [Methods 3D-visualization for decision-making support for energy research] // Sovremennye tehnologii. Sistemnyj analiz. Modelirovanie = Modern technologies. System analysis. Modeling. 2013. №1 (37). Pp. 116 – 121. (in Russian)
3. Ivanova I., Ivanov R. Ispol'zovanie geovizualizacii pri analize razmeshhenija ob#ektov jenergeticheskoi infrastruktury central'noj jekologicheskoi zony Bajkal'skoj prirodnoj territorii [The use of geovisualization in the analysis of the location of energy infrastructure objects in the central ecological zone of the Baikal natural territory] // Informacionnye i

- matematicheskie tehnologii v nauke i upravlenii = Informational and mathematical technologies in science and management. 2016. № 4-2. Pp. 80 – 89. (in Russian)
4. Izhbuldin A., Ivanov R. *Primenenie geoservisov dlja zadach sravnitel'noj jekspress-ocenki marshrutov neftegazoprovodov* [The use of geo-services for task comparative rapid assessment of oil and gas pipeline routes] // *Problemy jekonomiki i upravlenija neftegazovym kompleksom = Problems of Economics and Management of oil and gas complex*. 2015. № 12. Pp. 21 – 28. (in Russian)
 5. Izhbuldin A., Platonov L. *Analiz marshrutov postavok rossjiskogo truboprovodnogo gaza v Kitaj* [Analysis of the routes of supply of Russian pipeline gas to China] // *Collected articles of the All-Russian Conference "Energy of Russia in the 21st Century. Innovative Development and Management"*, September 1-3, 2015, Irkutsk, Russia. Irkutsk: ISEM SB RAS. 2015. 591 p. ISBN978-5-93908-138-2. Pp. 156 – 161. (in Russian)
 6. Massel L., Ivanov R., Massel A. *Modelirovanie jetapov prinjatija reshenij na osnove setecentricheskogo podhoda* [Modeling stages of decision-making re-based network-centric approach] // *Vestnik IrGTU= Bulletin of Irkutsk State Technical University*. №10 (81). 2013. Pp. 16 – 22. (in Russian)
 7. The official website of the Siberian Branch FGUNPP "Rosgeolfond" [Electronic resource]. Available at: <http://www.geol.irk.ru/> (accessed 09.23.2016). (in Russian)
 8. Popel O., Frid S., Kiseleva S., Kolomiets Yu., Terekhova E. *Raspredelenie resursov jenergii solnechnogo izluchenija po territorii Rossii* [Distribution of energy resources of solar radiation across Russia] // *Jenergija: jekonomika, tehnika, jekologija = Energy: economics, technology, ecology*. 2007. №1. Pp. 15 – 23. (in Russian)
 9. Saneev B., Ivanova I., Maisyuk E., Tuguzova T., Ivanov R. *Jenergeticheskaja infrastruktura central'noj jekologicheskoj zony: vozdejstvie na prirodnuju sredu i puti ego snizhenija* [Energy infrastructure is the central ecological zone: the impact on the environment and ways to reduce it] // *Geografija i prirodnye resursy = Geography and natural resources*. 2016. №5. Pp. 45 – 48. (in Russian)
 10. Saneev B., Ivanova I., Tuguzova T., Halgaeva N. *Vozobnovljaemaja jenergetika kak odno iz napravlenij snizhenija antropogennoj nagruzki v central'noj jekologicheskoj zone Bajkal'skoj prirodnoj territorii* [Renewable Energy as one of the ways to reduce the anthropogenic load in the central ecological zone of the Baikal natural territory] // *Geografija i prirodnye resursy = Geography and natural resource* 2016. №3. Pp. 86 – 90. (in Russian)
 11. DATA+ [Electronic resource] Available at: http://www.dataplus.ru/services/geo_database_design/ (accessed 23.09.2016).
 12. Federal Law of 05.01.1999, № 94-FZ "On the Protection of Lake Baikal" [Electronic resource] - <http://base.garant.ru/2157025/> (reference date 23/09/2016). (in Russian)
 13. Chernyak L. *Vizual'naja analitika i obratnaja svjaz'* [Visual analytics and feedback]. - *Otkrytye sistemy = Open systems*. №6. 2013. Pp. 14 – 17 (in Russian)
 14. Thomas J., Cook K. *Illuminating the Path: Research and Development Agenda for Visual Analytics*. New York. IEEE-Press. 2005.
 15. Wong P. C., Thomas J. *Visual Analytics* // *IEEE Computer Graphics and Applications*. 2004. V. 24. N. 5. Pp. 20 – 21.
 16. *Virtual story in cyberspace: valley of geysers, kamchatka: Unesco natural heritage site in cyberworld* / A. Leonov, A. Serebrov, M. Anikushkin et al. // *10th International Conference on Cyberworlds, CW 2010 Proceedings*. sponsors: Nanyang Technological University, IEEE Computer Society, IEEE, ACM SIGGRAPH, Media Development Authority (MDA). KAMCHATKA. 2010. Pp. 247 – 253.