

**ЦИФРОВАЯ ЗЕМЛЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС
В ОБЛАСТЯХ
С РАЗВИТЫМ НЕФТЕГАЗОДОБЫВАЮЩИМ КОМПЛЕКСОМ**

**DIGITAL EARTH AND USE OF GIS
IN REGIONS
WITH DEVELOPED OIL AND GAS PRODUCING COMPLEX**

УДК 911.3:004.9:553.9:504.06

DOI: 10.24057/2414-9179-2017-3-23-132-143

**В.А. Мелкий¹, И.Н. Тикунова², Е.Н. Ерёмченко³, О.Ю. Черешня⁴, Х. Фукуи⁵, С. Марта⁶,
Я. Тахджана⁷**

**ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ
ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ САХАЛИНА**

АННОТАЦИЯ

Остров Сахалин обладает значительными запасами углеводородов и другими невозобновляемыми и возобновляемыми энергетическими ресурсами. В значительной степени экономика и социальное развитие острова зависят от экспорта энергоносителей и энергии. В то же время в регионе Восточной Азии активно развиваются процессы экономической интеграции, которые повлекут за собой значительные, разнонаправленные и трудно прогнозируемые изменения обстановки, потребностей в разработке энергоносителей. Особенно это связано с быстрым развитием инновационных технологий и прежде всего с интеллектуализацией энергетических инфраструктур, появлением новых отраслей промышленности, нарастающими экологическими проблемами. Для оптимизации использования энергетического потенциала в целях устойчивого развития острова в контексте региона Восточной Азии и в целях интеллектуализации предварительного каскада выработки энергии необходимо разработать систему поддержки принятия решений, учитывающую как разномасштабную пространственную, так и временную динамику, нацеленную на обеспечение устойчивого развития региона в условиях широкого спектра рисков и угроз. Теоретическая значимость решения поставленной проблемы обусловлена уникальностью, сложностью и масштабом происходящих процессов, которые могут усиливаться на фоне специфических активных природных процессов, присущих региону (сейсмичность, вулканизм, цунамиопасность, интенсивные атмосферные явления). Рассматриваются возможности геоинформационных технологий в решении данной проблемы в рамках концепции Цифровой Земли.

¹ Сахалинский государственный университет, Технический институт нефти и газа; 630008, Россия, Южно-Сахалинск, ул. Пограничная, 42, к. 403; e-mail: vamelkiy@mail.ru

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический ф-т; 119991, Россия, Москва, Ленинские горы, 1; e-mail: irina.tikunova@icloud.com

³ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический ф-т; 119991, Россия, Москва, Ленинские горы, 1; e-mail: eugene.eremchenko@gmail.com

⁴ Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический ф-т; 119991, Россия, Москва, Ленинские горы; e-mail: cherry.purplerain@gmail.com

⁵ Chubu University, Chubu Institute for Advanced Studies; Matsumoto-cho 1200, Kasugai, Aichi 507-0038, Japan; e-mail: fukui@isc.chubu.ac.jp

⁶ Agency for Geospatial Information; the Republic of Indonesia; e-mail: sukendramartha@yahoo.co.id

⁷ The Agency for the Assessment and Application of Technology; the Republic of Indonesia; e-mail: ina-seaweedsociety@yahoo.com

Практическая её актуальность связана со значимостью результатов работ для энерго- и всего народохозяйственного комплекса Сахалина, России, Восточной Азии и, шире, пространства Шёлкового пути в целом, а также с возможностью получения прямого экономического и социального эффектов и минимизацией угроз и рисков, возникающих при интеграции экономик стран Восточной Азии.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

пространственно-временной подход, Цифровая Земля, геоинформационные системы, Сахалин, энергетическая система, устойчивое развитие

ВВЕДЕНИЕ

Эффективное развитие острова Сахалин и его энергокомплекса как основы островной экономики с обеспечением устойчивости развития – ключевого требования, особенно важного в обстановке быстрой и малопредсказуемой смены внешних факторов (экономических, научно-технических, военно-политических, социальных, экологических, и т. д.), требует организации высокоэффективной системы поддержки принятия решений. Это тем более важно, поскольку контур потребления энергии и энергоресурсов превращается в интеллектуальную сеть, адаптивно реагирующую на изменение конъюнктуры и внешних факторов; очевидно, что управление энергоресурсами также должно становиться высокоточным, оперативным, т. е. интеллектуализироваться. Это предъявляет повышенные требования к системе поддержки выработки управленческих решений, которая должна работать с информацией, локализованной в пространстве и во времени. Очевидно, что такая система должна обладать свойствами комплексности, исчерпывающей полноты, точности, актуальности и эффективности представления информации с целью всемерной минимизации факторов, способных привести к некорректной оценке обстановки и выработке в результате этого некорректных и несвоевременных управленческих решений [Eremchenko, Tikunov, Ivanov, Massel, Strobl, 2015]. Менее очевидной является необходимость обеспечения бесшовной связи данных при переходе от одного масштаба к другому, т. е. требование мультимасштабности или в общем случае их амасштабности – масштабной независимости. Реализация этого требования предполагает использование сред, обладающих существенно большими возможностями, нежели обычные геоинформационные системы, и позволяющих значительно повысить базовые характеристики систем управления.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Постановка задачи

В настоящее время поддержка принятия решений осуществляется, как правило, с использованием специализированного геопространственного инструментария – геоинформационных систем (ГИС). Они представляют собой информационные продукты, реализованные, как правило, в виде компьютерных приложений. Благодаря возможности быстрой работы с большими объёмами данных ГИС к настоящему времени получили широкое распространение. Однако и при их использовании могут возникать aberrации, ограничивающие возможности их использования в системах поддержки принятия решений.

Выходом из этой ситуации явилось появление нового принципа работы с геопространственной информацией, известного как методология Digital Earth (Цифровая Земля). Его появление стало результатом перехода к новому методу работы с геопространственной информацией (или смены парадигмы в терминах теории Т. Куна [Kuhn, 1970]). Переход этот стал возможным вследствие накопившейся суммы технологических изменений, но ими не ограничивается [Geospatial Revolution Project, 2010]. В этом случае образ обстановки становится принципиально трёхмерным. Пользователь (оператор) системы при этом может произвольным образом и интерактивно изменять ракурс просмотра обстановки и расстояние до него, реализуя *ad hoc* любую произвольную проекцию и любом условном масштабе. Подобный

режим визуализации предложено называть «сверхголографическим» [Ерёмченко, Тикунов, 2016].

Нетрудно заметить, что преимущества Цифровой Земли особенно наглядно проявляются при работе с моделями принципиально мультимасштабными. Именно к такому классу моделей следует отнести систему планирования использования энергетических ресурсов Сахалина, предназначенную для встраивания в интеллектуализированную систему энергообеспечения. Она должна содержать как крупно- и среднемасштабные модели уровня отдельных объектов вплоть до острова Сахалин в целом, так и их представление в масштабе Шёлкового пути и даже всего Азиатско-Тихоокеанского региона, в отрыве от которых планирование устойчивого развития энергетического потенциала Сахалина невозможно. При этом необходимо избегать представления информации в масштабно-зависимом виде, исключая возможность формирования целостного каркаса для представления информации – одного из двух императивных требований реализации режима ситуационной осведомлённости [Endsley, 1988]. В своей канонической форме он сводится к двум требованиям [Боярчук, Ерёмченко, Мороз, Никонов, 2009]:

- 1) представления информации в едином, не членённом по масштабному или иным признакам пространственно-временном объёме;
- 2) восприятия обстановки непосредственно через органы чувств, минуя опосредующие её знаковые и/или модельные конструкции.

Динамику природных процессов и трансформации антропогенного генезиса в Digital Earth целесообразно отслеживать средствами анимационной картографии, которые отображают изменения местности, отдельных пространственных объектов и процессов и параметров, характеризующих эти перемены, переходить к определённым временным значениям картографического изображения при помощи масштаба времени изображения, а также, используя динамическую генерализацию, переходить от одного временного состояния к другому [Лисицкий, Комиссарова, Колесников, Шарыпова, 2016]. При хорошей технической обеспеченности несложно перейти к работе с трёхмерными анимационными картографическими изображениями.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Текущий статус работ в области геопространственной поддержки энергосектора Сахалина

Проблематика разработки ГИС для территориальных комплексов в целях гармонизации развития энергосистемы разработана к настоящему времени достаточно подробно. Одним из элементов научного каркаса таких исследований является концепция устойчивого развития, официально закреплённая в документах Организации Объединённых Наций (ООН) в качестве одного из пяти приоритетов её работы. В настоящее время деятельность в области обеспечения устойчивого развития формализована в виде так называемых Sustainability Goals – перечня из 17 индикаторов, а также в рамочной программе 2030 Agenda for Sustainable Development [UN, 2015]. Деятельность в области геопространственных аспектов обеспечения устойчивого развития ведётся комиссией «ГИС для устойчивого развития» Международной картографической ассоциации (International Cartographic Association, ICA). Активно развивается концепция интеллектуальных энергетических сетей [Шилин, Шилин, 2011].

Однако существенным научным вызовом является распространение концепции интеллектуальных энергосистем на предварительный каскад таких энергосистем, которым является управление ресурсами, используемыми для генерации энергии. Вызов обусловлен очевидным противоречием между необходимостью гибкого и адаптивного управления интеллектуальными энергетическими инфраструктурами, с одной стороны, и относительной инертностью процессов, связанных с поиском и эксплуатацией энергетических ресурсов. Особенно существен этот вызов применительно к ситуации острова Сахалин, где сложности разведки и добычи полезных ископаемых, а также утилизации энергии ветра и/или иных возобновляе-

мых источников энергии сочетаются с логистическими проблемами, обусловленными неразвитостью транспортной инфраструктуры и её сильной зависимостью от сезонных факторов, а также нехваткой трудовых ресурсов и их изолированностью (языковой, социально-культурной и т. д.) от основных стран-потребителей энергии.

Тем не менее, задача представляется разрешимой, поскольку её решение основывается на уже имеющихся в достаточном количестве наборах данных, в целом относительно приемлемой изученностью региона Восточной Азии, а также налаженностью межгосударственного сотрудничества в этой области. Так, развитию работ по исследованию энергосистемы Восточной Азии способствует межгосударственная политика создания Глобальной объединённой энергосистемы Северо-Восточной Азии, в которой участвуют корпорации России, Китая, Кореи и Японии. В рамках сотрудничества уже создана рабочая группа по изучению и анализу потенциала развития Объединённой энергосистемы Северо-Восточной Азии, разрабатывается предварительный план развития энергосистем стран Тихоокеанского региона, учитывающий уровни развития инфраструктуры, технологий, экологической безопасности. Проведена конференция «Глобальное объединение энергии 2016» («Россети» подписали Меморандум о создании Глобальной объединённой энергосистемы с компаниями Северо-Восточной Азии (<http://minenergo.gov.ru/node/4776>).

В области исследования энергосистемы Восточной Азии существуют работы, которые характеризуют её с разных точек зрения, в т. ч. экологической, в межгосударственном масштабе. Например, в работе David von Hippel «What Could an «Asian Super-grid» Mean for Northeast Asia?» [von Hippel, 2015] представлены результаты многолетних исследований электрических сетей Северо-Восточной Азии (Монголия, Россия, Китай, Республика Корея, Япония). Рассматриваются вопросы объединения этих сетей в единую сеть, особой роли Монголии в этом объединении, перспектив экологически сбалансированных способов развития сети с уменьшением использования ископаемого топлива. Приводится карта проектируемой единой электросети. В 2015-2016 гг. состоялись V и VI заседания Дальневосточного российско-корейского форума, в рамках которого рассматривались вопросы создания объединённой энергосистемы Северо-Восточной Азии (NEA Supergrid), объединяющей энергосистемы Дальнего Востока России, Китая, Республики Корея и Японии с ролью России как преимущественного экспортера электроэнергии в эти страны. Согласно Корейскому концепту Объединённой энергосистемы Северо-Восточной Азии (<http://engineering.livejournal.com/350224.html>) на территории России планируется строительство новых крупных объектов энергосистемы, которые могут значительно ухудшить экологическую обстановку в регионе, поэтому необходимо всесторонне учитывать вопросы экологической безопасности. По теме международного сотрудничества в регионе Восточной Азии уже выпущен ряд трудов российских учёных и специалистов [Шейнгауз, 1999; Адмидин, 2002; Попов, 2006; Булдакова 2008; Гулидов, 2008; Минакир, 2009 и др.]. Отмечается резкое увеличение спроса на нефть и газ в странах Восточной Азии и повышение интереса этих стран к российскому рынку нефти и газа.

На основании уже имеющейся информации и активных работ в этой области можно констатировать, что энергетическая система Восточной Азии имеет тенденцию к устойчивому развитию, и роль российской стороны и острова Сахалин в обеспечении условий для этого роста очевидно весьма велика. Однако в вопросе развития энергетики в регионе по-прежнему сохраняются как неизученные моменты, так и методические проблемы. Прежде всего это касается вопросов сохранения объектов природного и культурного наследия в регионе, в котором будет стремительными темпами развиваться энергетика, и планирования размещения и функционирования промышленных объектов с минимизацией негативного воздействия на объекты наследия, которых в этом регионе очень много. Вопросам экологии во многих работах уделяется внимание, однако тема раскрыта ещё далеко не во всей её полноте. Проблема адаптации масштабно-независимого представления геопространственной информации находится на начальном этапе своего развития, однако немедленное начало ра-

бот в этой области видится крайне важным, поскольку инфраструктурное обеспечение проекта континентальной интеграции под названием «Шёлковый путь» осуществляется в рамках сопряжённого с ним альянса «Цифровой Шёлковый путь» (Digital Silk Road Alliance), изначально создаваемого в парадигме Цифровой Земли.

Очень большое количество геолого-геофизических данных предстоит перевести в цифровой вид для того, чтобы иметь целостное представление о перспективах добычи углеводородного сырья и использования альтернативных источников энергии. Серьёзную работу в этом направлении ведут ведомственные и академические научно-исследовательские организации.

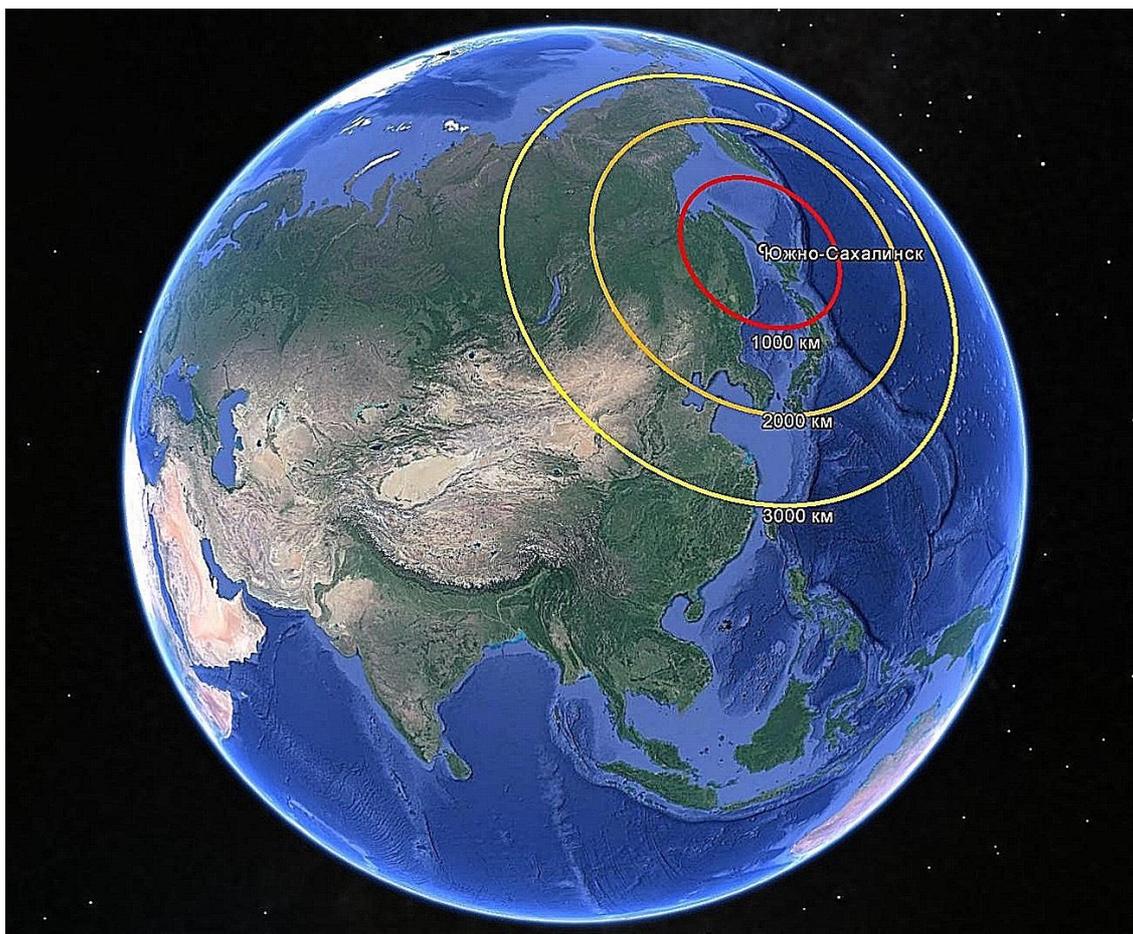


Рисунок 1. Зонирование Азиатско-Тихоокеанского региона по удалённости от г. Южно-Сахалинск в Google Earth
Figure 1. Zoning the Asia-Pacific region by distance from Yuzhno-Sakhalinsk in Google Earth

В ходе научно-исследовательских работ, выполненных Институтом морской геологии и геофизики ДВО РАН, трестом «Дальморнефтегеофизика», СахалинНИПИморнефть и другими научными и производственными организациями в период с 1965 г. по 2010 г., получено огромное количество геолого-геофизических материалов по Охотоморскому региону. Около 70% всех данных получено ИМГиГ ДВО РАН в 1965-1990 гг. Эта информация достаточно полно отражена во многих публикациях [Geology and Hydrocarbon..., 1992].

Для данной территории был составлен ряд специализированных карт: структурная карта поверхности акустического фундамента, геологическая схема акустического фундамента, карта изопакит осадочного чехла, структурно-тектоническая карта осадочного чехла, карты литофизических комплексов Охотского моря, которые отражают строение и позволяют де-

лать корректные оценки целесообразности разработки месторождений углеводородного сырья [Тектоническое..., 2006].

Работы в области использования новых подходов к интеграции данных с поддержкой режима масштабной независимости – «больших данных» и «Цифровой Земли» – интенсивно ведутся в разных странах, а сами эти направления могут считаться ключевыми для мировой науки на нынешнем этапе её развития. Следует отметить в этой связи такие информационные площадки, как журнал «Digital Earth», издаваемый Международным обществом Цифровой Земли (International Society for Digital Earth), и новый журнал Big Earth Data, выпуск которого предполагается начать в 2017 году.

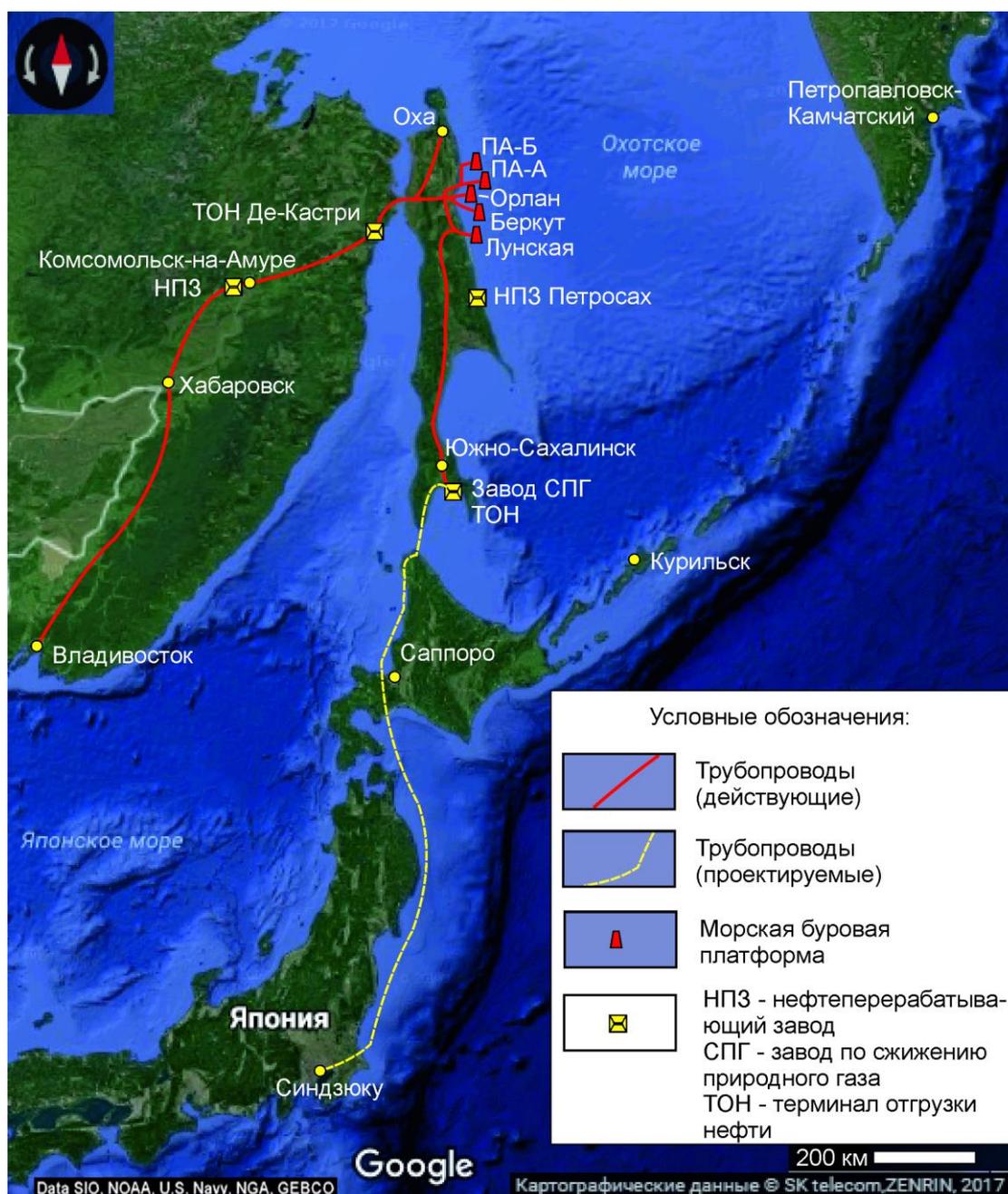


Рисунок 2. Основные объекты энергообеспечивающего комплекса Сахалина на цифровой картографической основе

Figure 2. The main objects of energy providing complex of Sakhalin based on digital map

ВЫВОДЫ И НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТ

Система поддержки принятия решений в области использования энергетических ресурсов Сахалина в целях обеспечения устойчивого развития региона и гармоничного сопряжения энергокомплекса Сахалина с интеллектуальными комплексами потребления энергии и энергоресурсов, интенсивно создаваемыми в Азиатско-Тихоокеанском регионе и регионе «Шёлковый путь», требует создания гетерогенного геопространственного набора данных, предназначенного для использования в интерфейсе Цифровой Земли (рисунок 1).

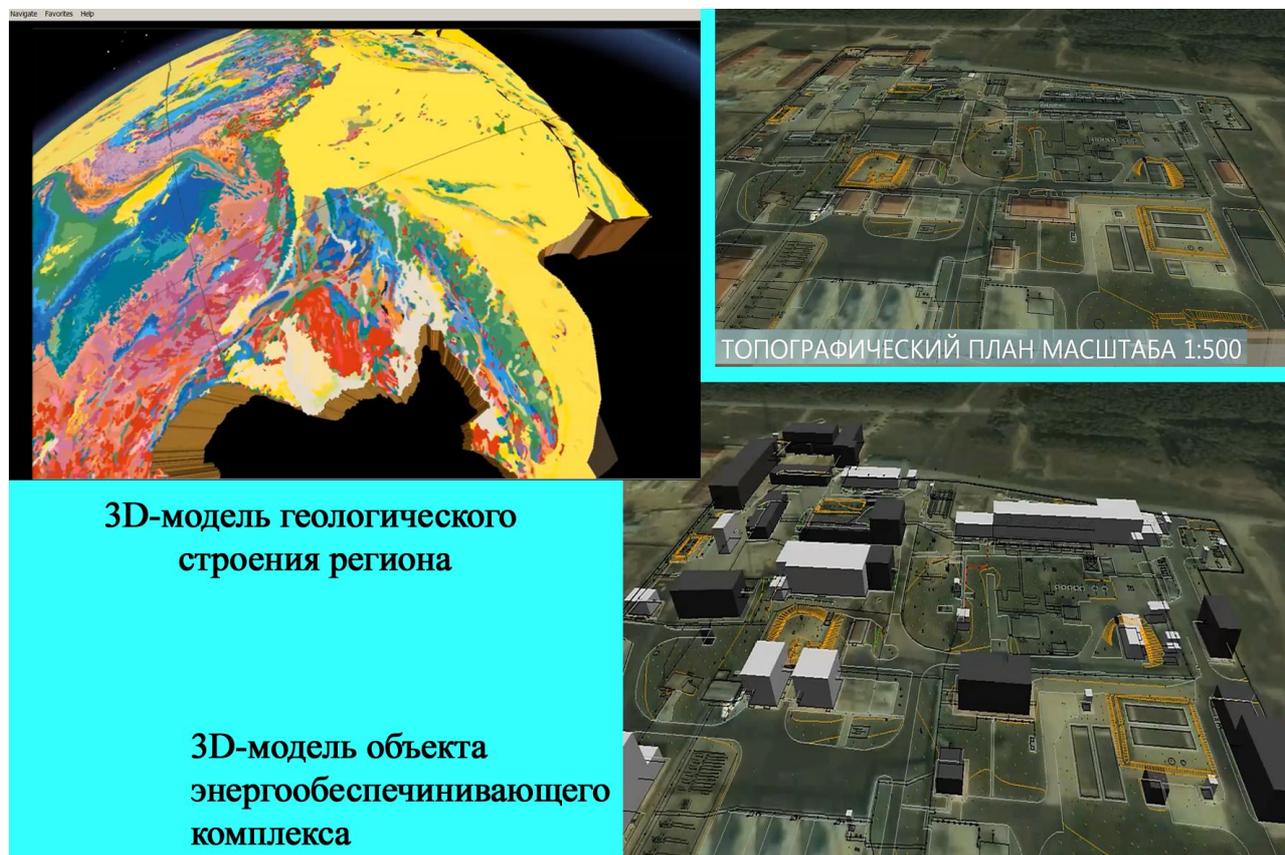


Рисунок 3. 3D-модели геологического строения региона в планетарном масштабе и объекта энергообеспечивающего комплекса в крупном масштабе
Figure 3. The 3D models of the geological structure of the region on planetary scale, and object of energy complex on large scale

В настоящее время имеется большое количество объектных слоёв разного масштаба, отражающих разные аспекты развития энергетического комплекса Сахалина (рисунок 2), однако их приведение в формат Цифровой Земли требует широкого использования растровых данных (космоснимков и других данных дистанционного зондирования, тематических карт с геолого-геофизической информацией) в качестве носителя информации о геопространственном контексте взамен векторизованных слоёв с полигональной и линейной топологиями (рисунок 3).

Прогнозно-ресурсная оценка в региональном масштабе определяет перспективную стратегию геологоразведочных работ нефтегазоносного бассейна. Зональный прогноз нацелен на обоснование перспективных направлений при детальном изучении месторождений. Локальный прогноз выполняется для оценки запасов углеводородов в залежах и служит основой для их разработки.

Для перехода от геологического прогноза ресурсов и запасов в регионе к оценке экономического интереса и риска необходимо учитывать физико-географические, горно-

геологические и условия территории, состояние нефтегазовой, транспортной и социальной инфраструктур, требования к охране окружающей среды. Даже самый оптимистичный прогноз УВ ресурсов бассейна требует обязательной корректировки технологических возможностей их освоения и экономической целесообразности. Правильная оценка выгоды и риска должна занимать ключевую позицию при принятии деловых решений.

Структура информации в системах, создаваемых с применением методологии Digital Earth, может опираться на современные представления о географической дифференциации природной среды и антропогенной трансформации геосистем исследуемых стран и регионов [Геосистемы..., 2008].

Адаптация системы управления энергоресурсами к интеллектуальным энергетическим комплексам требует насыщения системы поддержки принятия решений информативными пространственно-временными наборами данных, которые могли бы стать основой для разработки прогнозов эволюции параметров системы и в пространстве, и во времени. Такая работа является делом ближайшего будущего.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено при грантовой поддержке Российского научного фонда (проект № 15-17-30009).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Адмидин А.Г.* Экономическое сотрудничество российского Дальнего Востока со странами Северо-Восточной Азии. Материалы XVII совместного симпозиума учёных Дальневосточного отделения Российской Академии наук и учёных района Кансай, Япония (XVII; 5-10 сент., 2001; Владивосток – Хабаровск). – Хабаровск: ХГТУ, 2002. – С. 11–16.
2. *Боярчук К.А., Ерёмченко Е.Н., Мороз В.А., Никонов О.А.* Анализ понятия situational awareness. Портал «Неогеография». 2009. – <http://www.neogeography.ru/rus/news/articles/understanding-situational-awareness.html>.
3. *Булдакова В.Г.* Корейско-российский семинар «Новые политические и экономические условия сотрудничества в Северо-Восточной Азии и на российском Дальнем Востоке» // Пространственная экономика. – 2008, № 3. – С. 183–184.
4. Геосистемы Дальнего Востока России на рубеже XX-XXI веков: в 3-х т. / общ. ред. академика П.Я. Бакланова. – Владивосток: Дальнаука, 2008. – 2012. – Т. 1. – 428 с., Т. 2. – 560 с., Т. 3. – 364 с.
5. *Гулидов Р.В.* Развитие энергетического сотрудничества на Корейском полуострове: Роль Российской Федерации. Новые политические и экономические условия сотрудничества в Северо-Восточной Азии и на российском Дальнем Востоке. – 2008. – С.131–134. – То же на кор. яз. С. 135–137.
6. *Ерёмченко Е.Н., Тикунов В.С.* Голографические возможности визуализации в географии // Вестник Московского университета. Серия 5. География. – 2016, № 2. – С. 22–29.
7. *Лисицкий Д.В., Комиссарова Е.В., Колесников А.А., Шарыпова М.Н.* Анимационная картография – одно из перспективных направлений картографической науки и практики в современных условиях картографирования динамики процессов и явлений. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий в условиях глобальных изменений климата: материалы науч. конф. ИнтерКарто/ИнтерГИС 22. – Т. 1. – М.: Издательский дом «Научная библиотека», 2016. – С. 213–220.
8. *Минакир П.А.* Экономическая ситуация на Дальнем Востоке России и перспективные сферы экономического сотрудничества России и Японии. Материалы XXII встречи мэров городов Сибири и Дальнего Востока РФ и мэров городов Западного побережья Японии и российско-японского бизнес-форума (XXII, 19–20 августа 2009; Хакодате).

- Хакодате, 2009. – С. 280–284. – То же на яп. яз. С.32–35.
9. *Попов В.Е.* Особые экономические зоны: перспективы деятельности на российском Дальнем Востоке // Дальневосточный международный экономический конгресс. В 8 т.: Материалы конф. (27–28 сентября 2005 г., Хабаровск). – Т. 6. Развитие приграничного сотрудничества на Востоке России. – Владивосток-Хабаровск: ДВО РАН, 2006. – С. 101–105.
 10. Тектоническое районирование и углеводородный потенциал Охотского моря: к 60-летию основания Института морской геологии и геофизики ДВО РАН / О.В. Веселов, Е.В. Грецкая, А.Я. Ильёв и др.; отв. ред. чл.-корр. К.Ф. Сергеев. – Институт мор. геологии и геофизики ДВО РАН. – М., Наука, 2006. – 130 с.
 11. *Шейнгауз А.С.* Современное экономическое развитие и охрана природы как предварительные условия устойчивого развития на российском Дальнем Востоке и в Северо-Восточной Азии. Труды междунар. форума по охране окружающей среды в Северо-Восточной Азии. – Тояма, 1999. – С.14–29. – На яп.яз.
 12. *Шилин А.Н., Шилин А.А.* Интеллектуальные электрические сети: проблемы и решения // Известия Волгоградского технического университета. – 2011. – Т. 3. – № 8. – С. 84–88.
 13. *Endsley M. R.* Design and evaluation for Situation Awareness enhancement // Proceedings of the Human Factors Society 32nd Annual Meeting 1988. – Santa Monica: CA: Human Factors Society.– Volume 1. – Pp. 97–101.
 14. *Eremchenko E., Tikunov V., Ivanov R., Massel L., Strobl J.* Digital Earth and Evolution of Cartography. – Procedia Computer Science. – 2015. – Vol. 66. – Pp. 235–238.
 15. Geology and hydrocarbon prospects of the Okhotsk Sea: Report Institute of Marine Geology and Geophysics / The project manager is Dr. H. Gribidenko. – Pacon Inc.; Petroconsultants SA. – Geneva, Switzerland: Petroconsultants, 1992. – 570 p.
 16. Geospatial Revolution Project // c2010. The Pennsylvania State University. – <http://geospatialrevolution.psu.edu/>.
 17. *von Hippel D.* What Could an «Asian Super-grid» Mean for Northeast Asia? // NAPS Net Policy Forum. – April 13, 2015; <http://nautilus.org/napsnet/napsnet-policy-forum/what-could-an-asian-super-grid-mean-for-northeast-asia/>.
 18. *Kuhn T.* The Structure of Scientific Revolutions. The University of Chicago. – Chicago, 1970 (2nd edition, enlarged). – 210 p.
 19. UN official site, 1. – General Assembly, Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015.

Vyacheslav A. Melkiy¹, Irina N. Tikunova², Eugeny N. Eremchenko³,
Olga Yu. Chereshnya⁴, Hiromichi Fukui⁵, Sukendra Martha⁶, Jana Tahjana⁷

GIS DECISION-MAKING SUPPORT FOR THE USE OF ENERGY RESOURCES OF SAKHALIN

ABSTRACT

Sakhalin Island has significant hydrocarbon reserves and other non-renewable and renewable energy potential. To a large extent, the island's economy and social development depend on the export of energy resources and/or energy itself. At the same time, economic integration processes are actively developing in the East Asia region, which will entail significant, controversial and difficult-to-forecast changes in the situation, especially due to rapid development of innovative technologies, intellectualization of energy infrastructures, the emergence of new industries, and growing environmental problems. To optimize the use of energy potential for the sustainable development of the island in the context of the East Asia region and for the intellectualization of the preliminary cascade of energy production, it is necessary to develop a decision support system that supports wide-ranging spatial and temporal dynamics aimed at ensuring sustainable development of the region in a wide range of risks and threats. The theoretical significance of the solution of the problem posed is due to the uniqueness, complexity and scale of the processes involved. Geoinformation possibilities in solving this problem within the framework of the Digital Earth concept are considered. Its practical relevance is connected with the significance of the results of the work for the energy and entire national economic complex of Sakhalin, Russia, East Asia and, more broadly, the region of Silk Road as well as with the possibility of both direct economic and social effects and the possibility of minimizing the economies emerging at the integration of Countries of East Asia.

KEYWORDS:

spatial-temporal approach, Digital Earth, GIS, Sakhalin, energy system, sustainable development

REFERENCES

1. Admidin A.G. Ekonomicheskoe sotrudnichestvo rossijskogo Dalnego Vostoka so stranami Severo-Vostochnoj Azii [Economic cooperation of the Russian Far East with the countries of Northeast Asia]. Materialy XVII sovместnogo simpoziuma uchenykh Dalnevostochnogo otdelenija Rossijskoj Akademii nauk i uchenykh raj'ona Kansaj, Yaponiya (XVII; 5-10 sentiabrya 2001, Vladivostok, Khabarovsk), Khabarovsk: KhGTU, 2002, pp. 11–16 (in Russian).
2. Boyarchyk K.A., Eremchenko E.N., Moroz V.A., Nikonov E.A. Analiz poniatiya situational awareness [Analysis of the concept of situational awareness], Portal “Neogeografiya”, 2009, <http://www.neogeography.ru/rus/news/articles/understanding-situational-awareness.html>

¹ Sakhalin State University, Technical Oil&Gas Institute; Russia, 630008, Uzhno-Sakhalinsk, Pogranichnaya st 42, office 403; *e-mail*: vamelkiy@mail.ru

² Geographical Faculty, Lomonosov Moscow State University; Russia, 119991, Moscow, Leninskie Gory 1; *e-mail*: irina.tikunova@icloud.com

³ Geographical Faculty, Lomonosov Moscow State University; Russia, 119991, Moscow, Leninskie Gory 1; *e-mail*: eugene.ermchenko@gmail.com

⁴ Geographical Faculty, Lomonosov Moscow State University; Russia, 119991, Moscow, Leninskie Gory 1; *e-mail*: cherry.purplerain@gmail.com

⁵ Chubu University, Chubu Institute for Advanced Studies, Matsumoto-cho 1200, Kasugai, Aichi 507-0038, Japan; *e-mail*: fukui@isc.chubu.ac.jp

⁶ Agency for Geospatial Information, the Republic of Indonesia; *e-mail*: sukendramartha@yahoo.co.id

⁷ The Agency for the Assessment and Application of Technology, the Republic of Indonesia; *e-mail*: ina-seaweedsociety@yahoo.com

- (in Russian).
3. Buldakova V.G. Korejsko-rossijskiy seminar “Novye politicheskie i ekonomicheskie usloviya sotrudnichestva v Severo-Vostochnoj Azii i na rossijskom Dalnem Vostoke” [Korean-Russian seminar “New political and economic conditions of cooperation in Northeast Asia and the Russian Far East”], *Prostranstvennaya ekonomika*, 2008, No 3, pp. 183–184 (in Russian).
 4. Geosistemy Dal'nego Vostoka Rossii na rubezhe XX-XXI vekov: v 3-h t. [Geosystems of the Russian Far East at the turn of XX-XXI centuries: in 3 v.], koll. avtorov; pod obshch. red. akademika P.Ya. Baklanova, Vladivostok: Dal'nauka, 2008; 2012, Vol. 1. – 428 p., Vol. 2. – 560 p., Vol. 3. – 364 p. (in Russian).
 5. Gulidov R.V. Razvitie energeticheskogo sotrudnichestva na Korejskom poluostrove: Rol' Rossiskoj Federacii [Development of energy cooperation on the Korean Peninsula: The role of the Russian Federation], *Novye politicheskie i ekonomicheskie usloviya sotrudnichestva v Severo-Vostochnoj Azii i na rossijskom Dalnem Vostoke*. 2008, pp.131–134 (in Russian), pp. 135–137 (in Korean).
 6. Eremchenko E. N., Tikunov V. S. Golograficheskie vozmozhnosti vizualizatsii v geografii [Holographic possibilities of visualization in geography] *Vestnik Moskovskogo Universiteta, Seriya Geografiya*, 2016, No 2, pp. 22–29 (in Russian).
 7. Lisickiy D.V., Komissarova E.V., Kolesnikov A.A., Sharypova M.N. Animacionnaya kartografiya – odno iz perspektivnyh napravlenij kartograficheskoy nauki i praktiki v sovremennyh usloviyah kartografirovaniya dinamiki processov i yavlenij [Animated cartography is one of the most promising directions of cartographic science and practice in modern conditions of mapping dynamics processes and phenomena], *Geoinformacionnoe obespechenie ustojchivogo razvitiya territorij v usloviyah global'nyh izmenenij klimata: materialy nauch. konf. InterCarto/InterGIS 22* [GIS sustainable development of territories in conditions of global climate change: proceedings scientific. Conf. InterCarto/Intergis 22]. T. 1, Moscow: Izdatel'skij dom “Nauchnaya biblioteka”, 2016, pp. 213–220 (in Russian).
 8. Minakir P.A. Ekonomitsheskaya situatsiya na Dal'nem Vostoke i perspektivnye sfery ekonomitsheskogo sotrudnichestva Rossii i Yaponii [The economic situation in the Russian Far East and the promising areas of economic cooperation between Russia and Japan], *Materialy XXII vstrechi merov gorodov Sibiri i Dalnego Vostoka i merov gorodov Zapadnogo poberezhja Yaponii i rossijsko-yaponskogo bizness-foruma (XXII, 19-20 avgusta 2009; Khakodate)*, Khakodate, 2009, pp.280–284 (in Russian), pp. 32–35 (in Japanese).
 9. Popov V.E. Osobyje ekonomicheskie zony: perspektivy deyatel'nosti na rossijskom Dalnem Vostoke [Special economic zones: prospects for business in the Russian Far East] *Dalnevostochnij mezhdunarodnyj ekonomicheskij congress. Materialy konferentsii v 8 tomakh (27-28 sentiabrya 2005 g., Khabarovsk)*, Vol. 6. *Razvitie prigranichnogo sotrudnichestva na Dal'nem Vostoke Rossii*, Vladivostok, Khabarovsk: DVO RAN, 2006, pp. 101–105 (in Russian).
 10. Tektonicheskoe rajonirovanie i uglevodorodnyj potencial Ohotskogo morya: k 60-letiyu osnovaniya Instituta morskoy geologii i geofiziki DVO RAN [Tectonic zoning and hydrocarbon potential of the Sea of Okhotsk: on the 60th anniversary of founding of the Institute of Marine Geology and Geophysics FEB RAS] / O. V. Veselov, E. V. Gretskeya, A. Ya. Il'yov i dr.; otv. red. chl.-korr. K. F. Sergeev; Institut mor. geologii i geofiziki DVO RAN, Moscow: Nauka, 2006, 130 p. (in Russian).
 11. Shejngauz A. S. Sovremennoe ekonomicheskoe razvitie i okhrana prirody kak predvaritel'nye usloviya ustojchivogo razvitiya na rossijskom Dalnem Vostoke i v Severo-Vostochnoj Azii [Current economic development and environmental protection as a pre-condition for sustainable development in the Russian Far East and Northeast Asia], *Trudy mezhdunarodnogo foruma po okhrane okruzhayushchej sredy v Severo-Vostochnoj Azii*,

- Tojama, 1999, pp. 14–29 (in Japanese).
12. Shilin A.N., Shilin A.A. *Intellektualnie elektricheskie seti: problem i reshenija* [Intelligent electrical networks: problems and solutions], *Izvestiya Volgogradskogo tekhnicheskogo universiteta*, 2011, Vol. 3, No 8, pp. 84–88 (in Russian).
 13. Endsley M.R. Design and evaluation for Situation Awareness enhancement. *Proceedings of the Human Factors Society 32nd Annual Meeting 1988*, Santa Monica, CA: Human Factors Society, Vol. 1, pp. 97–101.
 14. Eremchenko E., Tikunov V., Ivanov R., Massel L., Strobl J. Digital Earth and Evolution of Cartography, *Procedia Computer Science*, 2015, Vol. 66, pp. 235–238.
 15. *Geology and hydrocarbon prospects of the Okhotsk Sea: Report of Institute of Marine Geology and Geophysics*. The project manager is Dr. H. Gribidenko; Pacon Inc.; Petroconsultants SA, Geneva, Switzerland, Petroconsultants, 1992, 570 p.
 16. Geospatial Revolution Project, c2010, The Pennsylvania State University; <http://geospatialrevolution.psu.edu/>.
 17. von Hippel D. What Could an “Asian Super-grid” Mean for Northeast Asia?, NAPS Net Policy Forum, April 13, 2015; <http://nautilus.org/napsnet/napsnet-policy-forum/what-could-an-asian-super-grid-mean-for-northeast-asia/>.
 18. Kuhn T. *The Structure of Scientific Revolutions*. The University of Chicago, Chicago, 1970, 2nd edition, enlarged, 210 p.
 19. UN official site, 1. General Assembly, Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015.

УДК 504.54

DOI: 10.24057/2414-9179-2017-3-23-143-154

В.В. Дмитриев¹, А.Н. Огурцов², В.Ю. Разживин³

ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА И ГЕОПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ АККУМУЛЯЦИИ НЕФТЯНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ В ПОЧВЕННОМ ПОКРОВЕ ОСТРОВА САХАЛИН

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрен подход к интегральному оцениванию аккумуляции нефтяных углеводородов (НУВ) в почвенном покрове острова Сахалин. Картографической основой для этой работы была почвенная карта острова Сахалин масштаба 1:2 500 000. Всего на карте показаны 103 почвенных контура. В качестве дополнительного источника информации были использованы также материалы Национального атласа почв Российской Федерации. В качестве критерия аккумуляции НУВ предлагается использовать интегральный показатель, рассчитанный на основе 5 оценочных критериев. При выборе оценочных критериев были использованы работы отечественных исследователей. Критерии оценки по каждому почвенному контуру включают: гранулометрический состав, суммарную мощность органо-гумусовых горизонтов, содержание органического углерода в органо-гумусовых горизонтах и содержание органического углерода в минеральной части, а также наличие глеевого барьера.

¹ Санкт-Петербургский государственный университет, Институт наук о Земле; 199178, Россия, Санкт-Петербург ВО, 10-линия 33-35; e-mail: vasily-dmitriev@rambler.ru

² Санкт-Петербургский государственный университет, Институт наук о Земле; 199178, Россия, Санкт-Петербург ВО, 10-линия 33-35; e-mail: aogurcov@yandex.ru

³ Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН; 197376, Россия, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, 2; e-mail: volodyar@binran.ru