

**vWitte**  
ORE ROTUNDO

# Образовательные ресурсы и технологии



**ГЕОИНФОРМАТИКА В ОСВОЕНИИ  
И НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ АРКТИКИ**

**№ 5(8)'2014**





ISSN 2307-6135

Эл №ФС77-50278 от 21.06.2012

**Сетевой научно-практический рецензируемый журнал  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ И ТЕХНОЛОГИИ  
№5(8)'2014**

**Учредитель: ЧОУВО «МУ им. С. Ю. Витте»**

**Главный редактор:** Парфёнова Мария Яковлевна

**Зам. гл. редактора:** Журавлёв Владимир Захарович

**Члены редколлегии:**

Бородин В.А. (ЭЗАН), Колин К.К. (ИПИ РАН), Курейчик В.М.(ЮФУ), Зацаринный А.А.(ИПИ РАН), Нечаев В.В.(МИРЭА), Сергеев С.Ф.(СпбГУ), Сухомлин В.А.(МГУ), Курейчик В.В.(ЮФУ), Яцкив И.С. (Рига)

Журнал издаётся с 2012 года. и зарегистрирован в РОСКОНАДЗОРЕ (Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций) и в системе Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) и в Международном центре ISSN (Париж).

Все права на материалы, опубликованные в номере, принадлежат Издательству. Перепечатка материалов, опубликованных в журнале, без разрешения Издательства запрещена.

Журнал включён в систему РИНЦ (НЭБ)

**Адрес редакции:** 115432, г. Москва, 2-ой Кожуховский проезд, д. 12, стр. 1

**Издательство журнала:**

Журавлёв В.З., Зайцева Д.В.

[vuivite@muiv.ru](mailto:vuivite@muiv.ru), [u.vitte@gmail.com](mailto:u.vitte@gmail.com)

[www.muiv.ru/vestnik](http://www.muiv.ru/vestnik)





## ГЕОИНФОРМАТИКА В ОСВОЕНИИ И НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ АРКТИКИ

|   |          |
|---|----------|
| Арктическая геополитика и интересы России<br><i>Семенов А.В., Жильцов С.С., Зонн И.С., Костяной А.Г.</i>  | 3        |
| Исследование северных территорий методами геоинформатики<br><i>Савиных В.П., Цветков В.Я.</i>   | 14       |
| Организационно-технологические аспекты консолидации информационных ресурсов для поддержки прогнозирования опасных природных, техногенных и социальных процессов<br><i>Зацаринный А.А., Шабанов А.П.</i> | 23<br>33 |
| Методы и средства визуализации процедур принятия решений в ситуационных центрах.<br><i>Демидов Н.Н., Демидова И.Н.</i>  | 43       |
| Геомаркетинговые исследования<br><i>Майоров А.А.</i>  | 49       |
| Геоинформатика: теория биоинспирированного поиска оптимальных решений и её приложения для обработки проблемно-ориентированных данных и знаний<br><i>Родзин С.И., Родзина Л.С.</i>                       | 61       |
| Применение глобальных навигационных спутниковых систем для поддержки интеллектуальных транспортных систем<br><i>Лобанов А.А.</i>  | 67       |
| Расчет термодинамических параметров поверхности океана по спутниковым изображениям<br><i>Алексанина М.Г., Дьяков С.Е., Загумённых А.А.</i>  | 75       |
| Программный комплекс для анализа технологических параметров процесса очистки акваторий сорбционно-микробиологическим методом<br><i>Григорьев В.К., Антонов А.А.</i>                                     | 81       |
| Мониторинг и картографирование паводковой ситуации в Сибирском Федеральном Округе<br><i>Антонов В.Н., Новгородцева О.Г.</i>   | 86       |
| Устойчивости автоматизированных систем. Концепция устойчивого взаимодействия.<br><i>Афанасьев Ю.И.</i>  | 95       |
| Геоэкологический мониторинг загрязнений моря по данным дистанционного зондирования<br><i>Затягалова В.В.</i>  | 101      |
| Web-приложение для 3D-визуализации в исследованиях и обосновании решений в энергетике<br><i>Массель Л.В., Иванов Р.А., Чемезов А.А.</i>   | 108      |
| Изучение структур различного геологического генезиса средствами ГИС-ENDDDB<br><i>Михеева А.В.</i>   | 119      |
| Информационная инфраструктура для поддержки и сопровождения научных исследований в области наук о Земле на Дальнем Востоке России: текущее состояние и перспективы развития<br><i>Наумова В.В.</i>      | 127      |
| Анализ методов семантического поиска информационных ресурсов<br><i>Нечаев В.В., Трофименко В.М.</i>   | 136      |
| Оценка влияния статистических характеристик облачности на инсоляцию фотобатарей<br><i>Кубова Р.М., Кубова К.В., Павленко А.А.</i>   | 144      |
| Зелёная волна<br><i>Тюрин С.Ф., Аляев Ю.А.</i>  |          |
| Конвергентные технологии и трансформация структуры познания<br><i>Никитина Е.А.</i>   | 157      |
| Новой России – новое гуманитарное образование<br><i>Потатуров В.А.</i>  | 167      |

**ГЕОИНФОРМАТИКА В ОСВОЕНИИ И НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ АРКТИКИ**

|   |     |
|---|-----|
| Arctic geopolitics and Russia's interests   | 3   |
| <b>Semenov A.V., Zhiltsov S.S, Zonn I.S., Kostianoy A.G.</b>  |     |
| Study northern territories by methods of geoinformatics   | 14  |
| <b>Savinych V.P., Tsvetkov V.Ya.</b>  |     |
| Organizational and technological aspects of the consolidation of information resources to support the forecasting hazardous natural, technological and social processes | 23  |
| <b>Zatsarinnyy A.A., Shabanov A.P.</b>  |     |
| Visualization methods and tools of decision-making process in the situation center  | 33  |
| <b>Demidov N.N., Demidova I.N.</b>  |     |
| Geomarketing research   | 43  |
| <b>Maiorov A.A.</b>   |     |
| Geoinformatics: theory of bioinspired search for optimal solutions and its application for the processing of problem-oriented data and knowledge                        | 49  |
| <b>Rodzin S.I., Rodzin L.S.</b>   |     |
| The use of global navigation satellite systems to support intelligent transportation systems  | 61  |
| <b>Lobanov A.A.</b>   |     |
| Calculation of thermodynamic parameters of ocean surface on satellite imagery   | 67  |
| <b>Alexanina M.G., Dyakov S.E., Zagumennov A.A.</b>   |     |
| Software package for the analysis of the technological parameters of the processes purifying waters sorption-microbiological method                                     | 75  |
| <b>Grigoriev V.K., Antonov A.A.</b>   |     |
| Monitoring and mapping of flood situation in the Siberian Federal District  | 81  |
| <b>Antonov V.N., Novgorodtseva O.G.</b>   |     |
| Stability of automation systems. The concept of sustainable interaction   | 86  |
| <b>Afanasyev Yu.I.</b>  |     |
| Geoinformational approach for monitoring of pollution of the sea according to remote sensing of the earth from space  | 95  |
| <b>Zatyagalova V.V.</b>   |     |
| Web-application for 3d-visualization in research and validation of energy solutions   | 101 |
| <b>Massel L.V., Ivanov R.A., Chemezov A.A.</b>  |     |
| Studying geological structures of different genesis by means of geographic information system ENDDDB  | 108 |
| <b>Mikheeva A.V.</b>  |     |
| Information Infrastructure supporting Scientific Investigations in Earth Science in Russian Far East: current state and prospects of development                        | 119 |
| <b>Naumova V.V.</b>   |     |
| Analysis of the methods of semantic search of information resources   | 127 |
| <b>Nechayev V.V., Trofimenko V.M.</b>   |     |
| Assessment of the statistical characteristics of cloudiness at insolation of solarbatteries   | 136 |
| <b>Kubova R.M., Kubova K.V., Pavlenko A.A.</b>  |     |
| Green wave  | 144 |
| <b>Tyurin S., Alyaev Yu.</b>  |     |
| Convergent technologies and transformation of the structure of cognition  | 157 |
| <b>Nikitina E.A.</b>  |     |
| New Russia – a new liberal education  | 167 |
| <b>Potaturov V.A.</b>   |     |



## АРКТИЧЕСКАЯ ГЕОПОЛИТИКА И ИНТЕРЕСЫ РОССИИ

**Александр Вячеславович Семенов**, ректор, д-р эконом. наук, проф.

E-mail: [asetenov@muiv.ru](mailto:asetenov@muiv.ru)

Московский университет им. С.Ю. Витте

<http://www.muiv.ru>

**Сергей Сергеевич Жильцов**, д-р полит. наук, проф.

E-mail: [sergej-z71@yandex.ru](mailto:sergej-z71@yandex.ru)

Московский университет им. С.Ю. Витте

Российский университет дружбы народов

<http://www.muiv.ru>, <http://www.rudn.ru>

**Игорь Сергеевич Зонн**, д-р геогр. наук, академик РАН, проф., директор

E-mail: [igorzonn@yandex.ru](mailto:igorzonn@yandex.ru)

Московский университет им. С.Ю. Витте

ИНПЦ «Союзводпроект»

<http://www.muiv.ru>, <http://www.rusprofile.ru>

**Андрей Геннадьевич Костяной**, д-р физ.-мат. наук, проф.

Львежского университета, гл. научн. сотр.

E-mail: [Kostianoy@gmail.com](mailto:Kostianoy@gmail.com)

Московский университет им. С.Ю. Витте

Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН

<http://www.muiv.ru>, <http://www.ocean.ru>

В статье рассматривается эволюция подходов арктических государств к определению международно-правового статуса Арктики. На протяжении длительного времени позиции сторон определялись техническими и технологическими возможностями освоения углеводородных ресурсов Арктики и развитием судоходства. С открытием новых возможностей доступа к арктическим пространствам изменилась и геополитическая ситуация в Арктическом регионе, который привлекает повышенное внимание многих стран мира. В этих условиях Россия вынуждена менять свою политику в Арктике, ситуация в которой напрямую затрагивает ее долгосрочные интересы.

Ключевые слова: геополитика, Арктика, Россия, международно-правовой статус.



**А.В. Семенов**

В начале XXI в. Арктика привлекла к себе повышенное внимание многих стран мира. Причина этого во многом обусловлена наличием в Арктике значительных запасов углеводородных ресурсов, объемы которых еще нуждаются в уточнении, а также изменением климата, который открыл новые возможности в освоении арктических пространств.

Первые попытки установить контроль над Арктикой и ее пространствами были предприняты в XIX в. Арктические государства – Россия, Норвегия, Дания, Канада и США – начали переговоры по определению международно-правового режима арктических морей, предложив секторальный принцип<sup>1</sup>. Основанием сектора служило арктическое побережье, а боковыми границами – меридианы, щие через крайние точки Северного побережья арктических стран. Вершиной каждого сектора являлся Северный полюс. Этот принцип отражал существующие столетиями

<sup>1</sup> В 1824 г. Россия и США подписали конвенцию о торговле, мореплавании и рыбной ловле. В 1825 г. была подписана конвенция между Россией и Великобританией. Договор определил границу между Аляской, входившей в состав Российской империи, и канадским Юконом. В 1867 г. был подписан русско-американский договор, по которому Россия уступала США территорию Аляски и устанавливалась граница между двумя государствами. Согласно договору, линия разграничения между двумя странами проходила по меридиану, который служил боковой границей сектора.

представления о необходимости контроля над пространством. Опираясь на устоявшиеся взгляды, арктические страны на первый план выдвигали военно-политические, экономические и транспортные факторы, связанные с доступом к прибрежным районам арктических морей и находящимися на них ресурсами.

Заключенные в XIX в. между арктическими странами международно-правовые договоры существовали на протяжении десятилетий. Они фиксировали позиции сторон, для которых северное направление представляло важный, но не определяющий компонент внешней политики.

Наиболее важной проблемой для арктических стран выступало судоходство, которое представляло собой один из ключевых факторов, влияющих на доступность к ресурсам и развитие торговли. Организуя морские экспедиции, арктические страны осваивали побережье Северного Ледовитого океана. Об углеводородных ресурсах арктических месторождений в тот период времени речь не шла.

В конце XIX в. российские власти стали предпринимать первые шаги по организации регулярного судоходства по маршруту, который получил название Северный морской путь. Его развитие определялось необходимостью решения задач экономического развития и налаживания устойчивого транспортного сообщения.



До XX в. арктические страны осваивали только побережье Северного Ледовитого океана, не предъявляя прав на его водную поверхность и морское дно.

Интерес к арктическим морям в России возрос после русско-японской войны, когда стала очевидна необходимость получения свободного выхода страны в Мировой океан. По времени это совпало с усилением внимания к Арктике со стороны других стран региона, заявивших о своих правах на арктические пространства.

Так, в 1909 г. Канада стала первой из арктических стран, которая закрепила за собой территорию от побережья до Северного полюса. В том же году американский адмирал Роберт Пири водрузил флаг США на Северном полюсе, тем самым не исключая возможности установления американского суверенитета над арктическими районами<sup>1</sup>. Данные действия в большей степени носили политический характер. Арктические страны не располагали судами военно-морского флота, приспособленными для плавания во льдах, и, соответственно, не могли ничем подкрепить свои притязания на пространства Арктики.

В целом, если сравнивать интенсивность дипломатических переговоров и число военных действий с событиями на северном (арктическом) направлении, то станет понятным, что Арктика занимала незначительное место в политике всех стран, которые соперничали с Россией. Причина этого была очевидна. Россия, на протяжении столетий борющаяся за выход к морям, была заперта с севера. Чтобы бросить вызов Западу, России требовался либо свободный доступ к морю из собственных портов, либо сухопутный маршрут в другие порты. Вариантов было немного. На западе Россия имела выход через Балтику, где путь ей преграждали военно-морские силы северных государств. На юге Россия должна была проходить через Черное море и Дарданеллы, где сильные позиции сохраняла Турция. На востоке у России был порт Владивосток. Однако удаленность



С.С. Жильцов



А.Г. Костяной

<sup>1</sup> Считается, что Р. Пири первым достиг Северного полюса 6 апреля 1909 г. Но другой американец Ф. Кук заявил, что он достиг Северного полюса на год раньше – 21 апреля 1908 г.

Владивостока от центра России, сложные условия навигации через северные моря, а также морская мощь Японии затрудняли его использование.

Соперничество между Россией и ведущими государствами мира стало предметом научных исследований в XIX в. Достаточно вспомнить русско-английское соперничество в Средней Азии, которое с первой трети XIX в. подпитывалось различными трудами английских политиков. В выпускаемых изданиях они вполне определенно указывали на необходимость ограничения территориального расширения российского государства и обосновывали английскую политику.

Позднее, практические действия западных политиков получили теоретическое обоснование в виде геополитических концепций, которые внесли свой вклад в развитие международных отношений в XX в. Изложенные в них идеи дали обоснование соперничеству мировых держав с Россией.

Причины подобных воззрений западных стран в значительной степени имеют экономическую подоплеку. Огромная территория России, наличие значительных запасов практически всех природных ресурсов всегда привлекали внимание разных стран, заинтересованных в получении над ними контроля.

Нельзя сбрасывать со счета и геополитические амбиции. На протяжении веков Россия последовательно расширяла свои территории, что вызывало недовольство ее соседей, которые прилагали значительные усилия к тому, чтобы не допустить геополитического усиления России. По этой причине ключевым элементом геополитических концепций, выдвинутых западными учеными, была идея неизбежности и в определенной степени естественности борьбы между западными морскими державами и материковой Евразией, на территории которой располагалась Российская империя, затем Советский Союз, а после его распада – Россия. В предложенных геополитических построениях Арктике отводилась роль естественного природного рубежа, который запирает Россию на северном направлении.

Одним из важных геополитических трудов, увидевшим свет в начале XX в., стала работа А. Мэхэна (1840–1914) «Проблема Азии»<sup>1</sup>. Он посвятил все свои работы проблемам развития и наращивания морской мощи в качестве фактора и инструмента геополитики (хотя самого этого понятия не употреблял). Как адмирал и теоретик военной стратегии он был сторонником доктрины президента Монро (1758–1831), апологетом «морской судьбы» США, проводником идеи создания планетарной торговой цивилизации, свободного производства и обмена товаров на всех территориях, включая колонии. Мэхэн предлагал использовать в анализе геополитической ситуации государства следующие критерии: открытость морям и состояние морских коммуникаций, протяженность и конфигурация границ на суше и на море; наличие портов и обладание стратегически важными пунктами, количество населения; его способность к торговой деятельности и кораблестроению, характер политического устройства. В конечном счете, морское могущество, наличие соответствующего военно-морского флота выступало для него гарантом обеспечения внешнеторговой деятельности. Источником главной опасности для «морской цивилизации» (США и Великобритании) Мэхэн считал континентальные государства Евразии – Россию, Китай, Германию. Борьба с Россией фактически провозглашалась долговременной стратегической задачей. Россию, как и другие евразийские государства, предлагалось удушить через стратегию анаконды<sup>2</sup>, применяемую в планетарном масштабе, перекрыв им, насколько возможно, выходы в морское пространство. В дополнение к этому требовалось не допустить военно-стратегического альянса континентальных держав. Главное, на что обращал внимание Мэхэн, так это на географические ограничения, которые затрудня-

---

<sup>1</sup> См.: *Дугин А.* Указ. соч. С. 51–57; *Поздняков Э.А.* Указ. соч. С. 29–33.

<sup>2</sup> Перенос на глобально-планетарный уровень стратегии и принципов «удушения» противника, которыми воспользовался американский генерал Мак-Клеллан в Гражданской войне 1861–1865 гг. и которые включали в себя блокирование территории южан с моря по береговым линиям с целью стратегического истощения противника (*Жильцов С.С., Зонн И.С., Ушков А.М.* Геополитика Каспийского региона. М., 2003. 280 с.).



ли доступ России к морю.

Идеи Мэхэна дополнил теоретик англо-американской геополитики и геостратегии Х. Маккиндер (1861–1947). В статье «Географическая ось истории» (1904)<sup>1</sup>, которая считается главным исходным текстом теоретической геополитики, он обобщил все предыдущие достижения европейской политической географии. На геополитическом уровне он признавал ведущую геостратегическую роль России как «держателя» Хартленда: «Россия занимает в целом мире столь же центральную стратегическую позицию, как Германия в отношении Европы. Она может осуществлять нападения во все стороны и подвергаться им со всех сторон, кроме севера. Полное развитие ее железнодорожных возможностей – дело времени»<sup>2</sup>.

Взгляды Мэхэна и Маккиндера о неизбежности соперничества с западными государствами Руси – Московского государства – Российской империи, а затем и СССР оказали огромное влияние на характер международных отношений на протяжении всего XX века. В результате геополитическое соперничество развивалось в полном соответствии с предложенными теориями, которые давали научное обоснование борьбе морских держав против материковой части – СССР.

В 1916 г. государствам была направлена нота МИД Российской империи, призванная определить статус территорий, находящихся в арктической зоне России. В этой ноте в частности, предлагалось признать территорией России и земли, простирающиеся на север Сибирского континентального плоскогорья.

Исчезновение с политической карты мира Российской империи не изменило политики западных стран. Движимые идеями, изложенными в геополитических концепциях, они не отказались от планов нанести удар по советскому государству. Подтверждением этого могут служить военная интервенция, экономическое и политическое давление западных стран, в том числе и на арктическом направлении. Это потребовало от СССР подтвердить свои позиции по Арктике. Сложные отношения, которые складывались у России на западном, восточном и южном направлениях, предопределили усиление интереса советского руководства к Арктике, которое было вынуждено предпринимать ответные меры. Так, советское правительство предприняло шаги, направленные на получение свободного доступа к Мировому океану посредством северных арктических морей<sup>3</sup>. 20 сентября 1918 г. российское правительство послало ноту-депешу, в которой сообщало, что частью России являются острова Генриетты, Жаннеты, Беннеты, Геральд, Уединения, Новосибирские, Врангеля, Новая Земля, Колгуев, Войгач и другие, которые составляют территорию России. Для СССР интерес к Арктике во многом объяснялся вопросами экономики, хотя не меньшее значение имели вопросы геополитики, которые можно было решать только при наличии мощной сырьевой базы в приарктических районах с развитой инфраструктурой.

15 апреля 1926 г. вышло постановление Президиума ЦИК СССР «Об объявлении территорией Союза ССР земель и островов, расположенных в Северном Ледовитом океане». В этом документе фактически был закреплен секторальный принцип, поскольку речь шла об арктической территории, расположенной между меридианами 32°04'35" в.д. и 168°49'30" з.д. за исключением восточных островов архипелага Шпицберген. Таким образом, СССР определил границы полярных владений от Кольского полуострова через Северный полюс до Берингова пролива. Данное постановление не затрагивало вопросов правового режима морских пространств полярного сектора Арктики.

Большое внимание уделялось Северному морскому пути, развитие которого открывало перспективы получить выход в северном направлении. Это было особенно важно, если учитывать международную ситуацию в 30-х гг. XX в.

<sup>1</sup> См.: *Маккиндер Х.* Географическая ось истории // Дугин А. Основа геополитики. М., 1997. С. 491–506; *Поздняков Э.А.* Геополитика. М., 1995. С. 20–27.

<sup>2</sup> *Маккиндер Х.* Указ. соч. С. 504.

<sup>3</sup> Были организованы Карские экспедиции, началось создание первых организационных структур, отвечающих за организацию и развитие Северного морского пути (СМП).

Организованные СССР мероприятия в Арктике дали свои результаты. Помимо научных исследований мощный рывок был сделан в создании ледокольного флота, строительства полярных станций и портов, развития прибрежных территорий. В этом же ряду стоит создание в 1933 г. Северного флота ВМФ СССР на Баренцевом море и растущее значение морских путей, связывающих арктическое побережье Евразии с такими крупными портами, как Владивосток и Мурманск<sup>1</sup>. Последний сыграл значительную роль как пункт доставки грузов с Запада. Активно действовал Северный морской путь, значение которого было особенно велико в годы Второй мировой войны.

Техническая база и технологическое развитие, которого достиг СССР в тот период времени, а также усилия по освоению транспортных путей и развитию прибрежных территорий позволили лишь «приоткрыть» Арктику, получив туда доступ, но не широкий выход в Мировой океан. В целом северный барьер оказался непреодолим. Сложные условия навигации и низкий уровень технического развития не позволяли строить суда, пригодные для плавания во льдах. В итоге за навигацию суда могли осуществить лишь сквозной проход в одну сторону от Кольского полуострова до Владивостока. Тем не менее, усилия СССР в северном направлении сыграли свою положительную роль в социально-экономическом развитии и создании новой топливно-ресурсной базы.

Итогом политики арктических стран стал раздел арктических пространств на национальные секторы, притом что отсутствовали международные договоры. Соответственно можно говорить, что 1920–30-е гг. вошли в историю освоения Арктики приполярными странами (США, Канадой, СССР, Норвегией, Данией, Финляндией) как период ее международного раздела и начала закрепления за Советским Союзом арктических территорий<sup>2</sup>.

Сдерживание России и ее евразийского центра стало основой геостратегии второй половины XX в.<sup>3</sup> Тем более что данные взгляды были переработаны и дополнены продолжателем геополитических взглядов Мэхэна Н. Спайкменем<sup>4</sup>, который развил существующие геополитические концепции. С именем этого американского университетского профессора связаны уход геополитики от политической географии, поворот к проблемам конкретной международной политики, своеобразный геополитический утилитаризм в трактовке теории и практики международных отношений. Его идеи взятия России в геополитическое кольцо были применены на практике и послужили основой для обоснования наступательной политики США в отношении СССР.

Начиная со второй половины 40-х гг. прошлого века интерес США и Канады к Арктике усилился. Он определялся в первую очередь геополитическими задачами, нежели экономическими интересами. Так, 28 сентября 1945 г. президент США Г. Трумэн провозгласил, что естественные богатства поверхности и недр континентального шельфа, находящиеся под водами открытого моря и прилегающие к берегам США, принадлежат американскому государству.

Спайкмен, как Мэхэн и Маккиндер, не рассматривал вопрос выхода России через Арктику, считая, что суровый природный климат и отсутствие свободного выхода к Мировому океану лучше всякой дипломатии запирают Москву с севера. В этом они были правы. Тем не менее сложная международная ситуация заставила советские власти уделять большее внимание Арктике, осуществляя ее дальнейшее научное изучение и освоение. Усилия были сосредоточены на разработке ресурсной базы прибрежных территорий с их одновременным заселением. Большое внимание уделялось развитию транспортной инфраструктуры, которая приобрела ключевое значение.

Следует отметить, что в XX в. усилия арктических государств были направлены на развитие в первую очередь прибрежных территорий, их сырьевого потенциала. Большое

<sup>1</sup> Россия в глобальной политике. 2010. Т. 8. № 5. Сент.–окт. С. 36.

<sup>2</sup> Егорова Н.И. Советский военно-морской флот и Арктика в первом десятилетии холодной войны // Холодная война в Арктике: сб. статей. Архангельск, 2009. С. 59.

<sup>3</sup> Там же.

<sup>4</sup> См.: Дугин А. Указ.соч. С. 61–67; Поздняков Э.А. Указ. соч. С. 30–34; Зюганов Г. Указ. соч. С. 36–38.

внимание уделялось вопросам международно-правового статуса арктических пространств, которые рассматривались через призму реализации военно-стратегических интересов.

Геополитика окончательно превратилась в прикладной инструмент внешней политики, от которой требовалось дать теоретическое обоснование принимаемых внешнеполитических решений. Здесь уместно привести пример с популярными на Западе и подхваченными в России идеями З. Бжезинского, бывшего помощника президента США Дж. Картера по национальной безопасности в 1970-е гг. Он подтвердил тезис классиков геополитики о необходимости взятия России в кольцо, тем самым придав дополнительное обоснование неизбежности соперничества Запада и СССР.

Арктические страны стремились через многосторонний переговорный процесс определить международно-правовой статус арктических пространств. В 1982 г. была принята конвенция ООН по морскому праву. Она подтвердила права государства на 12-мильную зону территориальных вод и установила, что государство имеет единоличное право распоряжаться континентальным шельфом на всем его протяжении. За пределами территориальных вод (12 морских миль) все страны имеют право свободного торгового и военного судоходства, а также имеют право на рыболовство и заниматься другой хозяйственной деятельностью. Исключительная экономическая зона (200 морских миль) не входит в состав государственной территории. Здесь сохраняется свобода судоходства. Конвенция 1982 г. ограничивает территориальные претензии 350 морскими милями в том случае, если континентальный шельф простирается за 200-мильную зону. В этом случае граница континентального шельфа устанавливается на основе решения комиссии ООН по границам континентального шельфа. Таким образом, конвенция 1982 г., установив ширину территориальных вод и исключительную экономическую зону, зафиксировала пределы территориальных притязаний арктических государств.

Распад СССР повлек за собой изменение геополитического положения России. Вдоль ее границ появились новые независимые государства, что значительно усложнило доступ к транспортным коммуникациям, увеличило экономические издержки, связанные с осуществлением внешнеэкономической деятельности. В геополитическом плане Россия возвратилась к временам Петра I, оказавшись задвинутой вглубь евразийского континента. Ограничение возможностей доступа на Черном, Каспийском и Балтийском морях привело к ослаблению геополитического влияния России. Провозглашение завершения «холодной войны» не привело к отказу западных стран от политики ослабления России, ограничения ее внешнеполитической роли.

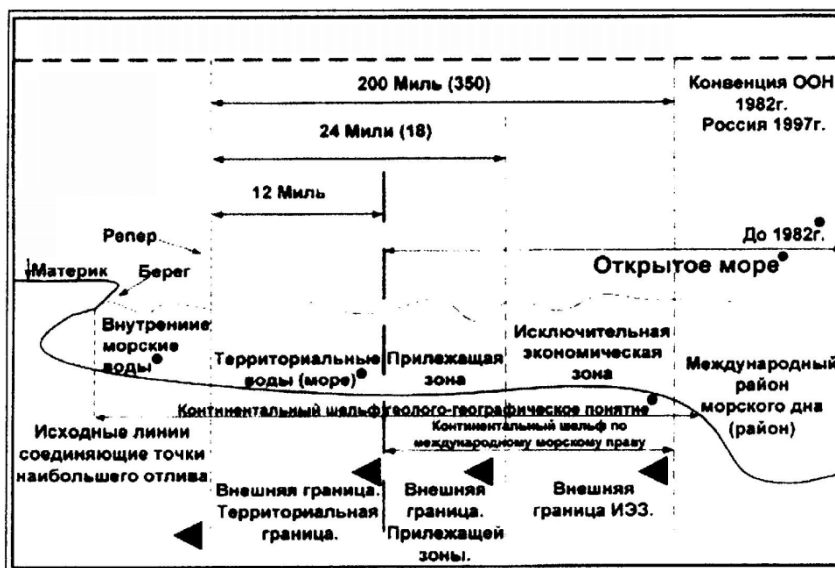


Рисунок 1 – Виды водных территорий по Международному праву (Конвенция о континентальном шельфе 1958 г. и Конвенция ООН по морскому праву 1982 г.) (А. Петрушин, 2002 г.)

Улучшение отношений между СССР и США привело к выдвиганию советской стороной ряда инициатив. В 1987 г. были предложены Мурманские инициативы СССР, которые определили и сформулировали направления для последующих переговоров с государствами, заинтересованными в решении проблем арктического региона: создание безъядерной зоны на севере Европы; ограничение военно-морской активности в морях, омы-



вающих север Европы; мирное сотрудничество в разведке и разработке ресурсов Севера и Арктики; международное сотрудничество в арктических исследованиях; сотрудничество северных государств по проблеме экологической защиты Арктики; открытие Северного морского пути для международного судоходства<sup>1</sup>.

В конце XX в. стали меняться представления о роли и значении Арктики. Региону стали уделять большее внимание. Арктическая политика стала выделяться в отдельное направление внешней политики многих стран мира. Удаленность Арктики от центра цивилизации, суровые климатические условия, недостаточный технический прогресс делали этот регион длительное время недоступным для проникновения сюда других государств, а значит, устраняли всякую возможность выдвижения третьими странами территориальных претензий в отношении арктических пространств<sup>2</sup>.

В последние десятилетия ситуация изменилась. Внимание привлекают не столько прибрежные территории, хотя и им уделяют большое внимание, сколько ресурсы, находящиеся в арктических морях. Прежде всего, речь идет о месторождениях нефти и газа. Можно с большой долей уверенности утверждать, что толчок арктической гонке дали первые результаты научных исследований, касающиеся оценки запасов ресурсной базы, находящихся в арктических морях. В 1982 г. была предпринята первая попытка провести бурение в арктических водах (в устье реки Печора)<sup>3</sup>. Полученные результаты показали наличие потенциально огромных запасов углеводородных ресурсов. Подобный факт не остался незамеченным. Однако дальнейшее исследование месторождений нефти и газа на предмет их последующей разработки сдерживало отсутствие оборудования, пригодного для работы в тяжелых климатических условиях Арктики и необходимость осуществления значительных капиталовложений.

Исследования шельфа Арктики проводили и другие арктические страны, которые стали рассматривать Арктику в качестве перспективной углеводородной базы. В целом страны, окружающие Арктику, стали уделять полярным запасам углеводородов гораздо больше внимания, чем раньше. Пока все оценки запасов арктических углеводородов являются предварительными. Цифры называются разные: от 25% мировых запасов нефти и газа до 14% мировых запасов.

Сведения о наличии в Арктике огромных запасов углеводородных ресурсов подстегнули геополитическое соперничество. Ключевой вопрос геополитики – контроль над пространством трансформировался в вопрос контроля над ресурсами. Для этого арктические страны должны были решить вопрос международно-правового статуса Арктики и прежде всего его шельфа.

Раздел континентального шельфа представляет собой проблему, которая окажет значительное влияние на геополитическую ситуацию. Не случайно, многие страны мира подали заявки в Комиссию ООН по границам континентального шельфа на его освоение.

Дискуссии о международно-правовом статусе Северного Ледовитого океана тесно связаны с проблемой последующего доступа к арктическим пространствам и ресурсам, которые там находятся. В этом контексте геополитическое соперничество происходит не столько за пространства, сколько, в первую очередь, за доступ к ресурсам и последующий над ними контроль.

Арктические страны, отстаивая различные подходы к определению международно-

---

<sup>1</sup> Ковалев А. Международно-правовой режим Арктики и интересы России // Индекс безопасности. 2009, осень–зима. № 3–4. С. 115–124.

<sup>2</sup> Повал Л.М. Международно-правовые проблемы раздела экономического пространства Арктики // Арктика и Север. 2011. № 3.

<sup>3</sup> Из двух списанных судов типа «Либерти» построили морскую ледостойкую буровую платформу «Севастополь». В результате получился катамаран с буровой установкой в носовой части и вертолетной площадкой в корме. Платформа удерживалась на якорях. В 1983 г. «Севастополь» был раздавлен льдами и после этого разрезан на металлолом. В 1983 г. СССР повторил попытку бурения в Арктике при помощи бурового судна «Валентин Шашин», построенного в Финляндии.

правового статуса арктических пространств, преследуют долгосрочные цели, которые базируются на экономических интересах. Например, заинтересованность США в интернационализации Арктики за пределами 200-мильной зоны определяется высоким уровнем развития технологий добычи, а также наличием опыта бурения на шельфе. Соответственно, в случае принятия данного принципа международно-правового статуса Арктики, американские нефтяные компании получают значительные преимущества в разработке углеводородных ресурсов.

От выбора принципа раздела Арктики (интернационализация, секторальный) во многом зависит и будущая военно-политическая ситуация в этом регионе мира. Например, США, исходя из своих военно-стратегических интересов, полагают, что реализация секторального принципа всеми арктическими государствами может существенно ограничить возможности их военно-морских сил в Арктике<sup>1</sup>.

В последнее десятилетие Россия усилила внимание к Арктике и ее проблемам. В 2000 г. Северный морской путь был признан в качестве приоритета российской политики. Было положено начало принятия различных политических и экономических решений, призванных укрепить российское влияние в регионе. Пристальное внимание уделяется возможности развития судоходства в Арктике. Прорыв в этой области позволил создавать принципиально новые суда, способные преодолевать ранее недоступные участки северных морей. Строительство новых атомных ледоколов должно обеспечить круглогодичное функционирование Северного морского пути.

Принцип раздела арктических пространств приобрел значение в последние десятилетия, когда стали появляться первые данные о наличии значительных запасов углеводородных ресурсов. При ратификации в 1997 г. Россией Конвенции ООН по морскому праву 1982 г. за страной было закреплено, т.е. юридически оформлено, 12 морских миль акватории и 200 миль исключительной экономической зоны. Одновременно с этим перед Россией открылась перспектива присоединения значительной, порядка 1,2 млн км<sup>2</sup>, части шельфа Северного Ледовитого океана. Однако поданная Россией в 2001 г. заявка в Комиссию по границам континентального шельфа была отклонена. С научной точки зрения, данные, которые предоставила Россия, были признаны недостаточными. Это поставило перед Россией задачу проведения дополнительных работ, которые дали бы убедительные доказательства для права присоединить эту часть шельфа.

На протяжении последнего десятилетия такая работа проводилась. Ожидается, что в 2014 г. новая заявка может быть предоставлена в Комиссию по границам континентального шельфа. Однако Комиссия опять может посчитать, что одних только географических данных недостаточно, поэтому нужны результаты глубоководного бурения<sup>2</sup>. Полученные таким образом результаты должны стать основным аргументом, подтверждающим российские претензии на шельф, простирающийся за пределами исключительной экономической зоны. При этом речь идет не о суверенитете над заявленной территорией, а только о преимущественном праве на разведку и использование недр морского дна<sup>3</sup>.

Россия пока не готова к такому сценарию. Дело заключается не только в активном информационном и политическом противодействии со стороны других арктических государств, сколько в технической и технологической неготовности России. Недостаточная техническая оснащенность морских организаций, отсутствие новых судов и технологий, необходимых для бурения в сложных арктических условиях служат серьезным препятствием для отстаивания Россией своих интересов. Добыча углеводородных ресурсов в Арктике требует длительных исследований и создание инфраструктуры. Это сопряжено со

---

<sup>1</sup> Повал Л.М. Международно-правовые проблемы раздела экономического пространства Арктики // Арктика и Север. 2011. № 3.

<sup>2</sup> Арктический регион: проблемы международного сотрудничества: хрестоматия: в 3 т. / под ред. И.С. Иванова. М.: Аспект Пресс, 2013. Т. 1. 360 с.

<sup>3</sup> Коньшев В.Н., Сергунин А.А. Арктика в международной политике: сотрудничество или соперничество? М.: РИСИ, 2011. С. 39.

значительными капиталовложениями, отдачу от которых можно ожидать спустя многие годы. Тем не менее Россия не оставляет планов занять лидирующие позиции в Арктике. В сентябре 2008 г. состоялось заседание Совета национальной безопасности РФ, на котором было подтверждено, что Арктика должна стать стратегической ресурсной базой страны. Повышенное внимание было уделено военной составляющей, развитию пограничных войск, способных защищать государственные интересы в Арктике. В 2013–2014 гг. в России была проведена масштабная работа по развитию инфраструктуры, проведены учения.

На заседании Совета безопасности обсуждался, а впоследствии был принят документ «Основы государственной политики РФ в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу». Тем самым, впервые после распада СССР решается стратегическая и управленческая задача: реально разработаны перспективные цели и задачи развития Арктической зоны РФ, система мер и механизмы согласования федеральных, региональных, муниципальных и корпоративных интересов, а также приоритетные меры по надежному предотвращению внешних и внутренних угроз национальной безопасности в Арктике на период до 2020 г.<sup>1</sup>

Сдерживающим фактором в осуществлении планов России в Арктике выступает отсутствие единой государственной политики, в которой политические задачи учитывали бы вопросы технического и технологического развития, наличия финансовых ресурсов, необходимых для реализации положений, заложенных в основополагающих внешнеполитических документах.

Не случайно острые споры вызывают подписанные между СССР и США в 1990 г.<sup>2</sup> и между Россией и Норвегией в 2010 г.<sup>3</sup> документы, связанные с разграничением морских пространств. Не вдаваясь в подробности, следует отметить, что подобные разграничения создали прецедент, который уже сегодня некоторые страны пытаются использовать против России.

Нынешняя геополитическая ситуация в Арктике позволяет сформулировать несколько основных положений, которые целесообразно учитывать при выработке российской политики на долгосрочную перспективу.

Во-первых, арктические страны находятся в начальном этапе решения международно-правовых проблем, связанных с разделом арктических пространств. Сложность определения правового режима Северного Ледовитого океана определяется различными позициями арктических стран по данному вопросу. Относительно спокойный ход обсуждения международно-правовых проблем Арктики может нарушиться с появлением новых технологий, которые откроют доступ к запасам нефти и газа на арктических месторождениях. Это приведет к ужесточению позиций арктических стран, что усилит между ними разногласия, тем самым затрудняя поиск компромиссного варианта.

Во-вторых, большинство стран мира не располагают технологиями, которые могут обеспечить доступ к месторождениям углеводородного сырья в Арктике. В результате борьба за Арктику в конечном итоге станет соперничеством в сфере технологий. Страны, которые сумеют первыми предложить новые технологические решения, получат «приз» в арктической гонке за углеводородные ресурсы.

В-третьих, с высокой долей уверенности можно говорить о том, что ближайшие десятилетия станут подготовительным периодом к освоению Арктики. Промышленную добычу на арктических месторождениях следует ожидать к середине XXI столетия. Исходя

---

<sup>1</sup> Лукин Ю.Ф. Великий передел Арктики. Архангельск, 2010. С. 197.

<sup>2</sup> 1 июня 1990 г. между СССР и США было подписано Соглашение о линии разграничения морских пространств (договор Бейкера – Шеварднадзе). По условиям этого документа к США отошли часть исключительной экономической зоны СССР и участок континентального шельфа площадью 46,3 тыс. км<sup>2</sup> в открытой центральной части Берингова моря, а также территориальные воды в Беринговом проливе между островами Ратманова (Россия) и Крузенштерна (США).

<sup>3</sup> 15 сентября 2010 г. подписан российско-норвежский договор о разграничении морских пространств.



из этого, России необходимо уже сегодня готовиться к усилению конкуренции с различными государствами мира за право разработки углеводородных ресурсов.

В-четвертых, для России серьезную проблему представляют вопросы, связанные с развитием береговой инфраструктуры (к примеру, сооружение новых глубоководных портов), и строительство новых буровых платформ.

В-пятых, реализация геополитических амбиций, связанных с отстаиванием своих интересов в Арктике, потребует концентрации значительных финансовых ресурсов. Затраты на освоение Арктики вполне сопоставимы с программами освоения космоса. Средства необходимы для дальнейшего проведения научно-исследовательских работ, технологическое перевооружение и строительства новой техники. Без этого заявленные цели российской политики в Арктике будет невозможно реализовать на практике.

В-шестых, защита российских интересов в Арктике требует разработки долгосрочной государственной политики, способной в комплексе учитывать разноплановые факторы. Точное соизмерение стоящих задач с финансовыми ресурсами, наличием технической базы и находящихся в распоряжении технологий позволит избежать провалов и не допустить ослаблений российских позиций в регионе.

В-седьмых, Россия сталкивается с усилением международного давления. Геополитические теории, обосновывавшие естественность борьбы с Россией и уже не раз послужившие западным странам, вновь могут получить «путевку» в жизнь. Этот сценарий неизбежно повлечет за собой усиление антироссийской риторики, которая будет направлена на ограниченное участие России в решении ключевых проблем Арктического региона.

В-восьмых, на сегодняшний день Россия не имеет возможностей для самостоятельной разработки континентального шельфа. В перспективе этот фактор могут использовать западные страны, обосновывая необходимость более широкого вовлечения иностранных нефтегазовых компаний в разработку российских месторождений. Это потребует от России активной внешней политики, прежде всего в вопросах регулирования международно-правового статуса арктических пространств. Россия проводит активную работу по развитию правовой базы сотрудничества в рамках Арктического совета<sup>1</sup>.

Пока намечаются лишь основные контуры, линии, по которым в будущем может развернуться геополитическая борьба. Помимо вопросов экологии, которые еще до начала добычи углеводородного сырья нуждаются в своем решении, существуют риски, связанные с милитаризацией Арктики, а также с возникновением международных конфликтов. Не стоит забывать, что нынешнее обсуждение международно-правового статуса арктических пространств ведется в условиях неопределенности объемов запасов, которые носят предварительные оценки, и сроков начала промышленной добычи углеводородных ресурсов. По мере получения новых данных о запасах этих ресурсов и появления новых технологий, позволяющих добывать в суровых условиях Арктики, соперничество государств может усилиться.

Исход геополитической борьбы за Арктику и ее ресурсы определяют не геополитические концепции, скорректированные под складывающиеся в регионе условия, и даже не военный фактор, с которым ряд стран связывают свои надежды на упрочение своих позиций. Победу одержат страны, которые окажутся лучше подготовленными в техническом плане. Наличие современных технологий, способных обеспечить надежный доступ к природным ресурсам Арктики, инфраструктуры, которая бы позволила транспортировку этих ресурсов на мировой рынок, станет решающим фактором, который обеспечит преимущества в геополитическом соперничестве.

В нынешнем столетии Арктика может стать ключевым регионом мира, вокруг которого развернется борьба как арктических, так и неарктических государств. Сегодня сложно предсказать исход этого соперничества, которое будет развиваться под влиянием многочисленных факторов. Однако нет никакого сомнения, что геополитические идеи, выдвинутые и допол-

---

<sup>1</sup> Предложения к дорожной карте развития международно-правовых основ сотрудничества России в Арктике: рабочая тетрадь / А.И. Вылегжанин (рук.) и др., гл. ред. И.С. Иванов. Российский совет по международным делам. М.: Спецкнига, 2013. 56 с.

ненные в начале прошлого века относительно неизбежности и естественности соперничества Запада с Россией, будут вновь востребованы. Углеводородные ресурсы являются слишком ценным и дорогим призом, который и определит ситуацию в Арктике в XXI в.

### Литература

1. *Макиндер Х.* Географическая ось истории // Полис. 1995. № 4.
2. *Дугин А.* Основа геополитики. М.: Арктогея, 1997.
3. *Поздняков Э.А.* Геополитика. М.: АО Издательская группа «Прогресс» – «Культура», 1995.
4. *Егорова Н.И.* Советский военно-морской флот и Арктика в первом десятилетии холодной войны // Холодная война в Арктике: сб. статей. Архангельск, 2009. С. 59.
5. *Ковалев А.* Международно-правовой режим Арктики и интересы России // Индекс безопасности. 2009. № 3–4. С. 115–124.
6. *Повал Л.М.* Международно-правовые проблемы раздела экономического пространства Арктики // Арктика и Север. 2011. № 3.
7. Арктический регион: проблемы международного сотрудничества: хрестоматия: в 3 т. / под ред. И.С. Иванова. М.: Аспект Пресс, 2013. Т. 1. 360 с.
8. *Коньшев В.Н., Сергунин А.А.* Арктика в международной политике: сотрудничество или соперничество? М.: РИСИ, 2011.
9. *Лукин Ю.Ф.* Великий передел Арктики. – Архангельск, 2010.
10. Предложения к дорожной карте развития международно-правовых основ сотрудничества в Арктике: рабочая тетрадь / А.И. Вылегжанин (рук.) и др., гл. ред. И.С. Иванов. Российский совет по международным делам. М.: Спецкнига, 2013. 56 с.

### Arctic geopolitics and Russia's interests

*Alexandr Vyacheslavovich Semenov A.V., S.Yu. Witte Moscow University*

*Sergey Sergeevich Zhiltsov, S.Yu. Witte Moscow University, Peoples' Friendship University of Russia*

*Igor Sergeevich Zonn, S.Yu. Witte Moscow University, Scientific Center "Soyuzvodproekt"*

*Andrey Genadyevich Kostianoy, Yu. Witte Moscow University, P.P. Shirshov Institute of Oceanology*

*The article discusses the evolution of approaches of the Arctic states to the definition of the international legal status of the Arctic. For a long time the parties' positions were determined by technical and technological possibilities of development of hydrocarbon resources in the Arctic and the development of navigation. Because of opening up new opportunities for access to the Arctic Ocean the geopolitical situation in the Arctic Region has changed, which attracts attention of many countries. Under these conditions Russia is forced to change its policy in the Arctic, the situation in which the long-term interests directly affects.*

*Keywords: geopolitics, Arctic, Russia, the international legal status*

## ИССЛЕДОВАНИЕ СЕВЕРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ МЕТОДАМИ ГЕОИНФОРМАТИКИ

**Виктор Петрович Савиных**, д-р техн. наук, проф., президент  
Московского государственного университета геодезии и картографии,  
член-корреспондент РАН,  
Летчик-космонавт СССР, дважды Герой Советского союза,  
лауреат Государственной премии, лауреат премии Президента РФ,  
дважды лауреат премии Правительства РФ,  
Заслуженный деятель высшей школы, Почетный работник науки и техники,  
Заслуженный геодезист,  
академик Российской академии космонавтики им. К.Э. Циолковского (РАКЦ),  
Инженерной академии, Международной академии астронавтики,  
Международной академии наук Евразии  
E-mail: rektor@miigaik.ru  
Московский государственный университет геодезии и картографии  
<http://www.miigaik.ru>

**Виктор Яковлевич Цветков**, проф., д-р техн. наук, советник ректората,  
лауреат премии Президента РФ в области образования, лауреат премии Прави-  
тельства РФ,  
Заслуженный деятель науки и образования, Почетный работник науки  
и техники, Почетный работник высшего профессионального образования,  
Отличник геодезической службы,  
академик Российской академии информатизации образования (РАО),  
Российской академии космонавтики им. К.Э. Циолковского (РАКЦ),  
Российской академии естествознания (РАЕ),  
Международной академии наук Евразии (IEAS),  
советник  
E-mail: cvj2@mail.ru  
Московский государственный технический университет радиотехники,  
электроники и автоматики (МГТУ МИРЭА)  
<https://www.mirea.ru>

Статья об исследованиях северных территорий методами геоинформатики. Охарактери-  
зованы особенности геоинформатики как научного направления, интегрирующего разные научные  
дисциплины. Дано описание глобального мониторинга как основы исследования полярных терри-  
торий, а также носителей съемочной аппаратуры; особенностей орбит съемки; объектов ис-  
следования.

Ключевые слова: геоинформатика, дистанционное зондирование, геоданные, полярные тер-  
ритории.



**В.П. Савиных**

### Введение

Продуцирование новых научных теорий обеспечивает обществу адекватное взаимодействие с окружающей средой, повышает его устойчивость благодаря практическому использованию новых знаний в производстве и других сферах. Геоинформатика появилась на основе эмпирического познания как прикладная наука, связанная, в первую очередь, с решением практических задач [1, 2]. Однако потребность решения задач в различных предметных областях привела к необходимости интеграции знаний из этих областей в область геоинформатики.



Это создало механизм интеграции знаний на базе геоинформатики [3].

Интеграция не означает простое суммирование и объединение наборов теорий и технологий. Интеграция и геоинформатика этому яркий пример. Она основана на новых концепциях и методах, оптимально объединяющих разнообразие теоретических подходов, технологических решений и коллекций данных. Интеграция в геоинформатике дополняет и связывает различные науки в единый комплекс. Она позволяет осуществлять междисциплинарный перенос теоретических и технологических методов, чем существенно обогащает научное развитие в целом.

В реальных условиях при решении прикладных задач, в частности при работе с пространственно-распределенной информацией, может возникнуть ситуация, когда между методами разных наук нет внутренней связи и отсутствует единая концепция решения новых задач. Интеграция вообще, и в геоинформатике в частности, дает ключ к решению таких задач.

По мере развития и создания собственных методов исследования геоинформатика вышла на новый уровень как наука, которая кроме объяснения имеющихся эмпирических наблюдений может выдвигать новые идеи, ожидающие эмпирического воплощения. На определенном уровне развития геоинформатика стала обладать предсказательной функцией [4], т.е. способностью выдвигать проверяемые эмпирические высказывания.

В геоинформатике широко применяются методы геоинформационного визуального моделирования [5].

В геоинформатике исследуют и применяют пространственные отношения. В ней широко используют понятие «геореференция» как инструмент поиска, анализа и извлечения знаний [6]. В сферу геореференции входят, в частности, зависимости между любой информацией (например, документами, наборами данных, картами, изображениями, биографической информацией) и географической локализацией с помощью местонаименований, кодов места (например, почтовые коды), координат и других методов, описывающих пространственные связи и отношения [7].

**Глобальный мониторинг как основа исследования полярных территорий.** Для исследования Северных территорий России применяют космический мониторинг. Применение геоинформатики для исследования сложных территориальных объектов, к которым относятся полярные территории, дает дополнительный эффект по сравнению с чистым использованием ДДЗ.

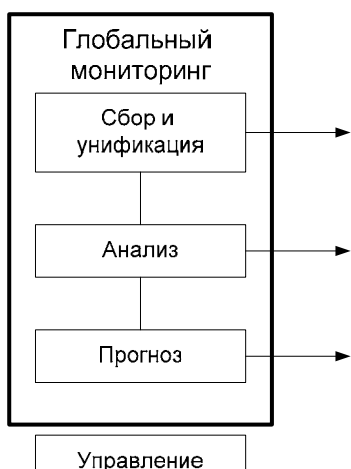


Рисунок 1 – Структурная схема глобального мониторинга

Глобальный мониторинг [8] – это мониторинг глобальных процессов, протекающих на земной поверхности, в околоземном пространстве, так и за пределами околоземного пространства. Поэтому основой такого мониторинга является космический мониторинг.

С появлением геоинформационных технологий задачи и функции мониторинга стали намного шире. Это привело к технологии и понятию геоинформационного мониторинга или *геомониторинга*. Геомониторинг возник как интеграция технологий космического мониторинга с геоинформационными и геоинформационными технологиями.

Глобальный мониторинг (рисунок 1) включает наблюдение за объектом, его взаимодействием с окружающей средой; оценку и прогноз взаимодействия объекта природопользования и среды; подготовку информации по выработке управляющих решений.

При использовании глобального геоинформационного мониторинга возможен



сбор данных из разных источников. Это приводит к необходимости не только сбора информации, но и ее унификации.

**Применение методов дистанционного зондирования в полярных географических исследованиях.** Особенностью многих методов дистанционного зондирования является то, что они являются технологиями двойного назначения и данные, получаемые с помощью этих методов, проходят предварительную фильтрацию на предмет выявления специальной информации.

Еще с конца 1950-х гг. военно-космической службой США был разработан план запуска спутников, который предусматривал выполнение разведывательных функций и дальнего обнаружения баллистических ракет. Спутники, снабженные фотооборудованием и ИК-датчиками, выводились на полярные орбиты, чтобы обеспечить непрерывное глобальное наблюдение.

С августа 1960 г. по май 1972 г. по программе CORONA были выведены на орбиту 145 спутников, которые собрали большой объем информации, представляющей интерес не только для разведки, но и картографии и географии. Первые спутники КН-1 (KEYHOLE – замочная скважина) обеспечивали разрешение наземных объектов около 12 м. Затем появились спутники КН-6, которые давали разрешение 1,5 м. Они выполняли обзорную съемку, так как на каждом снимке получалось изображение территории размером 20×190 км.

Позже появились системы более высокого разрешения, а затем стала осуществляться передача электронной информации и другие виды исследований. Но неизменным оставался запуск этих спутников на полярные орбиты. Таким образом, формально полярные области постоянно попадали в зону наблюдений спутников, но акцент наблюдений был смещен в сторону от исследований, которые бы могли способствовать развитию полярной географии.

Следует отметить ряд особенностей данных дистанционного зондирования, получаемых из космоса:

- информационные наборы ДДЗ – это файлы большого объема, для эффективной работы с которыми, необходимы значительные вычислительные ресурсы и носители информации;
- некоторые ДДЗ (радиолокационная съемка, тепловая съемка) нуждаются в предварительной геометрической, радиометрической и радиационной коррекции;
- ДДЗ имеют пространственную привязку.

Объекты полярной географии имеют значительные размеры, и их визуальное изучение возможно наиболее эффективно только методами геоинформатики и дистанционного зондирования. Наибольший интерес представляет исследование объектов полярных зон в видимом диапазоне, это соответствует диапазону длин волн электромагнитного излучения 0,37–0,77 мкм. В этом диапазоне информация собирается с помощью фотоснимков. Космические снимки являются одним из основных источников информации о природе объектов на земной поверхности. Фотографическую съемку поверхности Земли с высот более 150–200 км принято называть космической. Ее отличительной чертой является высокая степень обзорности, охват одним снимком больших площадей поверхности.

Дистанционным зондированием из космоса и эксплуатацией предназначенных для этого космических аппаратов и наземных средств приема в России занимаются ведомства Российского космического агентства (РКА), Минобороны, Роскартографии и Росгидромета. При этом гражданские спутники контролируются Российским космическим агентством. В России всего пять первичных производителей материалов зондирования из космоса:

- Центр конверсионных технологий (ЦКТ);
- Государственный научно-исследовательский и производственный центр «Природа» (Госцентр «Природа»);

- Межотраслевая ассоциация «Совинформспутник»;
- Научно-исследовательский центр изучения природных ресурсов НПО «Планета» (НИЦ ИПР);
- Научно-инженерный центр «Алмаз» НПО «Машиностроение» (НИЦ «Алмаз»).

Реально источников получения российских космических снимков больше, но другие источники являются вторичными.

США и страны Западной Европы накопили за годы холодной войны большие массивы снимков территории России. Военные фотографические съемки, проведенные США до 1972 г., в 1995 г. рассекречены. Они сделаны камерами серии КН с разрешением 1,5–12 м (КН-5 – 140 м). Образцы этих снимков есть в Интернете по <http://edcwww.cr.usgs.gov>. Но они слишком старые, тем не менее, как материал при изучении полярной географии они могут представлять интерес.

**Landsat.** Серия американских гражданских спутников Landsat [9] запускается с 1972 г. На них используется цифровая аппаратура MSS (Multispectral Scanner) и ТМ (Thematic Mapper):

- MSS: разрешение 80 м, 4 зоны спектра (зеленая, красная, две ближних инфракрасных);
- ТМ: разрешение 30 м, 7 зон спектра (синяя, зеленая, красная, ближняя инфракрасная (ИК), две средних ИК, дальняя ИК).

Размер кадра Landsat 185×170 км. Спутник постоянно ведет съемку полосы пролета, и данных на любую часть России очень много. Стоимость этих снимков – около 3000 \$ за кадр. В России их распространяет фирма «СП ДАТА+». Она имеет базы данных и специальные карты залетов, по которым можно найти любые подходящие снимки по времени, географическим координатам, облачности, углу съемки.

**SPOT.** Французские гражданские спутники серии SPOT [10] запускаются с 1986 г. Они находятся на околополярной солнечно-синхронной орбите, повторность снятия любой точки не реже 1 раза в 1–2 дня. На них используется цифровая аппаратура XS и P, ведущая два вида съемки:

- XS: разрешение 20 м, 3 зоны спектра (зеленая, красная, ближняя ИК);
- P: разрешение 10 м, панхроматическая съемка.

Ширина полосы съемки SPOT 60–80 км. Есть масса снимков на многие регионы России (разногодовые снимки). С апреля 1997 г. информация со SPOT непосредственно принимается и в России (станция НПО «Планета» в Обнинске). Стоимость каждого кадра SPOT 60×60 км около 2800 \$. За дополнительную плату можно заказать специальную съемку необходимой территории. В России снимки можно купить в Москве у представителя Spot Image – фирмы DERSI, а также в «СП ДАТА+».

Среди зарубежных радиолокационных систем следует отметить:

- RADARSAT [11] (Канада, с 1995 г.): дает наилучшее разрешение – от 9 м, ширина полосы съемки 50–500 км;
- SIR-C (США, 1994 г.): разрешение также от 9 м, ширина полосы съемки 15–90 км;
- JERS-1 (Япония): разрешение 18 м;
- Seasat (США): разрешение 25 м;
- ERS-1 и ERS-2 (Европа): разрешение 30 м.

Обработанные снимки RADARSAT стоят около 4000 \$, ERS – 300 экю (кадр 100×100 км). В России Radarsat и ERS можно приобрести в НИЦ Алмаз.

**Орбиты носителей.** При съемке земной поверхности существенную роль играет выбор орбиты полета ИСЗ. Для фотографирования Земли предпочтительными являются круговые орбиты, благодаря чему достигается одинаковый масштаб снимков по всей



трассе полета ИСЗ. Большое значение имеет наклонение орбиты – величина угла, образованного плоскостью экватора и плоскостью орбиты.

В зависимости от наклонения орбиты бывают экваториальными (наклонение  $0^\circ$ ), полярными (наклонение  $90^\circ$ ) и наклонными. При запуске ИСЗ на полярные (или квази-полярные) орбиты бортовая аппаратура используется для исследования всей земной поверхности. При углах наклона орбит до  $50\text{--}60^\circ$  приполярные области не попадают в поле зрения бортовой аппаратуры. Поэтому в полярной географии необходимо использование съемок, получаемых с ИСЗ, имеющих полярные орбиты.

Помимо круговых орбит, по которым обычно летают метеорологические спутники и орбитальные станции, для постоянного наблюдения за глобальными процессами на Земле, используются эллиптические орбиты с большой разницей высот в апогее и перигее. По отношению к Солнцу или Земле выделяют два вида орбит – геосинхронную и гелиосинхронную.

Геосинхронные (геостационарные) орбиты предназначены для движения спутника вокруг Земли с угловой скоростью, равной скорости вращения Земли, что обуславливает зависание спутника над определенным участком земной поверхности и постоянное наблюдение за ним.

Гелиосинхронные орбиты предназначены для повторных съемок одних и тех же участков земной поверхности при одинаковых условиях освещения через равные промежутки времени. Примером может служить американский спутник «Лэндсат», летающий по гелиосинхронной орбите и возвращающийся в исходную точку съемки через 18 суток.

Съемка с гелиосинхронных орбит может широко использоваться для изучения динамики современных геологических процессов. Трассы полетов ИСЗ по высоте могут быть подразделены на три группы:

- низкоорбитальные (200–400 км) используются при полете ПКК и орбитальных станций,
- среднеорбитальные (500–1500 км) – метеорологических и ресурсных ИСЗ;
- высокоорбитальные (30000–90000 км) – телекоммуникационных спутников и исследовательских станций, предназначенных для исследований космического пространства.

Для космического дистанционного зондирования возникают проблемы в высокоширотных зонах внутри пояса  $75\text{--}90^\circ$  северной широты. Не все автоматические спутники, управляемые космические корабли и станции проходят над высокоширотной Арктикой из-за ограниченного наклона орбиты. Спутники, которые достигают достаточно высоких широт, часто оборудованы только системами с низким пространственным разрешением.

**Объекты исследований.** Объектами исследований является акватория Ледовитого океана и северных морей, и следующие экосистемы: полярные пустыни, арктические и субарктические тундры, лесотундры, северная тайга. При проведении исследований определялся уровень антропогенной трансформации природных экосистем и факторы антропогенной трансформации.

Относительно невысокая, по сравнению с большинством стран мира, степень антропогенной трансформации северных экосистем на значительной территории России обусловлена тем, что многие экосистемы сохранились в неизменном виде и могут служить эталонами природных комплексов и процессов. К российскому сектору относится примерно треть площади Арктики. В качестве тестовых были выбраны два участка: Земля Франца-Иосифа и Новая Земля. Земля Франца-Иосифа – архипелаг на севере Баренцева моря, включающий около 190 островов. Свыше 85% поверхности покрыто ледниками, на остальной части арктические пустыни и тундра. Новая Земля – группа островов между Баренцевым и Карским морями. Около 25% покрыто льдом, остальное

арктические пустыни и тундра.

Островное оледенение высокоширотной Арктики быстро и активно реагирует на глобальные атмосферные изменения и, поэтому, является более чутким индикатором климатических перемен, чем ледники умеренных широт или громадные ледниковые покровы Антарктиды и Гренландии.

Современные результаты целого ряда гляциологических исследований ледниковых куполов в Арктике указывают на характерные признаки сокращения оледенения в регионе и развития обстановки в соответствии с упомянутым сценарием, который является далеко не самым пессимистичным. Поэтому сбор и анализ новых достоверных физико-географических данных о внешних воздействиях и природных изменениях (возможных и действительных), происходящих в акваториях Ледовитого океана и северных морей, наземных экосистемах (полярной пустыне, арктической и субарктической тундре), является одной из наиболее актуальных задач как национального, так и международного развития, прежде всего в связи с предстоящими изменениями климата и готовящимися планами «вторжения».

Сложность экологической ситуации на арктических территориях России обусловлена слабой восстановительной способностью природных компонентов на фоне постоянно растущего техногенного пресса со стороны горнодобывающей, нефтедобывающей и горноперерабатывающей промышленности, частых аварий на нефте- и газопроводах, буровых платформах и установках промышленных выбросов в атмосферу и сбросов сточных вод в реки и моря [12, 13].

Необходимо уточнить, что для мониторинга арктических территорий представляют интерес как количественные (пространственные, метрические) изменения объектов, так и качественные изменения их состояний. Например, образование новых пятен фирна в зоне абляции ледников или разрушение снежных мостов над ледниковыми трещинами.

Нерегулярность освещенности северного полярного региона создает дополнительные трудности для оптического дистанционного зондирования, которое практически бесполезно в течение долгой полярной ночи.

Интенсивные тени на космических изображениях, возникающие при сочетании низкого положения солнца и горного рельефа, затрудняют их обработку. На широте 81°20'N ежедневные вариации в высоте солнца над горизонтом, которые могли бы улучшить контраст, не превышают 17°, что не позволяет эффективно использовать их для получения изображений лучшей контрастности. Тепловые инфракрасные или тепловые микроволновые изображения свободны от этих недостатков, но обладают обычно более низким пространственным разрешением.

В работе [14] создана новая визуальная геоинформационная модель, названная «генетически-исторической». Такого рода модели применяют в информатике, но они не являются геоинформационными, а статистическими. В отличие от применяемых в геоинформатике картографических моделей, которые «непрозрачны» и закрывают одна другую, эта модель позволяет просматривать «исторические» слои, относящиеся к прошедшим периодам. Это дает возможность проводить качественный индикационный анализ и количественный анализ развития, какого либо явления.

Объектами космического мониторинга арктических территорий являются акватория Ледовитого океана, северных морей и следующие наземные экосистемы: полярные пустыни, арктические и субарктические тундры.

*Полярные пустыни.* Данный биом имеет циркумполярное размещение. В Северной Евразии распространен на островах и архипелагах Ледовитого океана (Северный остров Новой Земли, Земля Франца-Иосифа и др.). Ландшафтное разнообразие здесь обеднено, благодаря молодости поверхностей, экстремальности климата. В растительном покрове отмечается полное доминирование споровых растений – водорослей, лишайников и мхов с отдельными фрагментами цветковых растений.

*Арктические тундры.* Этот биом имеет циркумполярное распространение. В Европейской России арктические тундры представлены на островах Ледовитого океана (Южный остров Новой Земли, Колгуев и др.), а в Азиатской части России он образует сравнительно узкую полосу вдоль побережья Карского моря, моря Лаптевых, Северо-Восточного и Чукотского морей (полуострова – Ямал, Таймыр, побережье Якутии и Чукотки) и распространены на архипелагах – Новосибирские острова и Северная Земля.

*Субарктические тундры.* В структуре ландшафтов преобладают пятнистые и полигональные равнинные тундры, бугристые болота, заросли кустарников в долинах тундровых рек. Исключительно богата флора мхов (150–200 видов в отдельных пунктах). Локальная флора сосудистых растений по сравнению с предыдущим биомом возрастает более чем в 2 раза и составляет 250–300 видов на 100 км<sup>2</sup>.

При проведении мониторинговых исследований необходимо определять уровень антропогенной трансформации природных экосистем и факторы антропогенной трансформации. Кроме полностью трансформированных земель необходимо выявлять экосистемы, которые находятся на разных стадиях деградации или восстановления.

Арктические экосистемы характеризуются наиболее суровыми мерзлотными условиями, повсеместным распространением многолетних мерзлых горных пород, имеющих среднегодовые температуры преимущественно ниже  $-7^{\circ}\text{C}$ . В поймах, где растительный покров более богатый, куда зимой сносится большое количество снега, отмечаются более высокие (на  $1-1,5^{\circ}\text{C}$ ) температуры грунтов. Мощность снежного покрова на остальной территории невелика (до 15–20 см) из-за влияния сильных ветров, перераспределяющих и уплотняющих снег [15].

Экосистемы арктической пустыни и тундры малоустойчивы и легко нарушаются в результате антропогенного воздействия. В арктических пустынях преобладают каменистые пустыни, в растительном покрове – мхи и накипные лишайники. Основные типы тундры: кустарниковые (ива полярная, береза карликовая и др.), кочковатые (осоки), моховые, лишайники. Для фауны северных арктических областей характерны растительноядные млекопитающие (северный олень, заяц-беляк, лемминги и др.), белый медведь, песец, водоплавающие птицы, из насекомых – двукрылые.

Подъем северных территорий является первоочередной задачей на пути возрождения России, выхода ее из кризиса. В связи с предстоящим вводом в эксплуатацию шельфовых арктических месторождений и перевозками с Севера больших объемов углеводородов в России вновь ставится вопрос о целесообразности использования на арктических перевозках крупнотоннажных танкеров с ядерными энергетическими установками [12].

Значимость воздействия высокоширотных геофизических процессов на природные и антропогенные комплексы всех рангов – от глобального до локального, признается всеми учеными мира. Полярные регионы непосредственно вовлечены во все глобальные циклы и играют ключевую роль в поддержании природного динамического равновесия. Вместе с тем, большинство современных исследователей, занимающихся моделированием глобальных геофизических процессов, сходятся во мнении, что высокоширотная Арктика является тем уникальным регионом, где последствия нарушения динамического равновесия на нашей планете скажутся в первую очередь и в максимальной степени.

Например, глобальное потепление климата должно привести к существенно более высокому повышению средней температуры в Арктике, чем в каком-либо другом регионе. Подобные изменения могут вызвать целый ряд серьезных последствий, включая резкое сокращение ледового покрова Арктического бассейна, ослабление межширотного обмена воздушных масс и таяние многолетнемерзлых грунтов с увеличением атмосферного содержания газовых примесей, усиливающих парниковый эффект, что в свою очередь неизбежно приведет к дальнейшему глобальному потеплению и сопутствующим эффектам [16].



Островное оледенение высокоширотной Арктики быстрее и активнее реагирует на глобальные атмосферные изменения, и поэтому является более чутким индикатором климатических перемен, чем ледники умеренных широт или громадные ледниковые покровы Антарктиды и Гренландии. Современные результаты целого ряда гляциологических исследований ледниковых куполов в Арктике указывают на характерные признаки сокращения оледенения в регионе и развития обстановки в соответствии с упомянутым сценарием, который является далеко не самым пессимистичным.

Приледниковые гумидные районы зоны полярных пустынь представляют собой наиболее суровый вариант условий существования арктической тундры, что обуславливает резкое снижение качественного состава и видового разнообразия природных сообществ. Несмотря на сравнительную бедность органического мира высокоширотной Арктики, он отличается исключительной цельностью и своеобразием и вместе с тем крайне малой устойчивостью к внешним воздействиям, что необходимо учитывать при хозяйственном освоении территории. В соответствии с принципами оценки состояния экосистем, предложенными С.А. Сладкопевцевым [17], показателями малой устойчивости природных сообществ арктических пустынь могут служить суровость климата, прерывистость стока и низкие температуры поверхностных вод, рыхлость, трещиноватость и текучесть грунтов, значительные уклоны рельефа и активность экзогенных процессов, малые мощности, низкая гумусность и бесструктурность почв, малый объем фитомассы и слабое проективное покрытие растительности. Относительная молодость природных ассоциаций высокоширотной Арктики, подтверждающаяся слабым развитием локального эндемизма и всей историей геологического развития региона, также может служить признаком высокой лабильности и низкой регенерационной способности высокоарктических экосистем.

Суровая окружающая среда и удаленность от экономически развитых регионов до последнего времени надежно защищали природу высокоширотной Арктики от значительного антропогенного воздействия. Но времена меняются, и промысловые суда все чаще стали появляться в водах Арктического бассейна, преследуя косяки рыб и стада морских животных, спасающихся на Крайнем Севере от полного уничтожения. Притягательная сила первозданной природы, ландшафтное своеобразие Заполярья и героика покорения Северного Полюса, а также возросшая на базе недавних политических изменений в мире активность транспортных и туристических агентств усилили приток туристов и авантюристов в этот ранее недоступный для них регион.

Многочисленные межконтинентальные воздушные и морские линии были проложены через высокоширотную Арктику за последние несколько десятков лет. Кроме того, этот регион является областью стратегических интересов ряда современных военных доктрин и включает несколько полигонов по испытанию ядерного оружия. Уже сегодня некоторые пустынные территории Заполярья могут быть объявлены районами экологического бедствия по причине радиоактивного заражения местности и складирования отходов в зонах ядерных испытаний, загрязнения прибрежных вод продуктами отработки дизельного топлива, свалок в районах военного присутствия и деятельности по разведке и добыче полезных ископаемых. Благодаря открытию нескольких богатых месторождений на шельфе Баренцева моря, интерес к нефтяным и газовым ресурсам Крайнего Севера в последние годы резко возрос. Планы их промышленной эксплуатации уже разрабатываются в Европе. Это является особо беспокоящим обстоятельством, так как грубое вторжение человека с его техникой в природу высокоширотной Арктики может спровоцировать целый ряд негативных последствий и привести хрупкие арктические экосистемы к гибели. Аккомодация человека на «окраине жизни» обязательно должна сопровождаться мероприятиями по защите окружающей среды и консервации уникальных природных объектов и их комплексов. Координация национальных намерений в соответствии с международной деятельностью и правом и осуществление совместных интернациональных природоохранных мероприятий является наиболее

плодотворным путем для эффективной организации защиты окружающей среды крупных регионов. Однако, до сих пор, международная стратегия по охране природы высокоширотной Арктики не выработана полностью [18].

### Заключение

Использование методов геоинформатики и космических методов [19] повышает качество экологического мониторинга земной поверхности, а также прогнозов. Преимущество геоинформатики – использование геоданных, которые являются системным информационным ресурсом [20]. Это создает условия для большей систематизации результатов исследований и для выявления системных свойств объектов исследований.

Подъем северных территорий является первоочередной задачей на пути выхода России из кризиса. Детальная база данных о современном состоянии Крайнего Севера является необходимой для познания закономерностей и особенностей природных процессов. При современном развитии технологий космического дистанционного зондирования земной поверхности вопрос об основном источнике данных для мониторинга высокоширотной Арктики решается однозначно, но проблема эффективного использования разнообразной космической информации для изучения и картографирования арктического региона остается достаточно острой, так как единой законченной комплексной методики, использующей все возможности таких данных, на настоящий момент не существует.

### Литература

1. *Цветков В.Я.* Геоинформационные системы и технологии. – М.: Финансы и статистика, 1998. – 288 с.
2. *Heywood I., Cornelius S., Carver St.* An introduction to Geographical Information Systems / Third Edition / Pearson Education Limited, 2006. 426 p.
3. *Максудова Л.Г., Савиных В.П., Цветков В.Я.* Интеграция наук об окружающем мире в геоинформатике // Исследование Земли из космоса. 2000. № 1. С. 46–50.
4. *Савиных В.П., Цветков В.Я.* Геоинформационный анализ данных дистанционного зондирования. – М.: Картоцентр-Геодиздат, 2001. 224 с.
5. *Цветков В.Я.* Основы геоинформационного моделирования // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 1999. № 4. С. 147–157.
6. *Hill Linda L.* Georeferencing: The Geographic Associations of Information. – Cambridge; Massachusetts; London: The MIT Press, 2009. 272 p.
7. *Майоров А.А., Цветков В.Я.* Геореференция как применение пространственных отношений в геоинформатике // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2012. № 3. С. 87–89.
8. *Tsvetkov V.Ya.* Global Monitoring // European Researcher. 2012. Vol. (33). № 11–1. P. 1843–1851.
9. *Chander G., Markham B.* Revised Landsat-5 TM Radiometric Calibration Procedures and Postcalibration Dynamic Ranges // Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on. 2003. Т. 41. № 11. С. 2674–2677.
10. *Chevrel M., Courtois M., Weill G.* The SPOT Satellite Remote Sensing Mission // Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 1981. Т. 47. С. 1163–1171.
11. *Shao Y. et al.* Rice Monitoring and Production Estimation Using Multitemporal RADARSAT // Remote Sensing of Environment. 2001. Т. 76. № 3. С. 310–325.
12. Нефть, газ Арктики // Материалы международной научно-технической конференции / под ред. В.П. Гаврилова. М.: Интерконтакт Наука, 2007. 352 с.
13. *Николаев М.Е.* Арктика в системе ценностей Планеты // Ресурсы регионов России. М.: ВНИИЦ, 1999.
14. *Милованова М.С.* Разработка содержания и технологии геоинформационного обеспечения космического топографического мониторинга арктических территорий: дис. ... канд. техн. наук по специальности: 25.00.35 «Геоинформатика». М.: МГУГиК, 2012. 180 с.
15. Геокриология СССР. Западная Сибирь / под ред. Э.Д. Ершова. М.: Недра, 1989. 454 с.
16. *Савиных В.П., Шаров А.И.* Картографирование изменений приливных ледников Шпицбергена по данным спутниковой интерферометрии и альтиметрии. Комплексные исследования

Арктики. М.: МИИГАиК, 2006. С. 243–260.

17. Савиных В.П., Малинников В.А., Сладкопевцев С.А., Цыпина Э.М. География из космоса. М.: МИИГАиК, 2000.

18. Савиных В.П. Комплексные исследования Арктики с использованием данных дистанционного зондирования. М.: МИИГАиК, 2006. 266 с.

19. Савиных В.П., Цветков В.Я. Особенности интеграции геоинформационных технологий и технологий обработки данных дистанционного зондирования // Информационные технологии. 1999. № 10. С. 36–40.

20. Савиных В.П., Цветков В.Я. Геоданные как системный информационный ресурс // Вестник Российской Академии наук. 2014. Т. 84. № 9. С. 826–829.

### Study northern territories by methods of geoinformatics

*Viktor Petrovich Savinych, Doctor of Technical Sciences, Professor, President of the Moscow State University of Geodesy and Cartography  
Moscow State University of Geodesy and Cartography  
Moscow, Russia*

*Viktor Yakovlevich Tsvetkov, Professor, Doctor of Technical Sciences  
Adviser Rector Moscow State Institute of Radio Engineering, Electronics and Moscow State Technical University of Radio Engineering, Electronics and Automation (MSTU MIREA)  
Moscow, Russia*

*This article describes a study of the northern territories methods of geoinformatics. It characterizes the features of Geoinformatics as a scientific direction, integrating the different scientific disciplines. It describes a global monitoring framework studies of polar areas. Media described imaging equipment, the features of the orbits of the shooting. It describes the objects of study.*

*Keywords: Geoinformatics, remote sensing, geodata, polar territory.*

УДК 004.72

## ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ КОНСОЛИДАЦИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ, ТЕХНОГЕННЫХ И СОЦИАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ

*Александр Алексеевич Зацаринный, д-р техн. наук, проф.,  
заместитель директора по научной работе  
E-mail: AZatsarinny@ipiran.ru*

*Александр Петрович Шабанов, д-р техн. наук, старший научный сотрудник,  
ведущий научный сотрудник  
E-mail: AShabanov@ibs.ru*

*Институт проблем информатики РАН  
<http://www.ipiran.ru>*



В статье с позиции консолидированной деятельности организационных систем – ведомств и предприятий – рассматриваются организационно-технологические вопросы оказания информационной поддержки для подготовки прогнозов об угрозах, обусловленных неблагоприятными и опасными природными и техногенными процессами и явлениями.

*Ключевые слова:* угроза, прогноз, ситуационный центр, деятельность, информация, риски.

## Введение

Современное общество развивается и интенсивно, и одновременно противоречиво, а значит – непредсказуемо. Перемежающиеся финансово-экономические взлеты и кризисы; противоречивые прогнозы, связанные с развитием мировой экономики; череда социальных взрывов, прежде всего, в Северной Африке, на Ближнем Востоке и, особенно, на Украине – абсолютно непредсказуемый социальный, политический и экономический кризис у нашего ближайшего соседа. Кроме того, наблюдается неопределенность и в стратегических



А.А. Зацаринный

вопросах, касающихся будущего России (зависимость экономики от экспорта энергоносителей, затянувшиеся реформы в образовании, пенсионная реформа, реформа Российской академии наук). Все эти и многие другие «неожиданности» – прямое следствие управленческих решений, которые принимались на государственном уровне без учета результатов и выводов научно обоснованных аналитических прогнозов. В связи с этим *проблема консолидации информационных ресурсов* различных организационных систем – ведомств и предприятий, учреждений и организаций, для поддержки прогнозирования рисков от влияния опасных природных, техногенных и социальных процессов сегодня крайне *актуальна* [1–4]. В статье рассматривается *технология* информационной поддержки деятельности организационных систем, основанная на *прогнозировании рисков*, обусловленных влиянием природных, техногенных и социальных процессов. Реализация технологии осуществляется на базе распределенной системы ситуационных центров организационных систем, чьи информационные ресурсы консолидируются.



А.П. Шабанов

основных положениях технологии

## Основные положения технологии

Технология информационной поддержки деятельности организационных систем разработана с соблюдением следующих основных положений:

1. Осуществляется *консолидация* информационных ресурсов различных организационных систем. Информационные ресурсы сосредоточены в центрах управления, ситуационно-аналитических центрах, центрах технической поддержки и аналитических центрах (далее по тексту, ситуационных центрах), входящих в состав организационных систем как подразделение или функционирующих в соответствии с договором. Ситуационные центры обеспечивают непрерывность деятельности организационных систем (рисунок 1).

2. *Прогнозирование* рисков осуществляется в ситуационных центрах с учетом влияния на деятельность организационных систем (ОС) природных, техногенных и социальных процессов (рисунок 2). Прогнозы составляются на основе анализа соотношений нормированного и фактического состояния деятельности.

3. Существует взаимное влияние (*корреляция*) природных, техногенных и социальных процессов. Каждый процесс представляет собой объект наблюдения для ситуационных центров (рисунок 3). Объектами наблюдения являются материальные и нематериальные объекты организационных систем, внешней среды (природы) и субъекты, которые влияют на состояние деятельности организационной системы или отражают результаты этой деятельности. Объекты наблюдения размещаются как в контролируемом пространстве, так и с возможностью удаленного управления и наблюдения над ними. В состав ин-

формации об объектах наблюдения входят сведения о физических, логических, информационных, территориальных, конструктивных, организационных и других типах связи.

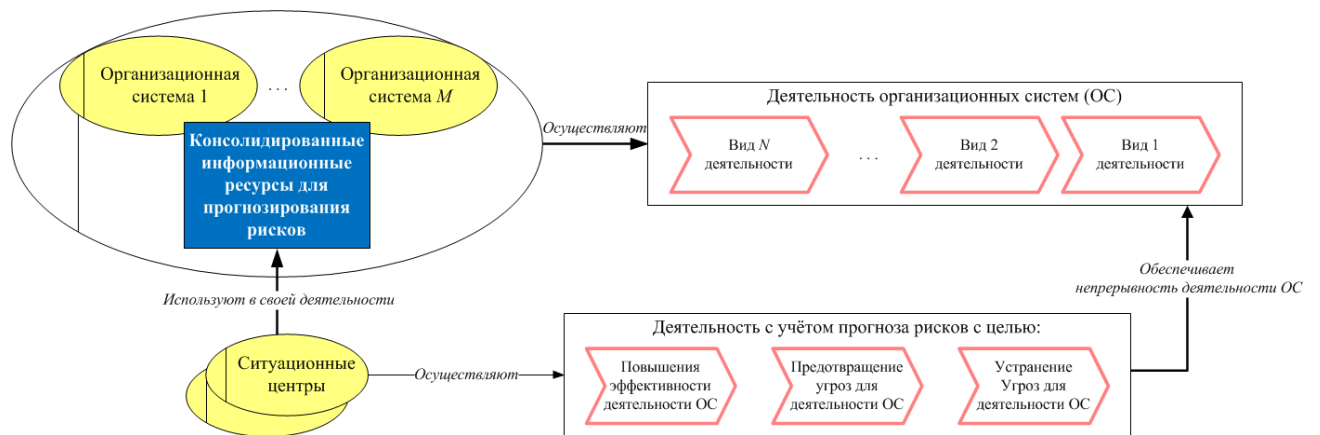


Рисунок 1 – Консолидация информационных ресурсов организационных систем

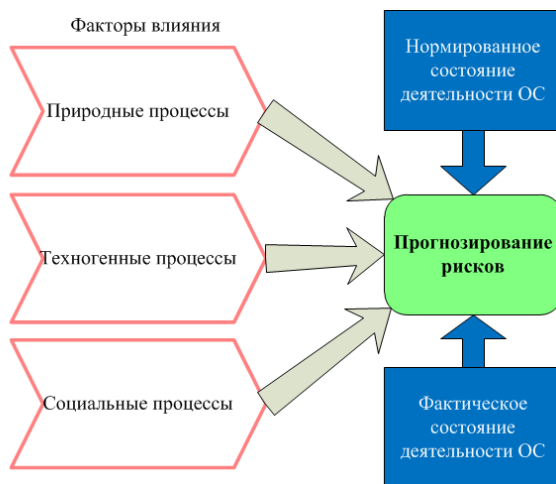


Рисунок 2 – Прогнозирование рисков для деятельности организационных систем



Рисунок 3 – Корреляция природных, техногенных и социальных процессов

4. Информационная поддержка деятельности организационных систем реализуется циклически и поэтапно. В каждом цикле выполняются следующие этапы:

а) *формирование* информации:

- о нормированных показателях и состояниях объектов наблюдения (природных, техногенных и социальных процессов) с учетом их влияния на деятельность организационной системы;

- о критических и допустимых рисках для деятельности организационной системы;

- о сценариях принятия решений, в зависимости от прогнозов ситуаций, которые априорно могут возникнуть в природной, техногенной и социальной сферах;

б) *установление* объектов наблюдения в нормированные состояния (для управляемых объектов наблюдения);

в) *определение* фактических показателей объектов наблюдения;

г) *формирование* информации о фактических показателях и состояниях объектов наблюдения;

д) *прогнозирование* рисков для деятельности организационной системы (проведение оценки эффективности деятельности);

е) *определение* сценария принятия решения в зависимости от прогноза;

ж) *применение* сценария – установление объектов наблюдения, оказывающих влияние на деятельность организационной системы, в состоянии, соответствующем командам, содержащимся в сценарии (для управляемых объектов наблюдения);

з) *объекты наблюдения* – объекты природной, техногенной и социальной сфер, в отношении которых выполняются следующие действия: измеряют показатели и преобразуют их в данные. Объекты наблюдения характеризуются состоянием.

5. В основу рабочего проектирования данной технологии положены следующие технические решения:

- «Способ поддержки деятельности организационных систем» [5];
- «Система ситуационно-аналитических центров организационных систем» [6];
- «Центр управления организационной системы» [7].

### Показатели прогнозирования рисков

Прогнозирование осуществляется по иерархическому принципу:

- прогнозирование видов деятельности в *каждой* организационной системе;
- прогнозирование видов деятельности консолидированных организационных систем – организационных систем, чьи информационные ресурсы, относящиеся к сфере природных, техногенных и социальных процессов консолидированы;

- прогнозирование деятельности консолидированных организационных систем в целом.

Прогнозирование рисков производится с применением нормированных, фактических, критических и допустимых показателей, приведенных в таблице 1.

**Таблица 1 – Показатели прогнозирования**

| Показатель  | Описание  |
|---|---|
| $N$   | Число видов деятельности организационной системы  |
| $n = 1, 2, \dots, N$                              | Номер вида деятельности организационной системы   |
| $M$   | Число организационных систем, чьи информационные ресурсы консолидированы  |
| $m = 1, 2, \dots, M$                              | Номер организационной системы   |
| $D$ и $D^*$                                       | Соответственно нормированный и фактический показатели состояния деятельности консолидированных организационных систем в целом   |
| $D_n$ и $D_n^*$                                   | Соответственно нормированный и фактический показатели состояния $n$ -го вида деятельности консолидированных организационных систем  |
| $S_{nm}$ и $S_{nm}^*$                             | Соответственно нормированный и фактический показатели состояния $n$ -го вида деятельности в $m$ -ой организационной системе   |
| $\alpha_n$ и $\beta_{nm}$                         | Соответственно приоритет $n$ -го вида деятельности консолидированных организационных систем и приоритет $n$ -го вида деятельности, осуществляемой в $m$ -ой организационной системе   |
| $\Delta D^*$ , $\Delta D_n^*$ и $\Delta S_{nm}^*$ | Фактические показатели риска соответственно для деятельности консолидированных организационных систем в целом, $n$ -го вида деятельности консолидированных организационных систем и $n$ -го вида деятельности в $m$ -ой организационной системе   |
| $\Delta D_{\text{крит.}}$                         | Критический показатель риска для деятельности консолидированных организационных систем в целом, по сравнению с которым снижение фактического показателя $\Delta D^*$ означает существование угрозы для деятельности консолидированных организационных систем в целом и необходимости принятия действий по ликвидации угрозы       |
| $\Delta D_{\text{доп.}}$                          | Допустимый показатель риска для деятельности консолидированных организационных систем в целом, по сравнению с которым снижение фактического показателя $\Delta D^*$ означает возможность появления угрозы для деятельности консолидированных организационных систем и необходимости принятия действий по недопущению ее появления |
| $\Delta D_{n\text{-крит.}}$                       | Критический показатель риска для $n$ -го вида деятельности консолидированных организационных систем, по сравнению с которым снижение фактического показателя $\Delta D_n^*$ означает существование угрозы для этого вида деятельности консолидированных организационных систем и необходимости принятия действий по ее ликвидации |

| Показатель            | Описание  |
|-----------------------|---|
| $\Delta D_{n-доп.}$   | Допустимый показатель риска для $n$ -го вида деятельности консолидированных организационных систем, по сравнению с которым снижение фактического показателя $\Delta D^*_n$ означает возможность появления угрозы для этого вида деятельности консолидированных организационных систем и необходимости принятия действий по недопущению ее появления |
| $\Delta S_{nm-крит.}$ | Критический показатель риска для $n$ -го вида деятельности $m$ -ой организационной системы, по сравнению с которым снижение фактического показателя $\Delta S^*_{nm}$ означает существование угрозы для этого вида деятельности в данной организационной системе и необходимости принятия действий по ее ликвидации                                 |
| $\Delta S_{nm-доп.}$  | Допустимый показатель риска $n$ -го вида деятельности $m$ -ой организационной системы, по сравнению с которым снижение фактического показателя $\Delta S^*_{nm}$ означает возможность появления угрозы для этого вида деятельности в данной организационной системе и необходимости принятия действий по недопущению ее появления                   |

Исходной информацией для определения показателей риска для деятельности организационных систем являются фактические и нормированные показатели объектов наблюдения. Нормированные показатели объектов наблюдения определяются в проектах по консолидации информационных ресурсов организационных систем, на базе существующих или разрабатываемых ситуационных центров, уточняются в ходе испытаний и при их вводе в промышленную эксплуатацию. Фактические показатели объектов наблюдения измеряются с помощью компонентов мониторинга ситуационных центров. Например, для мониторинга объектов информационных систем и систем передачи данных с помощью центра мониторинга устойчивости информационных систем [8]. В таблице 2 приведены показатели объектов наблюдения и показатели их состояния.

Таблица 2 – Показатели объектов наблюдения и показатели их состояния

| Показатель  | Описание   |
|---|--|
| $K$   | Число объектов наблюдения в зоне ответственности консолидированных организационных систем  |
| $k = 1, 2, \dots, K$  | Номер объекта наблюдения   |
| $L_k$   | Число показателей $k$ -го объекта наблюдения   |
| $l = 1, 2, \dots, L_k$  | Номер показателя $k$ -го объекта наблюдения  |
| $V^l_k$ и $V^{*l}_k$ , $V^l_{nmk}$ и $V^{*l}_{nmk}$ , $V_{nmk}$ и $V^*_{nmk}$ | Соответственно нормированный и фактический $l$ -ый показатель $k$ -го объекта наблюдения, нормированный и фактический $l$ -ый показатель $k$ -го объекта наблюдения с учетом его влияния на $n$ -ый вид деятельности в $m$ -ой организационной системе, нормированный и фактический показатель состояния $k$ -го объекта наблюдения с учетом его влияния на $n$ -ый вид деятельности в $m$ -ой организационной системе |
| $\Delta V^{*l}_{nmk}$   | Отклонение фактического $l$ -го показателя от нормированного $l$ -го показателя $k$ -го объекта наблюдения, который оказывает влияние на $n$ -ый вид деятельности, осуществляемой в $m$ -ой организационной системе  |
| $\mu^l_k$ и $\gamma_{nmk}$  | Соответственно приоритет $l$ -го показателя $k$ -го объекта наблюдения и приоритет $k$ -го объекта наблюдения с учетом его влияния на $n$ -ый вид деятельности в $m$ -ой организационной системе   |

### Расчетные соотношения

При прогнозировании риска для деятельности консолидированных организационных систем в целом используются соотношения:

$$\Delta D^* = D^* / D; \tag{1}$$

$$D^* = \alpha_1 D^*_1 + \alpha_2 D^*_2, + \dots + \alpha_N D^*_N; \tag{2}$$

$$D = \alpha_1 D_1 + \alpha_2 D_2, + \dots + \alpha_N D_N. \tag{3}$$



При прогнозировании риска для видов деятельности консолидированных организационных систем используются соотношения:

$$\Delta D^*_n = D^*_n / D_n; \tag{4}$$

$$D^*_n = \beta_{n1}S^*_{n1} + \beta_{n2}S^*_{n2}, + \dots + \beta_{nM}S^*_{nM}; \tag{5}$$

$$D_n = \beta_{n1}S_{n1} + \beta_{n2}S_{n2}, + \dots + \beta_{nM}S_{nM}; \tag{6}$$

При прогнозировании риска для видов деятельности в каждой организационной системе используются соотношения:

$$\Delta S^*_{nm} = S^*_{nm} / S_{nm}; \tag{7}$$

$$S^*_{nm} = \gamma_{nm1}V^*_{nm1} + \gamma_{nm2}V^*_{nm2}, + \dots + \gamma_{nmK}V^*_{nmK}; \tag{8}$$

$$S_{nm} = \gamma_{nm1}V_{nm1} + \gamma_{nm2}V_{nm2}, + \dots + \gamma_{nmK}V_{nmK}. \tag{9}$$

Для оценки показателей фактического состояния  $k$ -го объекта наблюдения, который оказывает влияние на  $n$ -ый вид деятельности, осуществляемой в  $m$ -ой организационной системе, используются следующие соотношения:

$$V^*_{nmk} = \mu^1_k(V^1_{nmk} - \Delta V^*1_{nmk}) + \mu^2_k(V^2_{nmk} - \Delta V^*2_{nmk}) + \dots + \mu^{L-k}_k(V^{*L-k}_{nmk} - V^{L-k}_{nmk}); \tag{10}$$

$$\Delta V^*l_{nmk} = |V^l_{nmk} - V^{*l}_{nmk}|; \tag{11}$$

$$V_{nmk} = \mu^1_k V^1_{nmk} + \mu^2_k V^2_{nmk}, + \dots + \mu^{L-k}_k V^{L-k}_{nmk}. \tag{12}$$

На основе результатов прогнозирования рисков (1)–(12) для деятельности организационных систем:

- определяются сценарии принятия решений;
- определяются, передаются на исполнение и исполняются команды, предназначенные для управления объектами, которые влияют на деятельность организационных систем.

В таблице 3 показана классификация сценариев принятия решений и команд управления.

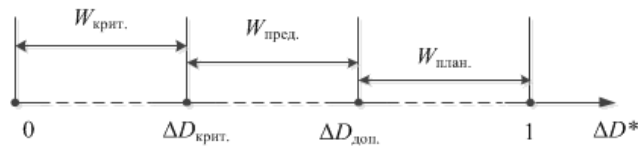
Таблица 3 – Классификация сценариев принятия решений

| Классификатор сценария                              | Описание содержания классификатора   |
|---|--|
| $W_{nm}$ -норм.                                     | Множество сценариев принятия решений, предназначенных для установления нормированного состояния $n$ -го вида деятельности в $m$ -ой организационной системе;<br>$n = 1, 2, \dots, N; m = 1, 2, \dots, M$   |
| $W^{y0}_{nm}$ -норм.                                | Множество команд управления, предназначенных для установления нормированного состояния $n$ -го вида деятельности в $m$ -ой организационной системе;<br>$y0 = 1, \dots, Y_{nm}$ -норм   |
| $W_{крит.}, W_{пред.}$ и $W_{план.}$                | Множества соответственно критических, предупреждающих и плановых сценариев принятия решений, предназначенных соответственно для ликвидации угрозы, для предотвращения угрозы и для повышения эффективности деятельности консолидированных организационных систем в целом   |
| $W^{q1}_{крит.}, W^{q2}_{пред.}$ и $W^{q3}_{план.}$ | Множества соответственно критических, предупреждающих и плановых команд управления, предназначенных соответственно для ликвидации угрозы, для предотвращения угрозы и для повышения эффективности консолидированных организационных систем в целом;<br>$q1 = 1, \dots, Q_{крит.}; q2 = 1, \dots, Q_{пред.}; q3 = 1, \dots, Q_{план}$ |
| $W_{n-крит.}, W_{n-пред.}$ и $W_{n-план.}$          | Множества соответственно критических, предупреждающих и плановых сценариев принятия решений, предназначенных соответственно для ликвидации угрозы, для предотвращения угрозы и для повышения эффективности $n$ -го вида деятельности консолидированных организационных систем;<br>$n = 1, 2, \dots, N$                               |

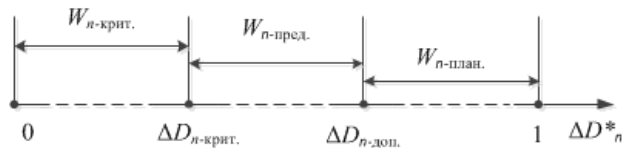
| Классификатор сценария  | Описание содержания классификатора   |
|---|--|
| $W_{n-крит.}^{u1}$ , $W_{n-пред.}^{u2}$ и $W_{n-план.}^{u3}$ .    | Множества соответственно критических, предупреждающих и плановых команд управления, предназначенных соответственно для ликвидации угрозы, для предотвращения угрозы и для повышения эффективности $n$ -го вида деятельности консолидированных организационных систем;<br>$u1 = 1, \dots, U_{n-крит.}$ ; $u2 = 1, \dots, U_{n-пред.}$ ; $u3 = 1, \dots, U_{n-план}$ |
| $W_{nm-крит.}$ , $W_{nm-пред.}$ и $W_{nm-план.}$ .                | Множества соответственно критических, предупреждающих и плановых сценариев принятия решений, предназначенных соответственно для ликвидации угрозы, для предотвращения угрозы и для повышения эффективности $n$ -го вида деятельности в $m$ -ой организационной системе;<br>$n = 1, 2, \dots, N$ ; $m = 1, 2, \dots, M$   |
| $W_{nm-крит.}^{y1}$ , $W_{nm-пред.}^{y2}$ и $W_{nm-план.}^{y3}$ . | Множества соответственно критических, предупреждающих и плановых команд управления, предназначенных соответственно для ликвидации угрозы, для предотвращения угрозы и для повышения эффективности $n$ -го вида деятельности в $m$ -ой организационной системе<br>$y1 = 1, \dots, Y_{nm-крит.}$ ; $y2 = 1, \dots, Y_{nm-пред.}$ ; $y3 = 1, \dots, Y_{nm-план}$      |

**Правила определения сценариев принятия решения**

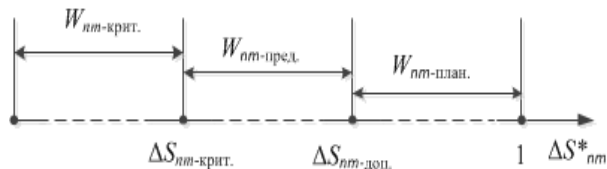
На рисунках 4–6 приведены диаграммы, поясняющие подход в рассматриваемой технологии к определению состояния деятельности организационной системы и в дальнейшем к определению сценариев принятия решения, соответствующих данному состоянию и сложившейся ситуации, описываемой показателями объектов наблюдения.



**Рисунок 4 – Соотношения сценариев в зависимости от критических и допустимых показателей риска (пример 1).** Выбор одного из множества сценариев ( $W_{крит.}$ ,  $W_{пред.}$ ,  $W_{план.}$ ), из числа которых определяется сценарий принятия решения, производится в зависимости от области размещения показателя риска ( $0 - \Delta D_{крит.}$ ;  $\Delta D_{крит.} - \Delta D_{доп.}$ ;  $\Delta D_{доп.} - 1$ )



**Рисунок 5 – Соотношения сценариев в зависимости от критических и допустимых показателей риска (пример 2).** Выбор одного из множества сценариев ( $W_{n-крит.}$ ,  $W_{n-пред.}$ ,  $W_{n-план.}$ ), из числа которых определяется сценарий принятия решения, производится в зависимости от области размещения показателя риска ( $0 - \Delta D_{n-крит.}$ ;  $\Delta D_{n-крит.} - \Delta D_{n-доп.}$ ;  $\Delta D_{n-доп.} - 1$ )



**Рисунок 6 – Соотношения сценариев в зависимости от критических и допустимых показателей риска (пример 3).** Выбор одного из множества сценариев ( $W_{nm-крит.}$ ,  $W_{nm-пред.}$ ,  $W_{nm-план.}$ ), из числа которых определяется сценарий принятия решения, производится в зависимости от области размещения показателя риска ( $0 - \Delta S_{nm-крит.}$ ;  $\Delta S_{nm-крит.} - \Delta S_{nm-доп.}$ ;  $\Delta S_{nm-доп.} - 1$ )

Как видно из приведенных выше диаграмм, в основе применения рассматриваемой системы показателей лежат критерии прогнозирования рисков для деятельности органи-

зационных систем в трехуровневом измерении:

- прогнозирование риска для видов деятельности в каждой организационной системе;
- прогнозирование риска для видов деятельности консолидированных организационных систем;
- прогнозирование риска для деятельности консолидированных организационных систем в целом.

При выборе сценария принятия решения и соответствующих этому сценарию команд управления используются следующие правила:

1. В исходном состоянии из множества  $W_{n\text{-норм.}}$  нормированных сценариев принятия решений определяют и исполняют команды  $W^{y_0}_{n\text{-норм.}}$ , предназначенные для установления нормированного состояния  $n$ -го вида деятельности в  $m$ -ой организационной системе:

$$W_{n\text{-норм.}} = \{W^1_{n\text{-норм.}}; W^2_{n\text{-норм.}}; \dots; W^{y_0}_{n\text{-норм.}}\},$$

где  $y_0 = 1, 2, \dots, Y_{n\text{-норм.}}$ .

Принимают, что при выполнении этих команд показатели состояния видов деятельности и показатели состояния деятельности консолидированных организационных систем в целом также будут нормированными.

2. В ходе деятельности организационных систем, если фактический показатель  $\Delta D^*$  риска для деятельности консолидированных организационных систем в целом меньше соответствующего критического показателя  $\Delta D_{\text{крит.}}$ :

$$0 \leq \Delta D^* < \Delta D_{\text{крит.}},$$

то из множества  $W_{\text{крит.}}$  критических сценариев принятия решений определяют и исполняют команды  $W^{q_1}_{\text{крит.}}$ , предназначенные для ликвидации последствий реализации угроз для деятельности консолидированных организационных систем в целом:

$$W_{\text{крит.}} = \{W^1_{\text{крит.}}; W^2_{\text{крит.}}; \dots; W^{q_1}_{\text{крит.}}\},$$

где  $q_1 = 1, 2, \dots, Q_{\text{крит.}}$ .

3. В ходе деятельности организационных систем, если фактический показатель  $\Delta D^*$  риска для деятельности консолидированных организационных систем в целом не меньше соответствующего критического показателя  $\Delta D_{\text{крит.}}$  и меньше соответствующего допустимого показателя  $\Delta D_{\text{доп.}}$ :

$$\Delta D_{\text{крит.}} \leq \Delta D^* < \Delta D_{\text{доп.}},$$

то из множества  $W_{\text{пред.}}$  предупреждающих сценариев определяют и исполняют команды  $W^{q_2}_{\text{пред.}}$ , предназначенные для предотвращения угроз для деятельности консолидированных организационных систем в целом:

$$W_{\text{пред.}} = \{W^1_{\text{пред.}}; W^2_{\text{пред.}}; \dots; W^{q_2}_{\text{пред.}}\},$$

где  $q_2 = 1, 2, \dots, Q_{\text{пред.}}$ .

4. В ходе деятельности организационных систем, если фактический показатель  $\Delta D^*$  риска для деятельности консолидированных организационных систем в целом не меньше соответствующего допустимого показателя  $\Delta D_{\text{доп.}}$  и меньше единицы:

$$\Delta D_{\text{доп.}} \leq \Delta D^* < 1,$$

то из множества  $W_{\text{план.}}$  плановых сценариев определяют и исполняют команды  $W^{q_3}_{\text{план.}}$ , предназначенные для повышения эффективности деятельности консолидированных организационных систем в целом:

$$W_{\text{план.}} = \{W^1_{\text{план.}}; W^2_{\text{план.}}; \dots; W^{q_3}_{\text{план.}}\},$$

где  $q_3 = 1, 2, \dots, Q_{\text{план.}}$ .

5. В ходе деятельности организационных систем, если фактический показатель  $\Delta D_n^*$  риска для  $n$ -го вида деятельности консолидированных организационных систем меньше соответствующего критического показателя  $\Delta D_{n\text{-крит.}}$ :

$$0 \leq \Delta D_n^* < \Delta D_{n\text{-крит.}},$$

то из множества  $W_{n\text{-крит.}}$  критических сценариев определяют и исполняют команды  $W^{n1}_{n\text{-крит.}}$ , предназначенные для ликвидации последствий реализованных угроз  $n$ -му виду деятельности консолидированных организационных систем:

$$W_{n\text{-крит.}} = \{W^1_{n\text{-крит.}}; W^2_{n\text{-крит.}}; \dots W^{U_{n\text{-крит.}}}_{n\text{-крит.}}\},$$

где  $u1 = 1, 2, \dots, U_{n\text{-крит.}}$

6. В ходе деятельности организационных систем, если фактический показатель  $\Delta D^*_n$  риска для  $n$ -го вида деятельности консолидированных организационных систем не меньше соответствующего критического показателя  $\Delta D_{n\text{-крит.}}$  и меньше соответствующего допустимого показателя  $\Delta D_{n\text{-доп.}}$ :

$$\Delta D_{n\text{-крит.}} \leq \Delta D_n^* < \Delta D_{n\text{-доп.}},$$

то из множества  $W_{n\text{-пред.}}$  предупреждающих сценариев определяют и исполняют команды  $W^{u2}_{n\text{-пред.}}$ , предназначенные для предотвращения угроз  $n$ -му виду деятельности консолидированных организационных систем:

$$W_{n\text{-пред.}} = \{W^1_{n\text{-пред.}}; W^2_{n\text{-пред.}}; \dots W^{U_{n\text{-пред.}}}_{n\text{-пред.}}\},$$

где  $u2 = 1, 2, \dots, U_{n\text{-пред.}}$

7. В ходе деятельности организационных систем, если фактический показатель  $\Delta D^*_n$  риска для  $n$ -го вида деятельности консолидированных организационных систем не меньше соответствующего допустимого показателя  $\Delta D_{n\text{-доп.}}$  и меньше единицы:

$$\Delta D_{n\text{-доп.}} \leq \Delta D_n^* < 1,$$

то из множества  $W_{n\text{-план.}}$  плановых сценариев определяют и исполняют команды  $W^{u3}_{n\text{-план.}}$ , предназначенные для повышения эффективности  $n$ -го вида деятельности консолидированных организационных систем:

$$W_{n\text{-план.}} = \{W^1_{n\text{-план.}}; W^2_{n\text{-план.}}; \dots W^{U_{n\text{-план.}}}_{n\text{-план.}}\},$$

где  $u3 = 1, 2, \dots, U_{n\text{-план.}}$

8. В ходе деятельности организационных систем, если фактический показатель  $\Delta S^*_{nm}$  риска для  $n$ -го вида деятельности в  $m$ -ой организационной системе меньше соответствующего критического показателя  $\Delta S_{nm\text{-крит.}}$ :

$$0 \leq \Delta S^*_{nm} < \Delta S_{nm\text{-крит.}},$$

то из множества  $W_{nm\text{-крит.}}$  критических сценариев определяют и исполняют команды  $W^{y1}_{nm\text{-крит.}}$ , предназначенные для ликвидации последствий реализованных угроз  $n$ -му виду деятельности  $m$ -ой организационной системе:

$$W_{nm\text{-крит.}} = \{W^1_{nm\text{-крит.}}; W^2_{nm\text{-крит.}}; \dots W^{Y_{nm\text{-крит.}}}_{nm\text{-крит.}}\},$$

где  $y1 = 1, 2, \dots, Y_{nm\text{-крит.}}$

9. В ходе деятельности организационных систем, если фактический показатель  $\Delta S^*_{nm}$  риска для  $n$ -го вида деятельности в  $m$ -ой организационной системе не меньше соответствующего критического показателя  $\Delta S_{nm\text{-крит.}}$  и меньше соответствующего допустимого показателя  $\Delta S_{nm\text{-доп.}}$ :

$$\Delta S_{nm\text{-крит.}} \leq \Delta S^*_{nm} < \Delta S_{nm\text{-доп.}},$$

то из множества  $W_{nm\text{-пред.}}$  предупреждающих сценариев определяют и исполняют команды  $W^{y2}_{nm\text{-пред.}}$ , предназначенные для предотвращения угроз  $n$ -му виду деятельности в  $m$ -ой организационной системе:

$$W_{nm\text{-пред.}} = \{W^1_{nm\text{-пред.}}; W^2_{nm\text{-пред.}}; \dots W^{Y_{nm\text{-пред.}}}_{nm\text{-пред.}}\},$$

где  $y2 = 1, 2, \dots, Y_{nm\text{-пред.}}$

10. В ходе деятельности организационных систем, если фактический показатель  $\Delta S^*_{nm}$  риска для  $n$ -го вида деятельности в  $m$ -ой организационной системе не меньше соответствующего допустимого показателя  $\Delta S_{nm\text{-доп.}}$  и меньше единицы:

$$\Delta S_{nm\text{-доп.}} \leq \Delta S^*_{nm} < 1,$$

то из множества  $W_{nm\text{-план.}}$  плановых сценариев определяют и исполняют команды  $W^{y3}_{nm\text{-план.}}$ , предназначенные для повышения эффективности  $n$ -го вида деятельности в  $m$ -ой организационной системе:

$$W_{nm\text{-план.}} = \{W^1_{nm\text{-план.}}; W^2_{nm\text{-план.}}; \dots W^{Y_{nm\text{-план.}}}_{nm\text{-план.}}\},$$

где  $y3 = 1, 2, \dots, Y_{nm\text{-план.}}$



### Заключение

1. Актуальность проработки рассмотренных в статье вопросов консолидации информационных ресурсов для поддержки прогнозирования опасных природных, техногенных и социальных процессов обусловлена существующей концепцией долгосрочного социально-экономического развития государства и, в первую очередь, наличием стратегических рисков и угроз национальной безопасности государства. Для противодействия угрозам требуется консолидация усилий различных организационных систем – министерств и ведомств, предприятий оборонного, топливно-энергетического и других комплексов, учреждений и организаций, осуществляющих мониторинг природной сферы, контроль состояния промышленных объектов и анализ социально-политической обстановки.

2. Система показателей, используемая при прогнозировании рисков для деятельности организационных систем, обеспечивает выбор сценариев принятия решений на трех уровнях управления:

- при управлении деятельностью консолидированных организационных систем в целом;
- при управлении видами деятельности консолидированных организационных систем;
- при управлении деятельностью каждой организационной системы.

3. Аналитическое обеспечение системы показателей риска для деятельности организационных систем учитывает влияние, оказываемое на деятельность различными объектами наблюдения – природными процессами, техногенными процессами и социальными процессами, в зависимости от их приоритетов.

4. Логика прогнозирования, основанная на сравнительном анализе нормированных и фактических показателей по заданным критериям, предоставляет возможность лицам, принимающим решения, осуществлять обоснованный выбор сценария принятия решения в диапазоне критических, предупреждающих или плановых сценариев.

### Литература:

1. О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации до 2020 года // Указ Президента Российской Федерации от 12 мая 2009 г. № 537. Российская газета. Федеральный выпуск № 4912, опублик. 19.05.2009, обновл. 27.11.2014.

2. Национальный центр управления в кризисных ситуациях МЧС России. Задачи и функции. URL: <http://www.mchs.gov.ru/document/400465>, обновл. 04.12.2014 г.

3. Гидрометцентр России. Главные задачи. URL: <http://meteoinfo.ru/about>; <http://www.mchs.gov.ru/powers/ncuks>, обновл. 04.12.2014 г.

4. Национальный центр управления обороной Российской Федерации. Основные задачи. URL: [http://structure.mil.ru/structure/ministry\\_of\\_defence/details.htm?id=11206@egOrganization](http://structure.mil.ru/structure/ministry_of_defence/details.htm?id=11206@egOrganization), обновл. 04.12.2014 г.

5. Зацаринный А.А., Сучков А.П., Шабанов А.П. Способ поддержки деятельности организационной системы // Патент РФ № RU2532723C2 на изобретение, опублик. 10.11.2014, бюл. № 31.

6. Зацаринный А.А., Козлов С.В., Сучков А.П., Шабанов А.П. Система ситуационно-аналитических центров организационной системы // Патент РФ № RU2533090C2 на изобретение RU2012151182A, опублик. 20.11.2014, бюл. № 32.

7. Зацаринный А.А., Козлов С.В., Сучков А.П., Шабанов А.П. Центр управления организационной системы // Патент РФ на полезную модель RU127493U1, G05B19/00 (2006.01), опублик. 27.04.2013, бюл. № 12.

8. Голяндин А.Н., Шабанов А.П. Центр мониторинга устойчивости информационных систем: Полезная модель, патент RU130109U1, G06F21/50 (2013.01), опублик. 10.07.2013, бюл. № 19.

### **Organizational and technological aspects of the consolidation of information resources to support the forecasting hazardous natural, technological and social processes**

*Alexander Alexeevich Zatsarinnyy, Doctor of technical sciences, Professor,  
Deputy Director on scientific work*

*Alexander Petrovich Shabanov, Doctor of technical sciences, leading researcher  
Institute of Informatics problems RAS, Moscow, Russia*

*In the article from the perspective of the consolidated activities of organizational systems, departments and enterprises, discusses the organizational and technological issues to provide information support to make predictions about the threats arising from the adverse and dangerous natural and man-made processes and phenomena.*

*Keywords: the threat, situation centre, forecast, risks, activities, information.*

УДК 332.024.3

## МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПРОЦЕДУР ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В СИТУАЦИОННЫХ ЦЕНТРАХ

*Николай Николаевич Демидов, д-р техн. наук, проф.*

*E-mail: dnn44@mail.ru*

*Российская академия народного хозяйства и государственной службы при  
Президенте Российской Федерации*

*http://www.ranepa.ru*

*Ирина Николаевна Демидова, канд. экон. наук, доцент*

*E-mail: irina@audit-avia.ru*

*Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана*

*http://www.bmstu.ru/*

*Ситуационные центры обеспечивают представление информации в реальном времени с использованием новых методов анализа и оценки ситуаций, а также обеспечивают организацию работы коллектива экспертов непосредственно в процессе решения задач. Важнейшая специфика работы – это визуализация процесса подготовки и принятия решений и замещение информационными технологиями элементов интуитивной, творческой деятельности пользователей.*

*Ключевые слова: ситуационный центр, системы подготовки и принятия решений, мультимедиа, ГИС-технологии, управление визуализацией, инструментально-моделирующие средства.*

### Введение

Усложнение современных управленческих задач, рост «цены» за просчеты и ошибки и накопление значительных объемов необходимой информации обусловили поиск новых средств и форм управления, внедрение современных инновационных информационных технологий в практику принятия решений. В связи с этим для повышения эффективности управленческой деятельности и, прежде всего, в органах государственного управления все



**Н.Н. Демидов**

более широкое применение находят информационно-управляющие системы и ситуационные центры (СЦ).

Актуальность создания и внедрения СЦ обусловлена многими факторами, в числе которых – необходимость комплексного подхода к вопросам управления, сбалансированного сочетания федеральных и региональных интересов при решении экономических и социальных проблем, и принятие решений в условиях



**И.Н. Демидова**

дефицита времени. Ситуационные центры обеспечивают представление информации в реальном времени с использованием новых методов анализа и оценки ситуаций, а также организацию коллективной работы экспертов, непосредственно в процессе решения задач. Важнейшая специфика, которую следует учитывать в ходе их решения – это замещение

информационными технологиями элементов умственной, интуитивной, творческой деятельности руководителей. Управление сложным объектом в непредсказуемых ситуациях предполагает активную, рефлексивную и творческую позицию человека в принятии решений. В этих условиях ориентация на визуализацию (иллюстративную, когнитивную) управленческих ситуаций с помощью мультимедиа, раскрытие причинно-следственных связей анализируемых событий, существенно облегчает процедуру подготовки и принятия решений, усиливает их аргументированность.

Визуализация информации в настоящее время становится активной: на экране отображаются не только таблицы с цифрами или цветные графики, но реализуется также понятное и легко воспринимаемое образное представление ситуации и решений. Сформированные из данных или отражающие непосредственно выведенные на экран гипотезы решений образы должны отвечать профессиональным навыкам лица, принимающего решение (ЛПР) и способствовать реализации его стратегии и тактики.

Пользовательские интерфейсные системы направлены как раз на развитие и активизацию этих качеств, а современные СЦ строятся как системы, обеспечивающие творческую и активную позицию ЛПР. С помощью пользовательских интерфейсных систем ЛПР получают доступный инструмент решения таких задач, как анализ ситуаций, оценка вариантов, синтез альтернатив, прогнозирование, построение планов действий и др. С этой целью пользовательский интерфейс объединяет различные виды визуализации информации:

- картографирование проблемных ситуаций и объектов решений;
- структурирование нечетких идей и гипотез решений;
- формирование вариантов решений;
- мультимедийное отображение динамики ситуаций.

Интерфейсные технологии должны обеспечивать максимум удобств и простоты перехода от одной предметной области к другой; поддержку наглядно-образного мышления пользователя, которое полно воссоздает все многообразие различных фактических характеристик предмета. Ситуационные центры, учитывая их технические характеристики (большой экран, система управления процессом обсуждения и др.), позволяют представлять информацию с помощью образов, пиктограмм, анимационных схем и т.д. На экране можно одновременно показывать прошедшее, текущее и перспективное состояние объекта, можно показывать план, факт, прогноз ситуации. Принципиальным отличием от традиционных систем является ориентация на конкретного пользователя, его знания, опыт, интуицию, его систему ценностей при принятии решений, что обеспечивает решение даже слабо структурированных задач. С этой целью в СЦ необходимо обеспечить технологическую интеграцию методов и средств визуализации и предоставить возможность их использования не «узким» специалистам, а конечному пользователю – ЛПР.

### **1 Основные задачи и функции ситуационных центров**

В нашей стране и за рубежом уже накоплен значительный опыт создания и эксплуатации СЦ, которые оснащены современной вычислительной техникой, принципиально новыми технологиями обработки информации и средствами телекоммуникаций. В настоящее время в мире насчитывается сотни таких ситуационных центров, и их количество продолжает стремительно увеличиваться.

Целью создания СЦ является повышение эффективности и качества систем подготовки и принятия управленческих решений (СППР) на основе применения специальных методов обработки больших объемов информации, а также оперативного построения и «проигрывания» сценариев их развития. Главной особенностью СППР в СЦ является творческий, проблемный характер деятельности пользователей, их свобода в выборе информационных ресурсов на каждом этапе подготовки решений.

Ситуационный центр в общем случае должен быть построен таким образом, чтобы обеспечивать следующие режимы работы:

- стратегическое управление;

- моделирование и прогнозирование;
- оперативное управление;
- кризисное управление.

Сегодня основные векторы развития России – Север и Дальний Восток, изложенные в Стратегии развития морской деятельности Российской Федерации до 2030 г., которая определила стратегические цели, задачи, перспективные пути развития основных видов морской деятельности, приморских территорий и прибрежных акваторий конкретных побережий страны и выделение их в единый объект государственного управления. В соответствии с основными положениями стратегии необходимо осуществлять комплексный подход к решению поставленных задач.

Краткий анализ проблем показывает, что необходимо обеспечить соответствия целей стратегии с Концепцией долгосрочного социально-экономического развития России до 2020 г. Некоторые районы арктических морей являются водными объектами высшей рыбохозяйственной категории. Поэтому в ходе освоения месторождений арктического шельфа необходимо предотвратить возникновение аварий и чрезвычайных ситуаций. Следует провести большую работу по совершенствованию законов и нормативов регламентирующих геологоразведочные работы и освоение месторождений. Освоение ресурсов арктических морей повлияет на социальные процессы многих регионов РФ. В рамках поставленных задач государство берет на себя создание обеспечивающей инфраструктуры для освоения шельфа, разработку системы мер регулирования. Остальное ляжет на плечи внебюджетных источников. Наибольшая трудность такого многоаспектного описания проблемной ситуации связана с получением агрегированной информации о природных и антропогенных процессах, которая предназначена для обеспечения информационно-аналитической поддержки процедур, позволяющих оперативно анализировать, моделировать, прогнозировать сценарии развития ситуации и выработать эффективные решения.

## **2 Специфика инструментально-моделирующих средств СЦ**

В СЦ используют широкий спектр инструментально-моделирующих средств, но наиболее эффективны – интеллектуальный поиск и анализ данных, когнитивное и имитационное моделирование, экспертные системы. Это методологическое разнообразие интегрировано с информационно-аналитическими и геоинформационными системами, что позволяет разрабатывать и проигрывать различные варианты развития ситуаций и выбирать наиболее предпочтительные решения. Новым типом являются системы управления вниманием и организацией работы экспертных групп.

Методология СЦ использует возможности существующих инструментально-моделирующих средств, которые охватывают практически все предметные области и используют современный математический аппарат. Для сложных задач, которые решаются в СЦ, используется подход, обеспечивающий анализ проблемных ситуаций с возможностью построения образно-когнитивных моделей, применения экспертных систем и современных технологий полиэкранной формы визуализации. Принципиальным отличием от традиционных систем является ориентация на конкретного пользователя, его знания, опыт, интуицию, его систему ценностей при принятии решений, что обеспечивает решение слабо формализуемых задач [2].

СЦ являются почти идеальным местом, где может происходить накопление и применение коллективных знаний, как по форме, так и по содержанию. В рамках развития новых форм организации работы СЦ перспективным направлением является такая стратегия генерации вариантов возможных решений, когда концептуальный анализ проблемной ситуации, интуитивной цели и замысла решения трансформируется в форму, пригодную для моделирования. Такая стратегия имеет характер «выбора альтернативных решений из некоторого известного множества возможных» и определяется оптимальным сочетанием «выигрыша» и риска. Учитывая, что стратегия «выигрыш» и связанный с ней риск представляют собой сложные комплексы количественных и качественных показателей, то выбор стратегии, обладающей оптимальным сочетанием «выигрыша» и риска является весь-



ма сложной задачей многокритериального анализа и сравнения, предполагающей учет предпочтений и приоритетов лиц, принимающих решение.

В ходе подготовки решений используются все виды методов и средств, которые способствуют становлению принципа активизации лица, принимающего решение (ЛПР). При этом визуализация информации стимулирует творческую активность ЛПР. Диалоговые системы создают условия для проявления активности пользователя путем вовлечения его в процессы целеполагания и замысла решения, обеспечив ЛПР «естественные» условия диалогового взаимодействия с ЭВМ. Эти системы выступают как средство формализации личного опыта и передачи его другим пользователям с обеспечением возможности идентификации автора знаний и процедур их получения.

### **3 Особенности подготовки и принятия решений в СЦ**

Основным средством решения ситуационных задач во всех режимах работы ситуационных центров являются системы поддержки принятия решений. В последних обобщающих исследованиях по тематике ситуационных центров был сформулирован исчерпывающий список специфических особенностей систем подготовки и принятия решений в СЦ [1]:

- сложность и комплексность решаемых проблем;
- методологическое разнообразие инструментально-моделирующих средств;
- многокритериальность принятия решений;
- итерационный характер принятия решений;
- необходимость визуализации информации;
- коллективный характер пользовательского интерфейса;
- многоуровневая подготовка вариантов решений.

Основная функция СЦ – комплексная оценка проблемной ситуации на основе применения специальных методов обработки больших объемов информации, а также оперативного построения и «проигрывания» сценариев их развития. Эту функцию выполняют системы подготовки и поддержки принятия решений (СППР), которые базируются на всем арсенале средств обработки информационных ресурсов, технологиях доступа к информационно-аналитическим системам (ИАС), инструментально-моделирующих средствах и методах визуализации (рисунок 1).

Главной особенностью СППР в СЦ является творческий, проблемный характер деятельности пользователей, их свобода в выборе информационных ресурсов на каждом этапе подготовки решений.

Творческий, проблемный характер деятельности пользователей, их свобода в выборе средств обеспечения деятельности требуют использования в качестве ведущего принципа функционирования СЦ принцип активного пользователя, который предполагает создание условий свободного выбора любых функций системы, а также реализацию специальных методик, стимулирующих творческую активность пользователей. Использование этого принципа создает условия, необходимые для эффективного применения подхода под названием «многоагентной системы» (МАС), который рассматривает решение одной задачи несколькими интеллектуальными подсистемами, в составе которых участвуют эксперты [2].

Организация эффективной СППР требует создания такой структуры управления функционированием СЦ, которая обеспечивала бы оперативное взаимодействие специалистов-экспертов, необходимое для поддержки принятия решений. Основная, наиболее специфическая для СППР СЦ особенность – замещение информационными технологиями элементов интуитивной деятельности руководителей.

Известно, что самым дефицитным ресурсом в управленческой деятельности является время руководителя, а если учесть, что ситуационный центр предназначен не только для прогноза и моделирования, но и для управления в оперативных ситуациях, время для принятия решения становится дефицитным вдвойне и более. Следовательно, требуется найти способ быстро и полно представить руководителю и участникам совещания необходимую

и полную информацию по проблеме. Этот способ заключается в сжатии и представлении информации в наглядном виде.



Рисунок 1 – Структурная схема СППР

Ориентация на визуализацию (иллюстративную, когнитивную) управленческих ситуаций с помощью мультимедиа, раскрытие причинно-следственных связей анализируемых событий существенно облегчают процедуру подготовки и принятия решений, усиливает их аргументированность. Визуализация информации в настоящее время становится активной: на экране отображаются не только таблицы с цифрами или цветные графики, но реализуется также образное представление ситуации и решений, понятное и легко воспринимаемое ЛПР. Сформированные из данных или отражающие непосредственно выведенные на экран гипотезы решений, образы должны отвечать профессиональным навыкам ЛПР и способствовать реализации его стратегии и тактики.

С учетом процессов восприятия, мышления, познания, объяснения и понимания в СЦ целесообразно использовать **образно-когнитивные модели**, в основе которых лежит формирование системы наиболее существенных взаимосвязанных факторов по изучаемой проблеме, оценка направления и тесноты связей для выявления закономерностей поведения системы с последующей имитацией воздействий для поиска оптимальных решений. Очень важно, что при работе в СЦ, когнитивный подход акцентирует внимание на «знаниях», вернее на процессах их представления, хранения, обработки, и интерпретации и производстве новых знаний, а также учитывают также одно из важнейших качеств, необходимых для принятия решений, – интуицию человека. Важной особенностью использования таких моделей является возможность **учета коллективного мнения специалистов** в процессе рассмотрения конкретной проблемы в СЦ, что позволяет рассматривать технологию когнитивного моделирования в качестве одного из важнейших инструментов повышения эффективности решения задач контроллинга в СЦ.

#### 4 Визуализация и комплексное представление проблемных ситуаций

Визуализация является важнейшей технологической компонентой СЦ, которая обеспечивает методический и инструментальный перевод информации, знаний и данных в

форму, удобную для восприятия пользователями [3].

Эффективность визуализации определяется:

- комплексным анализом разнородной многопоточковой информации;
- восприятием большого объема информации в сжатые сроки;
- восприятием информации в контексте;
- организацией взаимодействия групп экспертов;
- учетом психофизиологических особенностей восприятия информации.

Главная задача средств визуализации заключается в отображении поступающей из различных источников разнородной информации для обеспечения удобного и оперативного управления (рисунок 2).

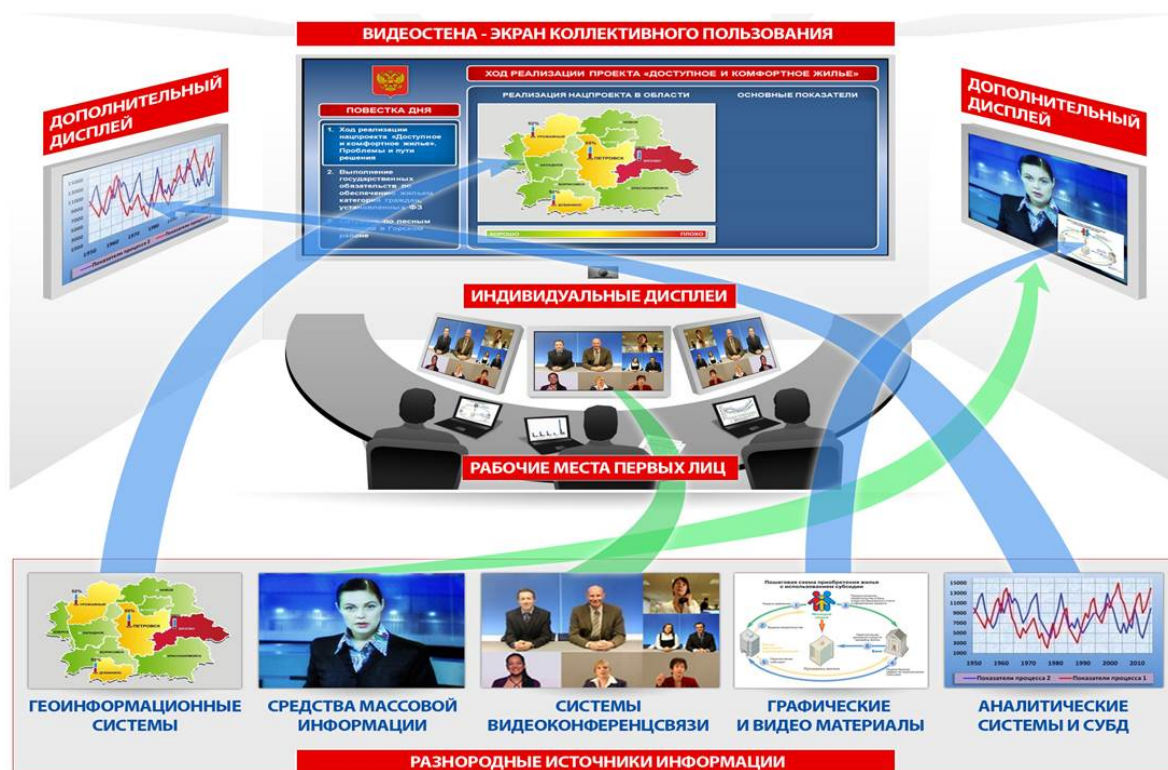


Рисунок 2 – Комплексное представление информации в ЦС

Средства визуализации обычно включают в себя экран коллективного пользования, реализующий единое информационное поле для лиц, принимающих решение; специальные интерактивные экраны, сочетающие возможности отображения информации специальным маркером. Основная задача системы отображения – изображение комплексных ситуаций, возникающих в предметной области, на основе которых ЛПР принимает управляющие решения.

При этом необходимо решать задачу адекватного и эффективного представления и восприятия информации с экрана. В такой задаче принципиальна роль феномена человеческой психики, получившего название «внимание». По мере развития технических средств отображения информации и информационных технологий ЦС эта задача все более усложняется, превращаясь в задачу управления вниманием. В этом плане необходимо овладение феноменом «внимания», чтобы конструктивно использовать его механизмы для повышения активности человека и включения его особых методов в систему проектирования методов и средств повышения такой активности.

### 5 Картографические информационные системы в ЦС

Геоинформационные технологии являются важнейшим инструментом при решении задач в ЦС в связи с возможностью этих технологий по сжатию и наглядному представле-



нию информации. Для аналитиков СЦ ГИС является инструментом для динамического отслеживания изменения ситуации в зависимости от результатов анализа и прогноза, он позволяет в режиме реального времени вести мониторинг ситуации и т.д. Все это вытекает из свойств картографического изображения, совмещенного с современными информационными технологиями.

Современные ГИС позволяют создавать на основе цифровых карт самые разнообразные тематические карты с привязкой к объектам карты, будь то районы территориального деления, промышленные и прочие объекты, города и т.д. При этом основной задачей является предоставление пользователю дружественного интерфейса на основе разнообразных функциональных модулей. Среди них можно выделить те, которые присутствуют практически в каждой системе:

- модуль отображения и печати карт;
- модуль редактирования и создания карт;
- модуль связи с внешними источниками данных;
- модуль обмена информацией со сторонними приложениями;
- модуль конвертирования картографической информации.

В связи с глубоким взаимопроникновением ГИС с другими АИС целесообразно более детально рассмотреть применение геоинформационной системы «База Экономико-Географической Информации (БЭГИ)».

Сущность БЭГИ проявляется в ее способности связывать с картографическими (графическими) объектами некоторую описательную (атрибутивную) информацию (в первую очередь алфавитно-цифровую и иную графическую, звуковую и видеоинформацию). Как правило, алфавитно-цифровая информация организуется в виде таблиц реляционной БД. Использование такой связи и обеспечивает богатые функциональные возможности ГИС. БЭГИ является сравнительно простой, недорогой и эффективной многофункциональной ГИС. Так как в БЭГИ осуществляется комплексная обработка информации (от ее сбора до хранения, обновления и предоставления), их можно рассматривать со следующих различных точек зрения:

- ГИС как система управления предназначена для обеспечения поддержки принятия решений на основе использования картографических данных;
- ГИС как система, использующая БД, характеризуется широким набором данных, собираемых с помощью разных методов и технологий;
- ГИС как система моделирования, система предоставления информации мультимедиа и т.д.

Система БЭГИ разрабатывалась с учетом специфики решаемых в органах государственной власти и задач. В каждой новой версии комплекса БЭГИ учитывались новые требования, выдвигаемые этими пользователями.

Данная система решает весь круг задач, определенный для ARC/INFO. В ней реализована идея многооконной обработки векторных, табличных данных с использованием операционной системы Windows.

Картографическая информация представлена в соответствии с Единой системой классификации и кодирования картографической информации, в которой использованы классификаторы топографической информации и стандартные условные знаки Роскартографии, а также определяемые пользователем с помощью редактора условных знаков.

## **6 Управление подготовкой и принятием решений в СЦ**

Наименее проработанным аспектом работы современных ситуационных центров является организация взаимодействия экспертов в процессе коллективного обсуждения проблемы. Технологии ситуационных центров должны использовать новые формы и методы представления информации для распределения функций между вычислительными системами, банками знаний и людьми, которые находятся непосредственно в ситуационном зале. При этом обмен информацией и знаниями организуется с помощью режиссеров, сете-



вых технологий, специальных программ управления, а также с помощью удаленного доступа через видеоконференцсвязь. Современные технологии позволяют вести такой диалог между пользователями СЦ, в ходе которого они могут на едином образном языке увидеть, услышать, понять, спросить, уточнить информацию и обеспечить при этом выработку эффективных решений по обсуждаемым проблемам.

В последнее время начали появляться системы интегрированного управления работой СЦ, которые должны обеспечивать организацию обсуждения рассматриваемых проблем с передачей полнофункционального управления ресурсами и информационными технологиями любому участнику совещания. Такой весьма перспективной системой является ВИРД (расшифровывается как Визуализация Информации на Распределенных Дисплеях), которая реализует идеологию МАС и рассматривает решение одной задачи несколькими интеллектуальными подсистемами, в составе которых участвуют и эксперты [4].

Целью разработки системы является создание средства управления визуализацией информационных потоков в СЦ в соответствии с разработанным подходом к управлению визуализацией, позволяющим повысить эффективность использования СЦ.

Основным отличием ПО «ВИРД» от большинства существующих систем является максимально простой и удобный пользовательский интерфейс, позволяющий без специальных технических знаний и понимания природы и свойств источников информации и средств отображения эффективно управлять процессом вывода необходимой информации. Использование такого универсального средства управления визуализацией в СЦ позволяет:

- увеличить эффективность восприятия информации лицом, принимающим решения, за счет единообразного представления информации;
- увеличить скорость обработки информации в результате использования заранее подготовленных сценариев отображения информации;
- снизить затраты на обучение технических специалистов, а также снизить вероятностей сбоев, обусловленных человеческим фактором, за счет введения дополнительного уровня абстракции во взаимодействие со сложными техническими и программными средствами СЦ;
- обеспечить комплексное представление информации.

ПО «ВИРД» обеспечивает решение следующих основных задач:

- подготовку сценариев отображения информации для ЛПР с использованием различных типов источников (как аппаратных, так и программных);
- демонстрацию сценариев на любых средствах отображения информации коллективного и индивидуального пользования с использованием всей информационной емкости средств отображения в наиболее удобном для восприятия и работы виде в соответствии с эргономическими требованиями и технологиями представления информации;
- управление ходом демонстрации сценариев (как для операторов, так и для ЛПР) с возможностью оперативного переключения между сценариями;
- редактирование сценариев в режимах offline (заранее подготовленные сценарии) и online (непосредственно при проведении мероприятий).

Подготовка сценариев осуществляется при помощи модуля, который позволяет редактору готовить сценарии, создавать графические раскладки из информации для каждого из средств отображения комплекса, создавать альтернативные сценарии и условия перехода в интерактивном графическом режиме.

Система обеспечивает полную независимость от типов источников данных и от технических средств отображения информации. Она позволяет работать с неограниченным количеством как программных, так и аппаратных источников и обеспечивать вывод информации на неограниченное количество средств отображения с учетом их технических возможностей, особенностей и ограничений. При этом как сами источники, так и средства отображения могут быть произвольными (любое разрешение, любой тип сигнала).

Для достижения поставленной цели было необходимо автоматизировать следующие задачи пользователей СЦ:

- подготовка сценариев отображения информации для ЛПР с использованием различных типов информационных потоков (как аппаратных, так и программных);
- демонстрация сценариев на любых средствах отображения информации коллективного и индивидуального пользования с использованием всей информационной емкости средств отображения в наиболее удобном для восприятия и работы виде в соответствии с эргономическими требованиями и технологиями представления информации;
- управление ходом демонстрации сценария (как для операторов, так и для ЛПР) с возможностью оперативного управления источниками информации.

Система обеспечивает полную независимость комплекса, как от типов источников данных, так и от технических средств отображения информации. Она позволяет работать с неограниченным количеством программных и аппаратных источников, а также обеспечивает вывод информации на неограниченное количество средств отображения с учетом их технических возможностей, особенностей и ограничений.

### **Заключение**

Авторы считают, что новым является изложенный выше подход, когда ситуационный центр следует рассматривать как инструмент анализа и решения стратегических и оперативных задач на основе современных информационных технологий. При этом между пользователями организуется диалог, в ходе которого они могут на едином образном языке увидеть, услышать, понять, спросить, уточнить информацию и обеспечить выработку решений по обсуждаемым проблемам. В ситуационном центре должно происходить такое распределение функций между машиной и человеком, которое обеспечивает комплексную интеллектуальную обработку информации и коллективную подготовку принятия решений на основе всей совокупности средств визуализации, включая геоинформационные системы и технологии управления подготовкой и принятием решений.

Наиболее эффективно в СЦ решать задачи стратегического управления государственными программами, например, Программа развития морской деятельности Российской Федерации до 2030 г., которая определила стратегические цели, задачи, перспективные пути развития основных видов морской деятельности, приморских территорий и прибрежных акваторий конкретных побережий страны и выделение их в единый объект государственного управления.

При решении таких сложных и комплексных задач стратегического и оперативного управления средства визуализации позволяют проводить оценку последствий выработанных вариантов решений, анализировать их эффективность с точки зрения надежности, экономии времени, сил, средств и ресурсов, и это позволяет учитывать все многообразие факторов, влияющих на подготовку и принятие решения.

Важнейшим фактором, обеспечивающим в СЦ организацию коллективной работы экспертов с информацией, является визуализация информации. Время активного восприятия проблем – один из самых дефицитных ресурсов высших должностных лиц. Информация от различных источников должна быть отображена на экране в отдельных окнах, размеры и расположение которых задаются оператором отображения произвольно. Таким образом, формируются информационные раскладки, которые могут оперативно меняться в ходе обсуждения того или иного материала, при этом решаются задачи адекватного и эффективного представления и восприятия информации. Качество взаимодействия любой визуальной коммуникационной системы и зрителя в значительной мере является функцией системы, которая должна соответствовать фундаментальным способностям и ограничениям человека.

В процессе функционирования СППР решается главная задача – снять остроту противоречий и согласовать цели разных групп, построение такой информационной модели анализируемой обстановки, которая сконцентрирует опыт и знания экспертов. Применение методологии МАС СППР позволяет:

- произвести оценку обстановки (ситуаций), осуществить выбор критериев и оценить их относительную важность;
- генерировать возможные решения и сценарии действий.
- осуществлять оценку и выбор решений;
- проводить мониторинг обстановки и помогает согласовать групповые решения;
- моделировать задачи и принимаемые решения;
- проводить компьютерный анализ возможных последствий принимаемых решений;
- производить накопление системы знаний о результатах реализации принятых решений и осуществлять оценку результатов.

В заключении следует отметить, что СЦ в настоящее время меняют свою парадигму, становятся полнофункциональными системами управления, охватывающими все этапы принятия решений от постановки задачи и выявления проблем ее решения до контроля исполнения. В СЦ с использованием рассмотренных новейших информационных технологий коллективно обсуждаются проблемы и принимаются решения, повышающие эффективность государственного управления.

### Литература

1. Ильин Н.И., Демидов Н.Н., Новикова Е.В. Ситуационные центры. Опыт, состояние, тенденции развития. М.: МедиаПресс, 2011. 336 с.
2. Демидов Н.Н., Байдин С.Я., Демидова И.Н. Многоагентные системы принятия решений на основе ситуационных центров. Материалы 17-й научно-практической конференции «Инжиниринг предприятий и управление знаниями» 24–25 апреля 2014 г. М.: МЭСИ, 2014. С. 104–113.
3. Новикова Е.В. Модели и алгоритмы работы ситуационных центров органов государственной власти. Государственная служба. М.: Российская академия государственной службы при Президенте РФ, 2010. № 5.
4. Демидов Н.Н., Новикова Е.В. Новые возможности организации и функционирования современных СЦ на основе системы управления и вывода информации. Материалы научно-практической конференции РАГС «Информационно-аналитические средства поддержки принятия решений и ситуационные центры» 28–29 марта 2005 г. М.: РАГС при Президенте РФ, 2006.

### Visualization methods and tools of decision-making process in the situation center

*Nikolay Nikolaevich Demidov, Senior Doctor of Science, Professor, The Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration*

*Irina Nikolaevna Demidova, PhD, Assistant Professor, Bauman Moscow State Technical University*

*Situation centers provide information receipt, analysis and visual presentation in real time with use of new methods of information analysis and evaluation as well as support of experts team work directly in the process of problem solution. The most important specific of the situation center – visualization of the process of preparation and decision-making and initiation of intuitive and creative activities of users by information technology means.*

*Keywords: situation center (SITCEN), information analysis, real time decision-making systems, multimedia, GIS technology, visualization management, simulation and modelling tools.*

**ГЕОМАРКЕТИНГОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ**

*Андрей Александрович Майоров, проф., д-р техн. наук, ректор,  
академик Российской академии космонавтики имени К.Э. Циолковского*

*E-mail: miigaiknir@yandex.ru*

*Московский государственный университет геодезии и картографии (МИИГАиК)  
<http://www.miiigaik.ru>*

*Статья анализирует развитие геомаркетинга. Представлено широкое применение геомаркетинговых исследований при решении ряда задач: для поддержки принятия решений, для формирования информационных ресурсов, для решения прикладных задач. Показано, что в геомаркетинге часть исследований связана с мониторингом как средством постоянного наблюдения объектов. Это обуславливает тесную связь между геомаркетингом и геомониторингом. Отличие геомаркетинговых исследований от обычных маркетинговых заключается в необходимости учета и использования пространственных отношений. Геомаркетинговые исследования снижают уровень неопределенности. Показано, что геомаркетинговые исследования делятся на три основные группы: оперативные, тактические и стратегические.*

*Ключевые слова: геоинформатика, маркетинг, геомаркетинг, геоинформационные технологии, геоинформационные системы, пространственная экономика, информационные технологии, информационные технологии управления, информационные ресурсы.*

**Введение**

Как прикладную технологию геомаркетинг можно считать информационной технологией, сформировавшейся на основе интеграции технологий классического маркетинга и геоинформационных технологий. Геомаркетинг можно рассматривать как технологию управления. Это направление возникло на основе технологий поддержки принятия решений, визуального моделирования, интеграции данных и их комплексной обработки. В России за исключением отдельных работ [1–3] первоначально исследованию геомаркетинга уделялось мало внимания. В настоящее время геомаркетинг сделал значительный шаг вперед [4], что делает актуальным проведение анализа его развития и применения.

**Развитие геомаркетинга.** Геомаркетинг возник как ответ на информационные потребности бизнеса и муниципального управления [5]. Он связывает бизнес и геоинформационные технологии. Геомаркетинг имеет широкие сферы применения: в туризме, в логистике, при инженерных изысканиях, на рынке геодезического оборудования и данных дистанционного зондирования, при обосновании строительства, при размещении объектов оказания электронных услуг, в образовании [6] и т.д.

Основой геомаркетинга послужили технологии обычного маркетинга, информационного маркетинга и геоинформационных технологий [3]. В настоящее время информационный маркетинг создал оригинальную технологию бенчмаркинга [7], которая включена в концепцию управления всех ведущих мировых фирм рыночного ведения хозяйства. Эта технология применяется и в геомаркетинге.

На начальном этапе развития геомаркетинг использовался как средство деловой графики. Затем появилась информационная потребность проведения пространственного анализа. По мере усложнения решаемых задач появилась необходимость комплексной обработки данных, что привело к методам интеграции данных [8]. Интеграция данных поставила задачи семантического и структурного согласования различных видов информации. Позже возникла потребность использования информационных источников, существующих вне технологий маркетинга.

Таким образом, интеграция данных служит основой комплексной обработки и основой развития теоретических основ геомаркетинга. Интеграция данных и технологий раз-



**А.А. Майоров**



деляется на две категории: внутреннюю и внешнюю. Внутренняя интеграция основана на информационном соответствии [9] информационных потоков, функционирующих в ГИС, как в геомаркетинговой информационной системе. Внешняя интеграция основана на синтезе внешних информационных потоков между ГИС и другими системами: сбора информации, управления, пространственного анализа и др.

Современный геомаркетинг применяет пространственный анализ и визуальное моделирование. Он позволяет проводить комплексное исследование глобальных и локальных пространственных и экономических процессов. Это делает его незаменимым инструментом для пространственной экономики [10].

**Принципы геомаркетинговых исследований.** Большое значение в пространственных задачах имеют геомаркетинговые исследования. Они предшествуют выработке и принятию решений и являются инструментом поддержки принятия решений. Но главное, геомаркетинговые исследования формируют универсальные информационные ресурсы широкого применения.

Геомаркетинговые исследования можно рассматривать как специальные информационные технологии. Они включают три части [3]: концептуальную основу, информационное моделирование, предметные исследования (рисунок 1).

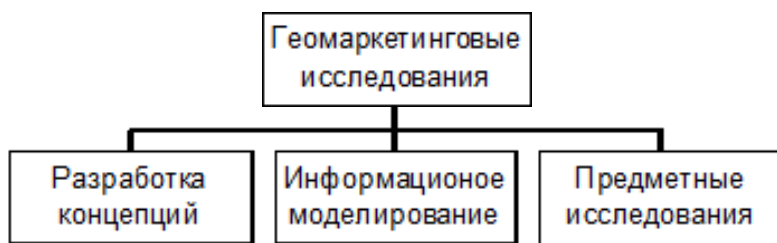


Рисунок 1 – Основные составляющие геомаркетинговых исследований

При геомаркетинговых исследованиях на первом этапе большую роль играет качественный анализ [11]. Он использует визуальную обработку информации, включая виртуальное моделирование. Разработка концепций геомаркетинговых исследований включает построение ряда концеп-

туальных схем, например, таких как:

- схемы используемых (включая альтернативных) источников информации;
- схемы технологий сбора данных;
- схема организации данные в единую систему данных;
- схемы технологий анализа и мониторинга;
- схемы хранения, обработки, представления и передачи данных.

Информационное моделирование решает следующие задачи:

- выбор элементарных и формирование сложных информационных моделей данных как результатов геомаркетингового исследования;
- разработку моделей представления и анализа результатов геомаркетинговых исследований.

Предметные исследования включают: исследование рынка, потребителей, конкурентов, товаров, цен, систем стимулирования и сбыта, рекламы, товародвижения, внутренней среды предприятия.

В целом геомаркетинговые исследования можно рассматривать как деятельность, направленную на систематическое определение данных, необходимых для решения задач управления маркетингом. Они включают сбор, обработку, анализ, отчет о результатах. Слова систематическое исследование приводят к понятию мониторинг. Поэтому в геомаркетинге часть исследований связана с мониторингом как средством постоянного наблюдения объектов, в отмеченных выше предметных исследованиях. Объектами геомаркетинговых исследований являются объекты маркетинга, рынки и внешняя среда.

Отличие геомаркетинговых исследований от обычных маркетинговых заключается в необходимости учета пространственных отношений [12] и интеграции разнообразной информации в систему геоинформационных данных.

Геомаркетинговые исследования связаны с поддержкой принятия решений по всем аспектам маркетинговой деятельности. Они снижают уровень неопределенности и направлены на анализ объектов по всем компонентам, которые оказывают влияние на маркетинг определенного продукта на конкретном рынке. Геомаркетинговые исследования тесно связаны с целями геомаркетинга (рисунок 2) и направлены на достижение этих целей.

В соответствии с целями геомаркетинговые исследования делятся на три основные группы: оперативные, тактические и стратегические.

Геомаркетинговые исследования решают следующие задачи:

1. Выявление проблем и формулирование целей исследования.
2. Анализ доступных источников информации.
3. Маркетинговую разведку
4. Информационный мониторинг.
5. Комплексный анализ собранной информации

**Выявление проблемы** определяется при анализе задач предприятия и рыночной ситуации. Цели геомаркетинговых исследований вытекают из выявленных проблем, достижение этих целей позволяет получить информацию, необходимую для решения этих проблем.



Рисунок 2 – Цели геомаркетинговых исследований

При постановке целей геомаркетинговых исследований задается вопрос: «Какая информация необходима для решения данной проблемы?» Ответ на этот вопрос определяет содержание целей исследования. Таким образом, ключевым аспектом определения целей исследования является выявление информации, полезной для поддержки принятия решений. Другими словами, информационный поиск – одна из составляющих маркетинговых исследований.

**Анализ доступных источников информации** осуществляется на основе путем сбора данных всех доступных источников, включая средства массовой информации и специальные издания. В результате анализа формируют информационные модели. Эти модели могут быть разными: предварительная, описательная, казуальная.

Предварительная информационная модель строится на основе сбора предварительной неполной информации для получения грубых оценок. Эта модель в последующем уточняется и дополняется. Она строится в оперативном режиме и служит для выявления критических ситуаций или получения качественных оценок.

Описательная (дескриптивная) информационная модель – является описанием (набором полных сведений) реальной ситуации, например демографической или экономической. Она строится для получения количественных оценок [13].

Казуальная информационная модель, или импакт-анализ, описывает возможные связи между объектами маркетинга и объектами и средой. Она строится для исследования динамики явлений. Если открытых источников информации недостаточно для решения проблем проводится маркетинговая разведка.

**Маркетинговая разведка** – деятельность, для выявления новых источников и получению информации, необходимой как для разработки, так и корректировки планов. Источники получения дополнительной информации разнообразны и для ее сбора используются формальные и неформальные процедуры. Подобная информация получается путем изучения служебной документации; в результате бесед с потребителями; с сотрудниками предприятий; путем проведения промышленного и коммерческого шпионажа.

Прежде чем перейти к анализу информационного мониторинга необходимо отметить связь между геомаркетинговыми исследованиями и технологиями мониторинга вообще и геоинформационным мониторингом в особенности. На рисунке 3 приведены основные функции маркетинга, геоинформационного мониторинга (геомониторинга) и геомаркетинга. Геомаркетинг интегрирует в себя функции маркетинга и геомониторинга. Поэтому информационный мониторинг можно рассматривать как часть технологий геомаркетинга.

**Информационный мониторинг** представляет собой комплекс методов анализа внешней среды, объектов геомаркетинга и функционирования самой организации. Главной мониторинговой системы является предоставление оперативной информации руководству организации и выявление чрезвычайных ситуаций. Следует подчеркнуть, что основным инструментом мониторинга окружающей среды в настоящее время являются геоинформационные системы и технологии, что определяет преимущество геомаркетинга по сравнению с обычным маркетингом.

Таким образом, информационный мониторинг связан со сбором информации. Фактически в геомаркетинге информационный мониторинг заменяется геомониторингом.

При информационном мониторинге собирают вторичные и первичные данные. Сбор вторичной информации обычно предшествует сбору первичной информации. Вторичная информация, с которой работает маркетинговая служба обширна и распределена во множестве источников.

Основные функции маркетинга

|        |              |
|--------|--------------|
| Анализ | Производство |
| Сбыт   | Управление   |

Основные функции геомониторинга

|            |            |
|------------|------------|
| Наблюдение | Анализ     |
| Контроль   | Управление |

Основные функции геомаркетинга

|            |            |              |
|------------|------------|--------------|
| Наблюдение | Анализ     | Производство |
| Контроль   | Управление | Сбыт         |

Рисунок 3 – Сравнение основных функций геомаркетинга, мониторинга и маркетинга

Одним из основных источников такой информации является Интернет. Кроме этого, существуют специальные информационные центры доступной коммерческой информации. Многие международные и российские центры и организации регулярно публикуют экономические данные, которые могут оказаться полезными при анализе и прогнозировании.

При проведении реальных геомаркетинговых исследований могут использоваться все типы исследований в любой последовательности. Например, после описательного исследования может быть принято решение о проведении уточняющего разведочного исследования, результаты которого могут быть дополнены казуальным исследованием.

Принципиальным в постановке задачи геомаркетинговых исследований является то, что в качестве исходных объектов исследования всегда предполагается исследование не только конкретного объекта, но и среды, в которой он находится. Это означает построение

и исследование модели объекта (или объектов), модели среды и связей между объектами и между объектами и средой.

Результатом геомаркетингового исследования является набор количественных и качественных данных о геомаркетинговых объектах. Эти данные включают множество параметров. Параметры характеризуют собой объект исследования и внешнюю среду. Независимые параметры задают пространство параметров, в котором определен объект и среда.

При таком подходе легко выявить различие между геомаркетинговыми объектами и геомаркетинговой средой. Оно состоит в том, что в пространстве параметров «среда–объект» присутствуют также разные наборы параметров общем и индивидуальные только для среды и для объектов. Среда характеризует факторы и силы, внешние по отношению к объектам геомаркетинга. Эти неуправляемые факторы.

Геомаркетинговая среда неоднородна, различают микровнешнюю и макровнешнюю среду. Микровнешняя среда представлена силами, имеющими непосредственное отношение к самой фирме и ее возможностям по обслуживанию клиентуры, т.е. поставщиками, посредниками, клиентами, конкурентами и контактными аудиториями. Макровнешняя среда геомаркетинга определяется как совокупность крупных климатических, общественных и природных факторов, которые воздействуют на все субъекты микровнешней среды. Она включает в свой состав: природные, политические, правовые, научно-технические, культурные, экономические, демографические и прочие факторы. Демографические, экономические и природные факторы являются одними из основных, определяющих геомаркетинговую среду.

Комплексный анализ собранной информации осуществляется на основе современных интегрированных информационных систем и новых информационных технологий. Он включает комплексный анализ рынка, ретроспективный анализ тенденций и получение прогнозных значений состояния рынка и влияние этих состояний на производимую продукцию. Они направлены на изучение стратегий развития организации в целом и ее деятельности.

**Анализ.** В геомаркетинге применяют разные виды анализа: системный, дихотомический [14], импакт-анализ [15], коррелятивный анализ [16], семантический анализ [17], качественный анализ [11]. Отличие современного геомаркетинга состоит в том, что информационные модели строятся на основе семантических информационных единиц [18].

Геомаркетинговые исследования, основанные на геоинформационных технологиях, позволяют анализировать объекты и среду в разных территориальных масштабах: локальном (предприятие), корпоративном, региональном, национальном и глобальном. Таким образом, геомаркетинговые исследования являются инструментом многомасштабного анализа рынка отражением тенденции глобализации рынка. Они создают системный информационный ресурс [19], который применяется при поддержке принятия решений.

**Выводы.** Результатом геомаркетинговых исследований является информационный ресурс [20], который служит основой поддержки принятия решений. Это определяет актуальность развития методов геомаркетинга для ресурсного обеспечения управления. Геомаркетинг является новым инструментом анализа и управления. Геомаркетинг использует геоданные, которые являются системным информационным ресурсом, что позволяет эффективно применять методы системного анализа в геомаркетинге. Геомаркетинг использует пространственные отношения, которые учитывают пространственные факторы экономических характеристик. Геомаркетинг является новым научным направлением в области управления и организации отражает современные тенденции применения пространственной информации для принятия решений.

#### **Литература:**

1. Цветков В.Я. Геомаркетинг. – М.: Машиностроение, 2000. 64 с.
2. Цветков В.Я. Задачи геомаркетинга // Геодезия и аэрофотосъемка. 2000. № 5. С. 146–154.
3. Цветков В.Я. Геомаркетинг. – М.: Финансы и статистика, 2002. 240 с.



4. Cliquet G. (ed.). Geomarketing: Methods and strategies in spatial marketing. John Wiley & Sons, 2013. 659 p.
5. Schüssler F. Geomarketing: Anwendungen Geographischer Informationssysteme im Einzelhandel. Tectum-Verlag, 2000.
6. Савиных В.П., Цветков В.Я. Маркетинг образовательных услуг // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2007. № 4. С. 169–176.
7. Аренков И.А., Багиев Е.Г. Бенчмаркинг и маркетинговые решения. СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та экономики и финансов, 1997.
8. Цветков В.Я. Создание интегрированной информационной основы ГИС // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2000. № 4. С. 150–154.
9. Тихонов А.Н., Иванников А.Д., Соловьёв И.В., Цветков В.Я. Основы управления сложной организационно-технической системой. Информационный аспект. М.: МаксПресс, 2010. 228 с.
10. Fujita M., Krugman P., Venables A.J. Spatial economics // Proceedings of a Workshop organized by the Center for Development Research at the University of Bonn (ZEF Bonn), Germany. 1999. T. 7. С. 1.
11. Ньюман Л. Анализ качественных данных // Социологические исследования. 1998. № 12. С. 101–114.
12. Майоров А.А., Цветков В.Я. Геореференция как применение пространственных отношений в геоинформатике // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2012. № 3. С. 87–89.
13. Соловьёв И.В. Deskриптивное и коммуникационное информационное моделирование: научная монография. М.: МГТУ МИРЭА, 2014. 66 с.
14. Tsvetkov V.Ya. Dichotomous Systemic Analysis. Life Science Journal 2014. 11(6). P. 586–590.
15. Ozhereleva T. A. Impact Analysis of Education Quality Factors // European Journal of Economic Studies, 2013. Vol. (5). № 3. P. 172–176.
16. Tsvetkov V.Ya. Framework of Correlative Analysis // European Researcher. 2012. Vol. (23). № 6–1. P. 839–844.
17. Цветков В.Я. Семиотический подход к построению моделей данных в автоматизированных информационных системах // Геодезия и аэрофотосъемка. 2000. № 5. С. 142–145.
18. Tsvetkov V. Ya. Information Units as the Elements of Complex Models // Nanotechnology Research and Practice. 2014. Vol. (1). № 1. P. 57–64.
19. Savinykh V. P., Tsvetkov V. Ya. Geodata As a Systemic Information Resource. Herald of the Russian Academy of Sciences. 2014. Vol. 84. № 5. P. 365–368.
20. Матчин В.Т. Информационные ресурсы как инструмент научного исследования и развития // Вестник МГТУ МИРЭА. 2014. № 2 (3). С. 235–256.

## Geomarketing research

*Andrey Alexandrovich Maiorov, rector, Moscow State University of Geodesy and Cartography (MIIGAiK)*

*The article analyzes geomarketing and geomarketing research. This article describes the use of geomarketing research in solving a number of problems: decision support, for the formation of information resources, for applications. Article shows that in Geomarketing of the research is related to monitoring as a method of permanent observation sites. Article shows the close relationship between Geomarketing and Geomonitoring. Article shows, that geomarketing research contrast to conventional market research. This difference is the need to integrate and use spatial relationships. Geomarketing research reduces uncertainty. Article shows three main groups geomarketing research: operational, tactical and strategic.*

*Keywords: geoinformatics, marketing, geomarketing, GIS technology, GIS, spatial economics, information technology, information technology management, information resources*

УДК 004.81

## ГЕОИНФОРМАТИКА: ТЕОРИЯ БИОИНСПИРИРОВАННОГО ПОИСКА ОПТИМАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ И ЕЕ ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПРОБЛЕМНО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ ДАННЫХ И ЗНАНИЙ

*Сергей Иванович Родзин, канд. техн. наук, проф.*

*E-mail: srodzin@yandex.ru*

*Лада Сергеевна Родзина, аспирантка*

*E-mail: raisin25@yandex.ru*

*Южный федеральный университет*

*http://www.sfedu.ru*

*В статье обсуждаются основные элементы теории биоинспирированного поиска оптимальных решений. Представлены оригинальные меметические алгоритмы, сочетающие локальный поиск, кооперацию и соревнование. Эксперименты для NP-сложных задач оптимизации показали, что с помощью разработанной теории эти задачи решаются быстро, надежно и точно.*

*Ключевые слова: геоинформатика, биоинспирированный поиск, меметический алгоритм, обработка проблемно-ориентированных знаний.*

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 14-11-00242) в Южном федеральном университете.*

### Введение

Многие задачи в геоинформатике сводятся к задачам поиска оптимальных решений. Особенности таких задач являются нелинейность, многоэкстремальность, недифференцируемость, отсутствие аналитического выражения, высокая размерность пространства поиска и т.д. Для эффективного решения указанных задач интенсивно разрабатываются биоинспирированные алгоритмы поиска оптимальных решений. Возрастает интерес исследователей к решению математических проблем геоинформатики, особенно в области разработки алгоритмов и компьютерных программ, использующих простые механизмы из-



**С.И. Родзин**



**Л.С. Родзина**

менчивости и отбора по аналогии с эволюцией в природе.

Биоинспирированные алгоритмы весьма разнообразны. Их разновидностями, наряду с генетическими алгоритмами, являются алгоритмы генетического программирования, эволюционных стратегий, эволюционного программирования, обучающие классификаторы, алгоритмы Монте-Карло, роевого интеллекта, меметики, гармоничного поиска и др. Одной из основных проблем, с которой сталкиваются их разработчики, является проблема обеспечения баланса между скоростью сходимости алгоритма и диверсификацией поиска. Быстрая сходимость алгоритма означает снижение разнообразия популяции. Напротив, диверсификация поиска расширяет пространство поиска и увеличивает вероятность локализации глобального экстремума задачи. Это – фундаментальные проблемы, ввиду их теоретической и практической важности. Биоинспирированные алгоритмы являются математическими преобразованиями. Они трансформируют входной поток информации в выходной и основаны на правилах имитации механизмов эволюционного синтеза, а также на статистическом подходе к исследованию ситуаций и итерационном приближении к искомому решению. Неполнота знаний о внешнем мире, непредсказуемость реальных ситуаций заставляют исследователей, проектирующих геоинформационные системы, ис-

пользовать модели, инспирированные природными системами, способные подстраиваться к изменению внешней среды и самостоятельно ориентироваться в сложных условиях. Используя компьютерное моделирование на основе биоинспирированных алгоритмов, можно создать сложные системы, для которых не существует аналитического описания.

Для целенаправленного синтеза биоинспирированных алгоритмов с развитыми механизмами решения проблемы баланса, адаптации и самоадаптации, необходима общая теория биоинспирированного поиска оптимальных решений. В статье именно эта задача является основной.

### Постановка задачи поиска оптимальных решений

Поиск оптимальных решений является задачей нахождения экстремума (минимума или максимума) целевой функции в некоторой области конечномерного векторного пространства, ограниченной набором линейных и/или нелинейных равенств и/или неравенств. Одним из наиболее трудных классов задач поиска оптимальных решений являются задачи комбинаторной оптимизации. Постановка этого класса задач состоит в следующем.

Пусть задан отрезок натурального ряда  $M = \{1, 2, \dots, m\}$ ;  $D$  – дискретное пространство, в котором все точки изолированы друг от друга в некотором смысле; гомоморфизм  $f: M \rightarrow D$ , представляющий собой такое соотношение между  $M$  и  $D$ , что: а) каждому элементу  $M$  соответствуют один элемент  $D$  (но не наоборот); б) когда для ряда элементов  $M$  выполняется некоторое отношение, то и для соответствующих элементов  $D$  выполняется соответствующее отношение, причем  $f$  удовлетворяет некоторой системе ограничений  $Z$ . Тройка  $\langle f, D, Z \rangle$  является комбинаторным объектом. Тогда задача поиска оптимального решения заключается в поиске такого решения  $x_0 \in X$ , что

$$x_0 = \arg \min_{x \in X_{\text{доп}} \subseteq X} F(x),$$

где  $X$  – пространство решений задачи, элементами которого являются комбинаторные объекты;

$D \subseteq X$  – подпространство допустимых решений, определяемое некоторым предикатом;

$F: X \rightarrow R$  – целевая функция задачи ( $R$  – множество вещественных чисел).

Сложность решения задач данного класса связана с тем, что многие из них относятся к переборным или NP-сложным задачам. Для них отсутствуют эффективные точные методы решения. Проблема усугубляется дополнительными обстоятельствами. Во-первых, многие практические задачи являются многокритериальными, что существенно усложняет поиск оптимального решения, т.к. требуется определить некоторый компромиссный результат, который в общем случае не является оптимальным ни по одному критерию. Во-вторых, необходимо принимать во внимание нелинейный характер ряда параметров решаемых задач. В-третьих, нестационарность задач, трудность идентификации основных параметров приводят к необходимости поиска решений на основе приближительных и «нечетких» исходных данных.

Полный перебор (например, поиск в ширину или в глубину) в задачах комбинаторной оптимизации пригоден только для самых простейших задач. Для практических задач полный перебор нереален. К тому же исходные данные в задаче часто имеют определенные погрешности, что окончательно делает значительные вычислительные затраты для нахождения точного решения неоправданными.

Развитие методов поиска оптимальных решений вышло за рамки первичного накопления знаний. Ведется анализ и разработка стохастических и эвристических поисковых процедур, позволяющих достичь повышения эффективности алгоритмов оптимизации. К таким процедурам относятся биоинспирированные методы поиска оптимальных решений. Разновидностями биоинспирированных методов являются эволюционные алгоритмы (*genetic algorithms* [1], *genetic programming* [2], *evolution strategies* [3], *evolutionary programming* [4]), *algorithms swarm intelligence (ant colony* [5], *swarm of bees* [6], *flock of birds* [7], *school of fish* [8], *swarm of salmonella bacterium* [9], *behavior of cuckoos during the forced*

*nest parasitism* [10], *glowworm swarm* [11], *weed farmland colonization* [12], *behaviour of frog groups during the food searching process* [13], *swarm of flies* [14], *behaviour of frog groups during the food searching process* [15], *flock of bats* [16]) и др. Необходима теория, обобщающая существующие биоинспирированные алгоритмы поиска оптимальных решений.

### Теория биоинспирированного поиска

Теория биоинспирированного поиска оптимальных решений основывается на следующих гипотезах и закономерностях.

Алгоритмы биоинспирированного поиска представляют собой не просто случайный поиск, а последовательное преобразование множества решений с использованием информации, накопленной в процессе эволюции. Они характеризуются существенно меньшей зависимостью от особенностей приложения, являются более универсальными и обеспечивают лучшую степень приближения к оптимальному решению. Алгоритмы биоинспирированного поиска применимы к решению задач, у которых фазовое пространство переменных не обязательно является метрическим. Применение алгоритмов биоинспирированного поиска эффективно в задачах, где необходимо получить всю историю поведения системы, ее эволюцию в целом. Ключевым элементом формализованных моделей биоинспирированного поиска является построение начальной модели, правил, по которым она эволюционирует, а также подходов к представлению (кодированию) решений. Модели биоинспирированного поиска могут быть лингвистическими и не иметь количественного выражения. Алгоритмы биоинспирированного поиска моделируют процесс поиска оптимальных решений посредством эволюционных операторов селекции, репродукции, мутации и др., поддерживают популяцию структур, которая эволюционирует в окружающей среде. Селекция фокусирует внимание на отборе индивидуумов с более высокими значениями целевой функции, а репродукция, мутация и другие операторы генерируют новых индивидуумов. Все алгоритмы биоинспирированного поиска представляют собой итерационные эвристические процедуры, не имеют ограничений на вид целевой функции. Популяция в алгоритмах биоинспирированного поиска играет роль памяти о структуре пространства поиска решений. Память не обязательно ограничивается лишь лучшими решениями. Различия в алгоритмах биоинспирированного поиска не носят методологический характер и не затрагивают фундаментальные принципы, присущие эволюции независимо от формы и уровня абстракции используемой модели.

Основные положения теории биоинспирированного поиска оптимальных решений представляют собой следующую систему идей. Моделирование эволюции популяции происходит посредством процессов циклического вычисления и оценки функции качества решений с последующей их селекцией и репродукцией. Модели биоинспирированного поиска поддерживают популяции структур, которые эволюционируют в соответствии с правилами отбора и операторами поиска (рекомбинация, мутация). Эволюционировать могут только популяции, которые содержат в себе процессы репродукции и подвержены изменчивости. Процессы репродукции и отбора присущи самоорганизующимся системам. Например, эти процессы автоматически действуют в социальных системах: люди, машины, технологии, системы управления всегда сравниваются и отбираются в этих системах. Невозможно найти хотя бы один факт, когда эволюционировали бы системы, которые не имеют этого алгоритма. Изменчивость элементов популяции не одинакова.

Суть теории биоинспирированного поиска сводится к следующему.

Фиксируется множество объектов  $X$  (популяция решений). Среди объектов необходимо выбрать наилучшие по критерию оптимальности  $F$ . Критерий оптимальности формируется на основе свойств объектов, представляет отображение вида  $F: X \rightarrow R$ , которое каждому объекту  $x \in X$  из множества  $X$  сопоставляет значение  $F(x)$ .

Фенотипическая природа множества объектов произвольна, поэтому строится кодированное представление множества объектов в конечном векторном множестве  $S$  (генотип). Отображение вида  $\varphi: X \rightarrow S$  описывает связь между исследуемыми объектами, кото-



рые являются решениями задачи поиска, и объектами, управление и манипулирование которыми осуществляет алгоритм биоинспирированного поиска.

Существует обратное отображение вида  $\varphi^{-1}: S \rightarrow X$ , где каждому элементу популяции  $s \in S$  соответствует элемент во множестве  $X$ . Тогда процесс оптимизации с помощью алгоритма биоинспирированного поиска состоит в построении множества объектов-решений  $X_{opt} \in X$ , для которых выполняются следующие условия:

$$X_{opt} = \operatorname{argmax} F[\varphi^{-1}(s)], s \in S.$$

В процессе оптимизации множество  $X$  эволюционирует к оптимальному состоянию, изменяя свой состав и параметры входящих в него объектов. Способ построения множества объектов  $s \in S$  определяется алгоритмом биоинспирированного поиска. Эволюция множества  $X$  определяется эволюцией популяции  $S$ . На множестве  $S$  определяется подмножество  $P_0$  – случайная начальная популяция. Решение на каждом шаге эволюции определяется разностной вычислительной схемой  $P_{t+1} = A(P_t)$ , где  $A$  – композиция различных эволюционных операторов. Критерий оптимальности вычисляется на каждом шаге в процессе отбора решений по критерию, реализуемому в композиции операторов эволюции  $A$ .

Другая идея теории относится к реализации системы биоинспирированного поиска. Она состоит в следующем. Алгоритмы биоинспирированного поиска работают не в исходном множестве решений, а в его представлении в кодовом пространстве. Замысел состоит в том, что модель и алгоритм биоинспирированного поиска *разделены*, а система биоинспирированного поиска представляет собой систему с обратной связью.

Структура системы биоинспирированного поиска оптимальных решений приведена на рисунке 1.

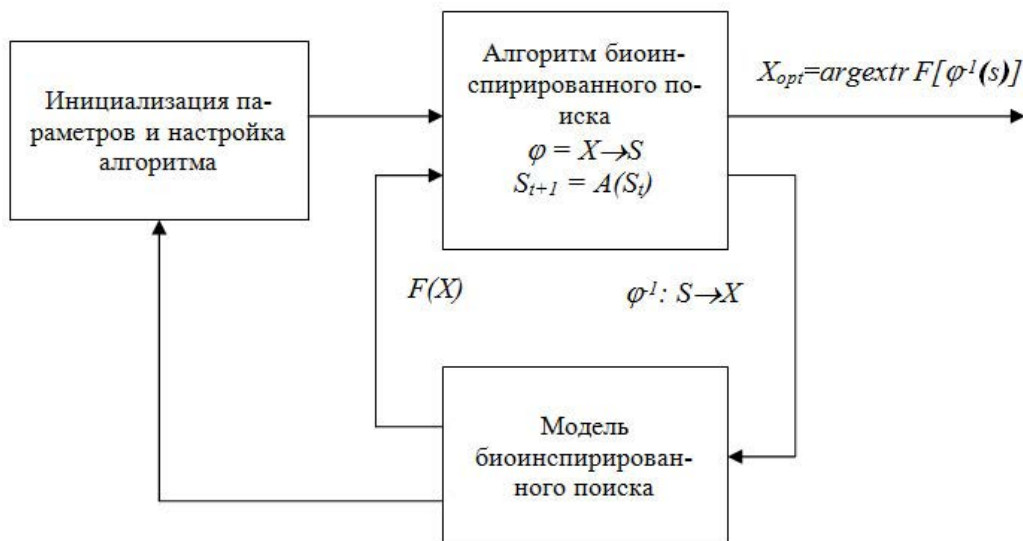


Рисунок 1 – Структура системы биоинспирированного поиска оптимальных решений

Модель биоинспирированного поиска получает от алгоритма очередной набор значений параметров, характеризующих решения  $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  и выдает соответствующее значение функции  $F(X)$ . Данное значение используется биоинспирированным алгоритмом при отборе и формировании новых решений. Процесс останавливается, когда текущий набор значений решений удовлетворяет заданному критерию, то есть найдено оптимальное решение  $X_{opt} = (x_{1opt}, x_{2opt}, \dots, x_{nopt})$ .

Структура системы биоинспирированного поиска является адаптивной за счет использования композиции различных эволюционных операторов  $A$  в разностной вычислительной схеме  $P_{t+1} = A(P_t)$ .

С математической точки зрения процесс эволюции представляет собой движение по ландшафту целевой функции в направлении поиска ее экстремума.

Пусть  $x_j$  – переменные, описывающие состояние природной системы и ее реакцию на внешние воздействия  $M_k$ . Обозначим через  $b_m$  параметры структуры, определяющие функционирование природной системы. Тогда ее функционирование определяется системой из уравнений вида

$$U(x_j, M_k, b_m) = 0.$$

При заданных значениях  $M_k$  и  $b_m$  можно определить состояние системы и ее реакцию на внешние воздействия. В процессе эволюции производится отбор наиболее приспособленных особей. Этому препятствуют ограничения – реальные параметры всегда ограничены по величине. Процесс эволюции моделирует поиск экстремума некоторой функции при наличии ограничений. В качестве аналога процесса эволюции можно использовать функцию следующего вида:

$$Y(X, \Lambda) = F(x_j) + \sum_i \lambda_i U_i(x_j, M_k, b_m) .$$

Здесь  $U_i$  – ограничения в задаче, взятые с коэффициентами  $\lambda_i$ ,  $\Lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n)$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ , где  $n$  – число ограничений.

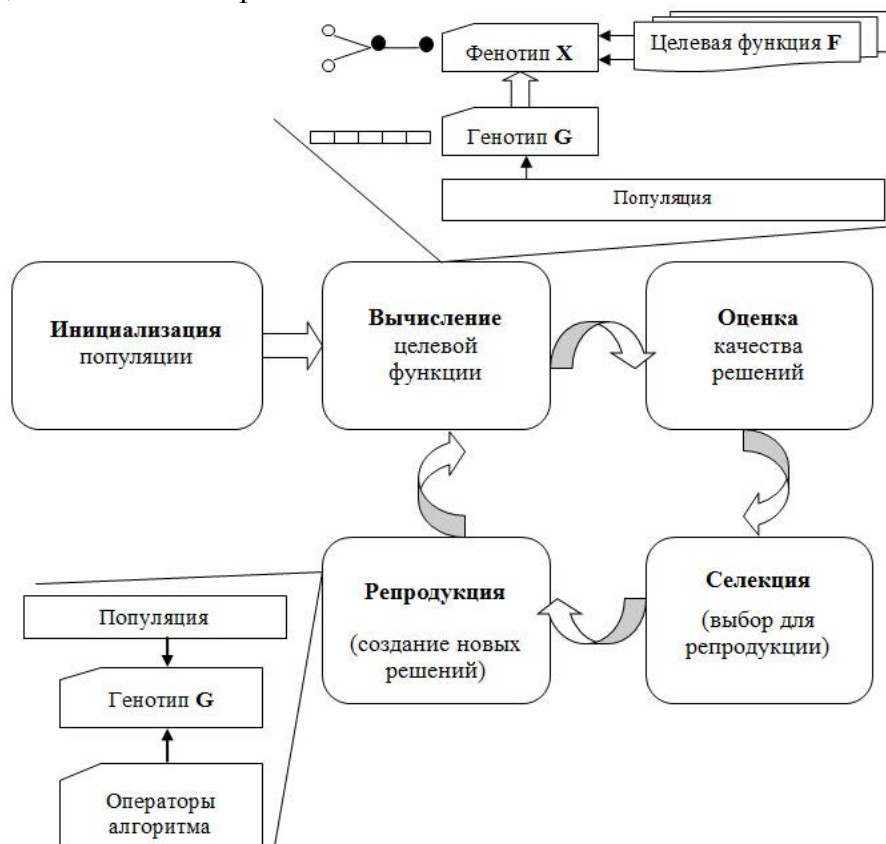


Рисунок 2 – Базовый цикл в эволюционном алгоритме

Для алгоритмов биоинспирированного поиска справедлива *No Free Lunch (NFL)* теорема Вольперта–Макрида [17]. Согласно этой теореме все эвристические алгоритмы «в среднем» являются идентичными, т.е. их производительность одинакова, если усреднить результаты по всевозможным целевым функциям. Теорема устанавливает, что в любом возможном ландшафте целевой функции лучшей стратегией будет хаотичное движение. Чтобы выработать более перспективную стратегию поиска оптимума, необходимо иметь некоторую информацию о характере исследуемого ландшафта. Эвристический алгоритм, хорошо зарекомендовавший себя для некоторого класса задач, может потерпеть неудачу для другого класса задач с другими целевыми функциями. Согласно следствию теоремы, единственным способом сокращения времени и повышения качества биоинспирированного поиска является специализация схемы поиска. Это выражается в использовании проблемно-ориентированных знаний о задаче. Эти знания влияют на эволюцию особей в популяции, на

настройку параметров алгоритма биоинспирированного поиска. Покажем это на примерах конкретных алгоритмов и задач.

Следствием общей теории биоинспирированного поиска оптимальных решений является наличие базового цикла в эволюционном алгоритме, графическое изображение которого приводится на рисунке 2.

Из рисунка 2 видно, что базовый цикл включает следующую последовательность шагов: вычисление целевой функции, оценку качества решений, селективный отбор решений для репродукции и репродукцию, т.е. создание новых решений. Базовый цикл соответствует основным положениям общей теории биоинспирированного поиска оптимальных решений, и является неотъемлемым элементом структуры системы биоинспирированного поиска.

Алгоритм организации вычислений в базовом цикле имеет следующий вид:

*Input:* Функция для оценки качества решений  $cmp_F$

*Input:*  $ps$  – размер популяции решений

*Data:*  $t$  – текущий номер поколения

*Data:*  $P(t=0)$  – исходная популяция решений

*Data:* параметры алгоритма, включая целевую функцию

*Output:*  $X^*$  – найденное оптимизированное решение

*begin*

$t := 0$

*Pop := init Pop(ps) /\*функция init выполняет первоначальную случайную инициализацию популяции \*/*

*while (критерий останова) do*

*v := F (Pop,  $cmp_F$ )*

*P(t) := selection (Pop, v)*

*t := t + 1*

*Pop := P(t) /\*репродукция потомков из отобранных родительских решений с использованием композиции операторов эволюции A:  $P(t+1) = A(P(t))$ \*/*

*return /\*восстановление фенотипа Pop\*/*

*end*

Базовый цикл не исключает существования различных стратегий организации популяции в эволюционном алгоритме. Например, стратегия вымирания предполагает, что популяция на следующем шаге эволюции состоит только из потомков предыдущей популяции, в которых очередная популяция не содержит родительских хромосом, а включает лишь хромосомы сгенерированных потомков.

Другой стратегией является способ, когда популяция на следующем шаге эволюции  $P(t+1)$  формируется как комбинация текущей популяции  $P(t)$  и образованных на ее основе потомков. В этом случае продолжительность жизни отдельных особей в популяции может превышать одно поколение, следовательно, родители и их потомки конкурируют друг с другом за выживание. Например, в такой разновидности эволюционных алгоритмов, как эволюционные стратегии для описания перехода от одного поколения к другому используются следующие обозначения:  $\lambda$  – число потомков,  $\mu$  – число родителей. Тогда запись вида  $(\mu, \lambda)$  при  $\lambda \geq \mu$  означает, что из созданных  $\lambda$  потомков от  $\mu$  родителей  $(\lambda - \mu)$  худших потомков будут исключены из следующего поколения. Стратегия  $(\lambda + \mu)$  при  $\lambda > \mu$  будет обозначать, что в следующее поколение будут отобраны по определенной стратегии  $\mu$  особей из родителей и их потомков.

Еще одной стратегией организации популяции в эволюционном алгоритме является элитизм: в следующем поколении обеспечивается сохранение, по крайней мере, одного лучшего решения из текущего поколения. Следствием этой стратегии является то, что если найден глобальный оптимум, то эволюционный алгоритм гарантирует сходимость процесса, хотя возрастает риск попадания в «локальную яму».

Алгоритм организации элитизма в процессе эволюционных вычислений, представленный на псевдокоде, имеет следующий вид:

*Input:* Функция для оценки качества решений  $cmp_F$ , представляющая собой компаратор, сравнивающий качество решений

*Input:*  $ps$  – размер популяции решений

*Input:*  $as$  – размер архива элитных решений

*Data:*  $t$  – текущий номер поколения

*Data:*  $P(t=0)$  – исходная популяция решений

*Data:*  $Arc$  – архив элитных решений

*Data:* параметры алгоритма, включая целевую функцию

*Output:*  $X^*$  – найденное оптимизированное решение

*begin*

$t := 0$

$Arc := \emptyset$

$Pop := init\ Pop(ps)$

*while* (критерий останова) *do*

$Arc := updateOptimalSetN(Arc, Pop)$  /\*обновленное оптимальное множество\*/

$Arc := pruneOptimalSet(Arc, as)$  (сокращение оптимального множества решений до размера  $ps$ )

$v :=$  функция качества ( $Pop, Arc, cmp_F$ )

$P(t) :=$  селекция ( $Pop, Arc, v, ps$ )

$t := t + 1$

$Pop :=$  репродукция  $P(t)$

*return* /\*восстановление фенотипа оптимального множества решений

$(Pop \cup Arc)$ \*/

*end*

Уточним различия в представленных выше на псевдокоде алгоритмах, реализующих базовый цикл и стратегию элитизма.

Во-первых, создается архив  $Arc$  элитных решений, который первоначально является пустым множеством, а затем обновляется функцией « $updateOptimalSetN$ », которая сохраняет и обновляет полученные элитные решения (алгоритмы реализации этой функции будут подробно рассматриваться в последующих разделах). Во-вторых, если множество элитных решений становится слишком большим, то функция « $pruneOptimalSet$ » сокращает его до величины  $ps$ . В принципе, в алгоритмах, построенных по принципам, отличным от элитизма, такой архив можно сделать пустым множеством ( $Arc := \emptyset$ ).

Конечно, для поддержки теории биоинспирированного поиска оптимальных решений с помощью эволюционных алгоритмов необходимы не только адекватные модели и эффективные алгоритмы. Нужны инструментальные средства и соответствующая среда, обеспечивающая возможность рационального выбора конкретных моделей и алгоритмов эволюции, их подбора под решаемую задачу, позволяющей осуществлять быстрое построение и динамическую настройку параметров алгоритмов. В настоящее время предложено большое количество различных реализаций биоинспирированных алгоритмов, некоторые из них опробованы на тестовых задачах, однако их применение для решения практических задач геоинформатики затруднено ввиду отсутствия или недостаточной гибкости соответствующих программных систем. Существующие на текущий момент программные средства, реализующие генетический поиск, обладают рядом существенных недостатков:

- разработанное программное обеспечение жестко привязано к решаемой задаче на этапах кодирования и декодирования ее решений;
- программирование биоинспирированного алгоритма начинается практически с нуля;
- программное обеспечение закрыто для доработки или для интеграции с другими программами;



- результатов поиска и промежуточных состояния популяции решений не сохраняются, их невозможно анализировать в дальнейшем;
- когнитивные возможности эволюционных операторов являются ограниченными.

В этой связи в дальнейшем предстоит разработать архитектуру среды поддержки биоинспирированных алгоритмов. Она должна включать общесистемную среду и среду поддержки действий пользователя. Общесистемная среда должна обеспечивать общее управление процессами обработки геоинформации, содержать базу данных и знаний моделей, алгоритмов и эволюционных операторов, а также инструменты для сборки рабочих программ. Среда поддержки действий пользователя должна включать интерфейсную часть, поддерживать действия пользователя по выбору вариантов алгоритма, по настройке его параметров с помощью соответствующих диалоговых окон. Среда должна помогать подготавливать определенные форматы исходных данных для решения конкретных задач, а также обеспечивать визуализацию результатов.

С теоретической точки зрения подобного рода структура позволит устранить практически все описанные выше недостатки, но сложность ее практической реализации, возможно, окажется значительной, так как потребуются поддержка различных моделей и биоинспирированных алгоритмов для решения задач обработки геоинформации.

Более перспективной представляется инструментальная среда поддержки биоинспирированных алгоритмов в геоинформатике, которая бы удовлетворяла следующим требованиям:

- возможность встраивания инструментальной среды в различные существующие геоинформационные системы;
- простота настройки биоинспирированного поиска, доступная для неспециалиста в области эволюционного моделирования и программирования;
- наличие блока подбора и адаптации операторов и параметров алгоритмов под решаемую задачу;
- возможность использования внешних функций, реализующих когнитивные возможности эволюционных операторов, способы кодирования и вычисления целевых функций;
- наличие встроенных библиотек алгоритмов и операторов, типов кодирования и тестовых функций, а также возможностей гибкой настройки базового цикла алгоритма и использования внешних функций;
- возможность запуска алгоритма с созданной внешними средствами или ранее сохраненной начальной популяцией;
- наличие блока анализа исходных данных, сохранения, обработки и анализа результатов с расчетом основных статистических данных;
- простота разработки инструментальных средств.

Система должна быть принципиально открытой и процесс ее обучения никогда не завершается созданием окончательной формализованной модели. В этом случае инструментальные средства исполняют роль «информационной машины», которая способна действовать в непрерывном режиме усвоения и реструктуризации информации. Роль обратной связи в такой системе смогут выполнять экспертные знания и правила работы с ними.

При разработке инструментальных средств и среды поддержки биоинспирированного поиска необходимо следовать следующим рекомендациям.

Создать программы, реализующие биоинспирированный поиск, позволяющие настраивать и управлять всеми его параметрами. Речь идет о параметрах, устанавливаемых для популяций и не изменяемых во время работы алгоритма (количество запусков алгоритма, функция качества), а также о параметрах, устанавливаемых для популяций и которые могут изменяться.

База знаний инструментальной среды поддержки биоинспирированного поиска в геоинформатике должна включать базу фактов и базу правил, предназначенную для под-

бора параметров алгоритма и их коррекции. Это могут быть продукционные правила с нечетким заданием переменных или фреймовые структуры.

Логичным выглядит также требование о возможности вычисления целевых функций и функции качества в инструментальной среде путем выбора из библиотеки тестовых функций или путем задания их пользователем или с помощью внешней процедуры.

Немаловажным представляется наличие в инструментальной среде средств для сохранения результатов моделирования, сбора статистики, графического представления и анализа результатов.

С целью получения достоверной информации о качестве работы алгоритма биоинспирированного поиска инструментальная среда должна позволять производить несколько запусков с одинаковыми исходными параметрами, использовать методы математической статистики.

Подобного рода структура инструментальной среды позволит применять её как при разработке и исследовании новых моделей и алгоритмов биоинспирированного поиска, так и в интересах совершенствования и практического применения уже существующих геоинформационных систем.

#### 4 Приложения теории биоинспирированного поиска

В процессе развития общества люди накапливают информацию об окружающем мире. Эту информацию можно считать базой знаний общества, которую его члены могут эксплуатировать в целях оптимизации своего поведения.

В алгоритме биоинспирированного поиска эту базу знаний формализуют в виде продукционных правил и используют в качестве элемента воздействия на популяцию. Основными компонентами алгоритма являются популяция особей-решений и база знаний. Они взаимодействуют посредством двух функций: принятия и влияния. Функция принятия определяет множество наилучших решений, корректирующих базу знаний. Функция влияния задает правила, по которым знания влияют на эволюцию особей в популяции. При этом возможна модификация любого из существующих операторов, обеспечивающих эволюционные изменения в популяции.

Псевдокод данного алгоритма биоинспирированного поиска (*BIK*) имеет вид:

**Begin:**

$t = 0;$

*Инициализация популяции  $P(t)$ ;*

*Инициализация базы знаний  $KB(t)$ ;*

*Оценка популяции  $P(t)$ ;*

**Repeat**

*Взаимодействие ( $P(t)$ ,  $KB(t)$ );*

*Коррекция базы знаний  $KB(t)$ ;*

*Оценка популяции  $P(t)$ ;*

*Эволюция популяции  $P(t)$  на текущей итерации  $t$ ;*

$t = t + 1;$

**Until** (*проверка условий останова алгоритма*)

**End**

Эксперименты на бенчмарках известных задач комбинаторной оптимизации (*Travelling salesman problem* [18], задача диспетчирования [19], задача о расписании [20] и др.) показывают, что адаптация и эволюция среди особей популяции происходит быстрее с использованием базы знаний. Идет накопление знаний, которые передается другим поколениям.

Другой меметический алгоритм (*BMA*) использует концепцию мемов и принцип эволюции [21]. Мем – это информационная единица, способная к самовоспроизводству при помощи людей. Люди хранят и передают эту информацию другим людям посредством коммуникации [22]. В *BMA* мем является реализацией какого-либо алгоритма локальной

оптимизации, уточняющего текущие решения на каждой итерации, либо через несколько итераций. По сути меметический алгоритм – это комбинация глобального и локального поиска путем интеграции эволюционных вычислений с обучением отдельных особей.

**Общая схема ВМА:**

Шаг 1 Создание начальной популяции решений  $P_0 = \{p_1^0, \dots, p_n^0\}$ . Формирование множества мемов. В качестве мемов используется множество различных алгоритмов  $M = \{M_1, \dots, M_k\}$ , например, *Simulated annealing*, *Tabu search*, *gradient method* и др. [23].

Шаг 2 Для каждого решения вычисляем фитнес-функцию  $F_i$ .

Шаг 3 Кооперация путем обмена информацией между решениями (аналогично кроссинговеру в генетических алгоритмах), применение эволюционных операторов.

Шаг 4 Локальный поиск. Лучший мем  $M_i$  выбирается из роя мемов на основе  $h$  запусков локального поиска путем вычисления значений целевой функции оптимизации.

Шаг 5 Создание новой популяции путем соревнования/селекции.

Шаг 6 Проверка критерия окончания поиска (число итераций, оценка улучшения результата), переход на шаг 2, иначе выбор лучшего решения из популяции.

Общая схема меметических алгоритмов открывает широкие возможности для разработки многих его вариантов:

- локальный поиск использовать не на каждой итерации, а через некоторое число итераций по определенному закону;
- для всех элементов популяции решений на всех итерациях может быть использован один и тот же алгоритм-мем или разные мемы для разных элементов популяции и/или для различных итераций;
- основная задача конструирования ВМА – выбор целесообразной стратегии (гиперэвристики) использования того или иного мема из роя доступных мемов  $M$ ;
- построение самоадаптирующихся алгоритмов, когда каждое решение кодируется мультихромосомой, первая часть которой – решение, а вторая часть – мем, с помощью которого получено данное решение.

ВМА описывается следующей синтаксической моделью:

$$MA = \{P_0, t, \mu, \delta_0, \lambda, N, F, q, L\},$$

где  $P_0 = (P_0^1, P_0^2, \dots, P_0^m)$  – исходная популяция мемов из конечномерного дискретного пространства;

$t$  – шаг эволюции  $(0, 1, \dots, t_{max})$ ;

$m$  – размер популяции мемов;

$\delta_0$  – начальный набор параметров для операторов эволюции;

$\lambda$  – размер множества мемов-потомков, сгенерированных на очередном шаге эволюции;

$N$  – размерность задачи;

$F$  – целевая функция;

$q$  – отображение, описывающее связь между мемами и кодируемыми объектами;

$L = \{L_1, L_2, \dots, L_m\}$  – операторы генерации мемов, используемые алгоритмом в процессе эволюции.

В рамках синтаксической модели можно описать все разнообразие алгоритмов ВМА, используя различные сочетания эволюционных операторов.

Для характеристики отдельных классов ВМА введем индекс

$$I(VMA) = (i_3, i_2, i_1, i_0).$$

Индекс представляет собой 4-битовое двоичное число. Младший бит указывает на использование унарного оператора эволюции, аргумент которого включает один мем, следующий бит указывает на использование не более  $m$  мемов, следующий бит указывает на использование не более  $(m + \lambda)$  мемов, старший разряд – на использование  $2^{P_0 \cup \dots \cup P_{i-1}}$  мемов. Если операторы генерации мемов  $L_j(t)$  изменяют свои параметры, то го-

ворят об адаптации мемов. Если изменяется сам оператор  $L_j(t)$ , то говорят о самоадаптации мемов.

Экспериментальные исследования *ВМА* проводились для задачи построения расписания [20]. Постановка этой задачи состоит в следующем.

Дано множество требований к расписанию (длительность, стоимость обработки требования, время поступления требования, директивный срок окончания обслуживания требования и т.п.). Известно множество объектов (машин, приборов, аудиторий и т.п.), на которых требования должны по порядку обслуживаться. Имеются ограничения в задаче: «жесткие» (должны быть удовлетворены и не могут нарушаться) и «мягкие». Задача была формализована на примере составления расписания экзаменационной сессии.

Согласно алгоритму, полученные в ходе эволюции решения в пределах текущей популяции, улучшались в течение одного поколения за счет использования алгоритма локального меметического поиска.

Алгоритм был запрограммирован в *Matlab*, выполнен на компьютере *Intel Pentium 4* (2,33 ГГц) и проверен на реальных наборах тестовых данных.

Результаты экспериментов показали, что качество найденных решений лучше, по сравнению с использованием известных генетических алгоритмов [23].

Алгоритм *ВМА* обеспечивает неплохие результаты для решения целого ряда *NP*-сложных задач: быстро, надежно и точно. Алгоритму присущ параллелизм. Он проще генетических и роевых алгоритмов.

### **Заключение**

Авторы считают, что в данной работе новыми являются следующие результаты: разработаны основные элементы общей теории биоинспирированного поиска оптимальных решений, оригинальные алгоритмы биомететики, сочетающие такие компоненты, как локальный поиск, кооперация и соревнование. Проведенные эксперименты для ряда *NP*-сложных задач оптимизации показали, что с помощью разработанной теории биоинспирированного поиска эти задачи решаются быстро, надежно и точно. Алгоритмы *ВИК* и *ВМА* проще генетических и роевых алгоритмов.

Биоинспирированные алгоритмы – активно развивающаяся область методов оптимизации и принятия решений. На данный момент наиболее перспективным следует считать создание адаптивных версий биоинспирированных алгоритмов поиска, учитывающих предысторию поиска, а также проблемно-ориентированную информацию об области поиска оптимальных решений. Основным инструментом конструирования новых высокоэффективных биоинспирированных алгоритмов является гибридизация. Объем статьи позволил включить лишь очень небольшую часть примеров гибридизации. По этой причине не рассмотрены вопросы параллелизма алгоритмов *ВИК* и *ВМА*, а также задачи многокритериальной оптимизации.

Особенностью биоинспирированных алгоритмов является наличие значительного числа свободных параметров. От них может сильно зависеть эффективность алгоритмов. Имеются лишь экспериментальные рекомендации по выбору значений этих параметров. Необходимы дальнейшие исследования по адаптации и самоадаптации этих параметров.

### **Литература:**

1. *Holland J.H.*: Adaptation in Natural & Artificial Systems. Ann Arbor: Uni of Michigan Press, 1975.
2. *Kureichik V.M. and Rodzin S.I.* Evolutionary algorithms: Genetic Programming. J. Computer System Science Int. 2002. Vol. 41. No. 1. P. 123–132.
3. *Rodzin S.I.* Schemes of Evolution Strategies. Proc. of IEEE Int. Conf. on Art. Intel. Systems (ICAIS, sept. 2002): Los Alamos, California. 2002. P. 375–380.
4. *Fogel D.B.* Evolutionary Computation: The Fossil Record. Piscataway, NJ: IEEE Press, 1998.
5. *Dorigo M., Maniezzo V., Coloni A.* The Ant System: Optimization by a colony of cooperating objects. IEEE / Trans. on Systems, Man, and Cybernetics. Part B. 1996. No. 26(1). P. 29–41.



6. *Pham D.T., Ghanbarzadeh A., Koc E., Otri S., Rahim S., Zaidi M.* The Bees Algorithm. Tech. Note, Manufacturing Eng. Centre, Cardiff University, UK, 2005.
7. *Bastos-Filho C.J.A., Lima-Neto F.B., Lins A., Nascimento A., Lima M.* Fish School Search. Nature-inspired Algorithms for Optimization (NISCO'2010). Springer; Heidelberg, 2009. Vol. 193. P. 261–277 (2009).
8. *Reynolds C.* Flocks, Herds, and Schools: A Distributed Behavioral Model. Computer Graphics, 1987. No. 4(21). P. 25–34.
9. *Das S., Biswas A., Dasgupta S., Abraham A.* Bacterial Foraging Optimization Algorithm: Theoretical Foundations, Analysis and Applications. Foundations of Computational Intelligence. Publisher: Springer, 2009. Vol. 203. P. 23–55.
10. *Yang X.-S., Deb S.* Cuckoo Search Via Levy Flights. Proc. of the World Congress on Nature & Biologically Inspired Computing (NaBIC'2009, India). IEEE Publ., USA, 2009. P. 210–214.
11. *Yang Xin-She.* Firefly Algorithm, Stochastic Test Functions and Design Optimization // Int. Jour. of Bioinspired Computation. 2010. Vol. 2. No. 2. P. 78–84.
12. *Mehrabiana A.R., Lucas C.* A Novel Numerical Optimization Algorithm Inspired from Weed Colonization. Ecological informatics. 2006. No. 1. P. 355–366.
13. *Mucherino A., Seref O.* Monkey Search: a Novel Meta-heuristic Search for Global Optimization / Proc of AIP Conf. «Data Mining, System Analysis and Optimization in Biomedicine». P. 162–173 (2007).
14. *Abidin Z.Z., Arshad M.R., Ngah U.K.* A Simulation Based Fly Optimization Algorithm for Swarms of Mini Autonomous Surface Vehicles Application. Indian Jour. of Geo-marine Sciences. 2011. Vol. 40 (2). P. 250–266.
15. *Eusuff M.M., Lansey K., Pasha F.* Shuffled Frog Leaping Algorithm: a Memetic Meta-heuristic for Discrete Optimization. Engineering Optimization. 2006. Vol. 38. No. 2. P. 129–154.
16. *Yang X.-S.* A New Metaheuristic Sat-inspired Algorithm. Nature Inspired Cooperative Strategies for Optimization (NISCO'2010). Berlin: Springer, 2010. Vol. 284. P. 65–74.
17. *Wolpert D.H., Macready W.G.* The no Free Lunch Theorems for Optimization. IEEE Trans. Evol. Comp. 1997. Vol. 1. No. 1. P. 67–82.
18. *Cormen T.H., Leiserson C.E., Rivest R.L., Stein C.* Introduction to Algorithms. MIT Press, 2009.
19. *Rodzin S.I.* Smart Dispatching and Metaheuristic Swarm Flow Algorithm. J. of Comp. and Syst. Sc. Inter. 2014. Vol. 53. No. 1. P. 109–115.
20. *Conway R.W., Maxwell W.L., Miller L.W.* Theory of Scheduling. Courier Dover Publ., 2003.
21. *Moscato P.* Memetic algorithms. Handbook of Applied Optimization. Oxford: Uni Press, 2002.
22. *Rodzina L., Kristofferson S.* Context-dependent Car Navigation as Kind of Human-Machine Collaborative Interaction. Proc. of the 2013 Int. Conf. on Collaboration Technologies & Systems (CTS'2013, may 20–24, 2013, San Diego, California, USA.). Publ. of the IEEE, 2013. P. 253–259.
23. *Kureichik V.V., Kureichik V.M., Rodzin S.I.* Theory of Evolutionary Computation. Fizmatlit: Moscow, 2012.

**Geoinformatics: theory of bioinspired search for optimal solutions and its application for the processing of problem-oriented data and knowledge**

*Sergey Ivanovich Rodzin, professor, Southern Federal University*

*Lada Sergeevna Rodzina, postgraduate, Southern Federal University*

*The paper discusses the main elements of the theory of bioinspired search for optimal solutions. An original memetic algorithms combining local search, cooperation and competition. Experiments for NP-hard optimization problems have shown that using the developed theory, these problems are solved quickly, reliably and accurately.*

*Keywords: geoinformatics, bioinspired search, memetic algorithm, processing of problem-oriented knowledge.*

## ПРИМЕНЕНИЕ ГЛОБАЛЬНЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

*Александр Анатольевич Лобанов, канд. техн. наук, доц.*

*E-mail: cvdisser@list.ru*

*Московский государственный технический университет радиотехники, электроники и автоматики МГТУ МИРЭА, Москва, Россия*

*<http://www.mirea.ru>*

*В статье рассмотрены глобальные навигационные спутниковые системы, как основа системы поддержки интеллектуальных транспортных систем. Показано, что интеллектуальные транспортные системы применяются для управления всеми видами транспорта, включая морской, речной и корабли Военно-Морского Флота. Дано различие между интеллектуальными системами и автоматизированными системами управления. Показаны условия применения интеллектуальных транспортных систем. Отмечена роль постановления Правительства России № 641 для развития управления транспортом и для развития интеллектуальных систем. Показаны особенности современного состояния развития интеллектуальных транспортных систем и их проблемы в сфере Росморречфлотом.*

*Ключевые слова: интеллектуальные транспортные системы, управление транспортом, интеллектуальное управление судами, информационная поддержка управления транспортом.*

### **Введение**



**А.А. Лобанов**

Современное развитие транспортных систем состоит в первую очередь в создании и применении интеллектуальных транспортных систем (ИТС) [1, 2]. Термин интеллектуальные транспортные системы является общепризнанным международным термином. ИТС – новым направлением в науке, технике и бизнесе, одной из самых эффективных мер для решения проблем транспорта. Проекты ИТС включены в стратегические документы по развитию транспорта, рамочные программы исследований и разработок Евросоюза, например, связанные с использованием GNSS ГАЛИЛЕО. Применение интеллектуальных транспортных систем диктуется современным развитием человеческого общества, уровнем технологий и необходимостью развития транспортных систем.

**Основная часть.** *Интеллектуальные транспортные системы* – системы, создаваемые на основе интеграции средств автоматизации контроля и управления транспортом, информационных и коммуникационных технологий, глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС), динамических геоданных и единой информационной среды в транспортную инфраструктуру, транспортные средства, ориентированные на повышение безопасности и эффективности транспортных потоков и пользователей транспорта [2].

Следует отметить ошибки при трактовке понятия интеллектуальные транспортные системы. Часто современные автоматизированные системы управления (АСУ) ошибочно отождествляют с интеллектуальными системами. Соответственно автоматизированное управление ошибочно отождествляют с интеллектуальным управлением. Часто координирование объектов с помощью ГНСС ошибочно называют интеллектуальным управлением. Часто использование систем автоматической навигации ошибочно называют интеллектуальным управлением.

Интеллектуальное управление подвижными объектами имеет свою специфику [3], которая при создании и использовании ИТС требует решения следующих проблем:

- координирование подвижных объектов (морских судов и кораблей ВМФ в том числе) [4];

- создание координатно-временной среды поддержки интеллектуального управления [5];
- создание навигационных систем поддержки интеллектуального управления;
- создание оперативных систем связи поддержки интеллектуального управления;
- создание оперативного информационного пространства поддержки интеллектуального управления [6];
- создание специальных пространственных моделей для интеллектуального управления [7];
- радикальное изменение работы транспортных служб (командных пунктов) с исключением, где необходимо, человека как звена низкой пропускной способности;
- введение технологий интеллектуального управления на базе ИТС.

Таким образом, ИТС в отличие от АСУ обязательно требуют создания среды поддержки [5]. Без этой координатно-временной среды поддержки ИТС не могут эффективно выполнять свои функции.

На рисунке 1 приведена схема интеллектуального управления с использованием спутниковых технологий.

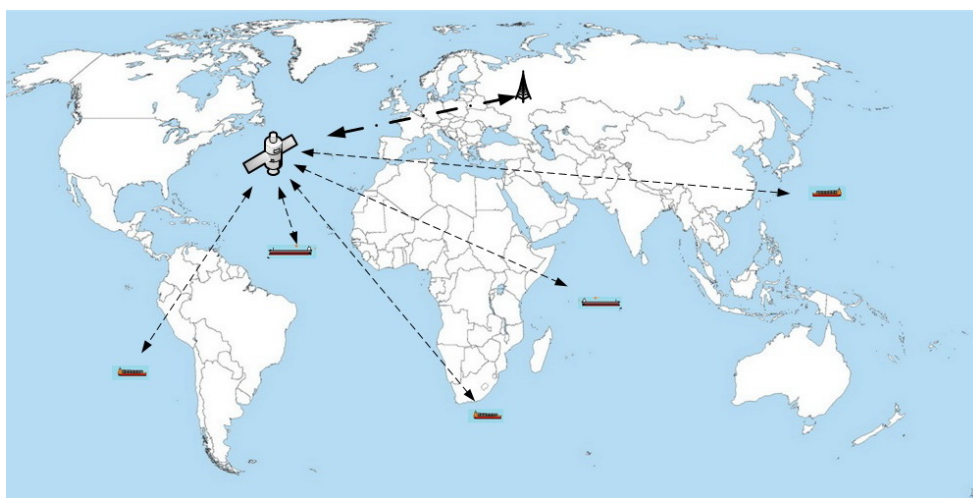


Рисунок 1 – Интеллектуальное управление подвижными объектами

Она включает все перечисленные выше факторы. На ней показана двухсторонняя связь между подвижными управляемыми объектами. Управление решает задачи координации перевозок, осуществляет оперативную связь с центром управления, решает задачи навигации и оповещения об условиях движения.

Радикальное изменение, вносимое интеллектуальными системами, состоит в том, что они на два–три порядка (в 100–1000 раз) быстрее человека принимают решение и анализируют ситуации. ИТС анализируют ситуации, которые по информационному объему настолько велики, что исключают возможность обработки их человеком или группой лиц. ИТС анализируют ситуации, которые по сложности связей и отношений исключают возможность обработки их человеком или группой лиц. ИТС, в отличие от АСУ, на основе накапливаемого опыта самостоятельно вырабатывают правила принятия решений в повторяющихся сложных ситуациях.

Постановлением Правительства Российской Федерации от 25 августа 2008 г. № 641 «Об оснащении транспортных, технических средств и систем аппаратурой спутниковой навигации ГЛОНАСС или ГЛОНАСС/GPS» вводится постепенное оснащение транспортных средств аппаратурой спутниковой навигации как основы (но не равнозначно) для использования ИТС. В частности, планируется оснастить все морские суда и суда внутреннего речного и смешанного («река–море») плавания.

Реализация ИТС в глобальном масштабе возможна только в условиях применения глобальных навигационных спутниковых систем и единого информационного пространства, построенного на основе динамической модели геоданных. В свою очередь, модель гео-

данных [2] для поддержки принятия решений также создается на основе применения ГНСС. В целом это определяет доминирующую роль ГНСС при создании ИТС.

Развитие ИТС базируется на системном подходе и системной интеграции, что формирует ИТС как системы, а не как отдельные модули (сервисы). В настоящее время в России наблюдаются четыре процесса, связанные с развитием ИТС:

- разработка различными предприятиями и организациями собственных моделей ИТС;
- адаптация зарубежной и отечественной радиоэлектронной аппаратуры к собственным моделям;
- предоставление локальных услуг (в основном мониторинга и дистанционной охраны автотранспорта);
- продажа бортовых комплексов сухопутной навигации и комплектующих.

Создание комплекса «Интеллектуальные транспортные системы» в масштабе страны предполагает создание организационно-технической инфраструктуры обеспечения транспортных, энергетических и геоинформационных коммуникаций и разработку нормативной правовой базы, способствующей ее развитию. На рис.2 приведены основные задачи создания национального комплекса «Интеллектуальные транспортные системы». Как следует из рисунка 2, основой развития ИТС являются ГНСС.

Одним из методологических принципов применения ИТС является методология применения информационной ситуации [9], информационного взаимодействия [10], пространственных отношений [11], информационных единиц [12]. Разработка ИТС начинается как проблемно ориентированной системы [13], которая дополняется методами интеллектуального управления и анализа.

Создание и развитие систем высокоточного позиционирования на основе технологий ГЛОНАСС состоит в развертывании программно-аппаратных комплексов и на этой основе обеспечение навигационной информацией транспортных служб и хозяйств, дорожно-строительных организаций, эксплуатационных служб, выполнение кадастровых и картографических работ, навигационное обеспечение проведения различных работ, решение ряда задач в интересах Военно-Морского Флота Российской Федерации.

Реализация постановления Правительства РФ № 641 об оснащении морских судов и судов внутреннего речного и смешанного (река–море) плавания аппаратурой спутниковой навигации ГЛОНАСС позволяет существенно повысить безопасность и качество перевозок. Аспект навигации связан с оснащением речных судов системой получения и применения электронных навигационных карт и цифровых моделей. В этих системах информация глобальной навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС/GPS является основной.

К 2015 г. планируется создание сплошного навигационного поля, которое обеспечит судоходство на всем протяжении внутренних линий. Применение спутниковых технологий позволяет обеспечить круглосуточную и всепогодную работу судов речного флота в условиях ограниченной видимости и в темное время суток, что даст значительный экономический эффект. Применение систем спутниковой навигации минимизирует роль человеческого фактора, зачастую приводящего к авариям при лоцманской проводке судов в акваториях морских и речных портов.

В рамках создания обеспечивающей подсистемы ИТС в Российской Федерации, предполагается создать семь зон речных информационных служб на Единой глубоководной системе, соответствующих зонам ответственности бассейновых органов государственного управления внутренних водных путей

Это соответствует Концепции речных информационных служб, принятой Рабочей группой по внутреннему водному транспорту Европейской экономической комиссией (ЕЭК) ООН. Это повышает эффективность управления движением судов и перевозками во взаимосвязи с другими видами транспорта.

Проблемой остается создание нормативно–правовой базы судоходства на внутренних водных путях (ВВП) РФ с использованием информации ГЛОНАСС/GPS.

В настоящее время средствами спутниковой навигации ГЛОНАСС/GPS оснащены



более 2000 судов. Росморречфлотом в соответствии с Федеральной целевой программой (ФЦП) «ГЛОНАСС» выполнены мероприятия по оснащению свыше 40 контрольно–корректирующими станциями (ККС) подходов к морским и речным портам. Это значительно повышает точность определения местоположения судов и, соответственно, уровень безопасности судоходства и обеспечит полное покрытие внутренних водных путей России сигналами высокоточной навигации.

Выполнены работы по оснащению береговых станций автоматической идентификационной системой (АИС), обеспечивающей управление судами в прибрежных районах с использованием технологии ГЛОНАСС.

В рамках реализации ФЦП «ГЛОНАСС» выполнены мероприятия по оснащению внутренних водных путей 52 береговыми станциями АИС. На подходах к морским портам России действуют системы управления движением судов (СУДС), каждая из которых оборудована береговыми станциями АИС.

Выполнены мероприятия по оснащению судов комплексами оборудования с использованием системы ГЛОНАСС, включающими системы отображения электронных навигационных карт и информации (СОЭНКИ), приемоиндикаторы ГЛОНАСС/GPS и судовые АИС.

Росморречфлотом ведутся работы по оснащению судов внутреннего речного и смешанного (река–море) плавания государственных бассейновых управлений водных путей и судоходства (ГБУВПиС) автоматизированными промерно-изыскательскими комплексами (АПК) с приёмниками ГЛОНАСС/GPS и созданию электронных карт и баз данных для картографического обеспечения внутренних водных путей с использованием глобальных навигационных спутниковых систем и их функциональных дополнений.

ФЦП «ГЛОНАСС» позволяет успешно решать задачи по навигационно-гидрографическому, гидрометеорологическому и топогеодезическому обеспечению сил ВМФ и других видов Вооруженных Сил Российской Федерации в океанских стратегических районах и морских зонах, а также по навигационно-гидрографическому обеспечению морской деятельности Российской Федерации с учетом международных обязательств по охране человеческой жизни на море во внутренних морских водах, территориальном море, прилежащей и экономической зонах находящихся под юрисдикцией Российской Федерации.

С использованием спутниковых технологий решены вопросы мониторинга загрязнений моря судами по данным дистанционного зондирования. В частности решена задача определения загрязнения морской поверхности конкретными судами. Решение основано

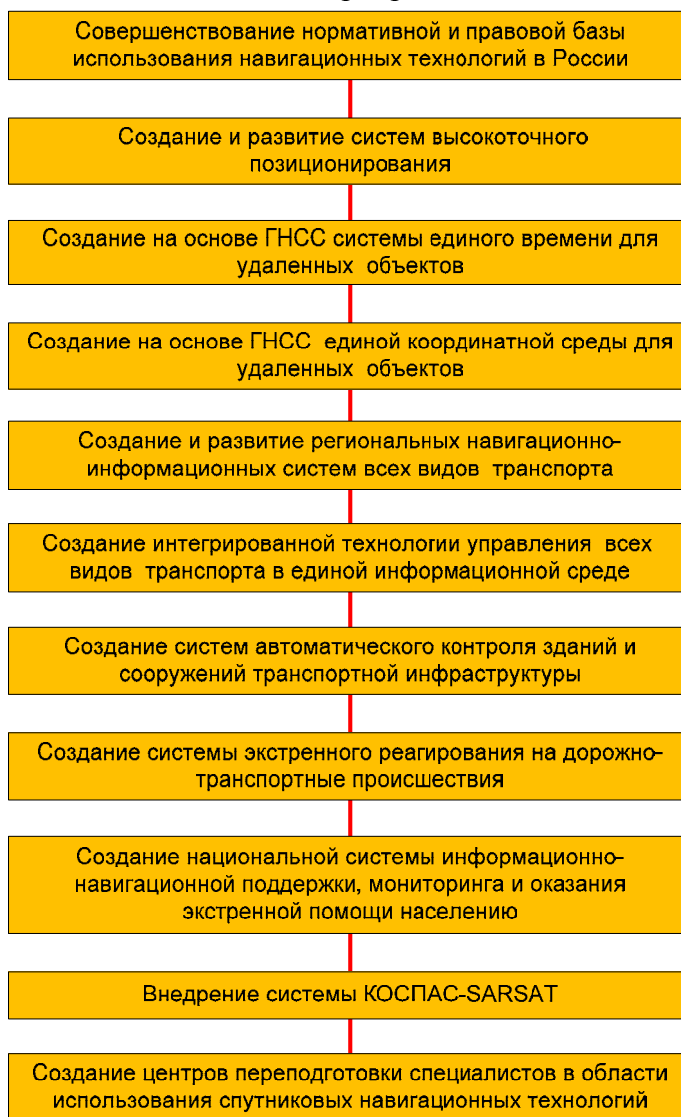


Рисунок 2 – Создание национальной системы ИТС

на применении геоинформационного [4] подхода применительно к мониторингу загрязнений моря. В качестве основы мониторинга применяются радиолокационные изображения высокого разрешения.

Создание и развитие региональных навигационно-информационных систем для всех видов транспорта позволяет совершенствовать транспортную инфраструктуру регионов, улучшать транспортную доступность для населения региона, повышать качество выполнения государственных функций и предоставления транспортных услуг.

Создание систем автоматического контроля состояния зданий и сооружений транспортной инфраструктуры ставит целью не только контроль состояния зданий и инженерных сооружений (плотин, мостов, и т.д.), но и прогнозирование состояния объектов на базе высокоточного навигационного оборудования для предотвращения техногенных катастроф. Дополнительно к этому в рамках данного этапа решаются задачи создания и ведения транспортного кадастра. Следует еще раз подчеркнуть, что транспортный кадастр строится на основе динамической модели геоданных.

Следует отметить внедрение системы КОСПАС-САРСАТ в рамках национальной ИТС. Целью внедрения системы является оказание своевременной помощи при аварийных ситуациях на авиационном и морском транспорте, а также во время нахождения человека в труднодоступных районах страны. Применение системы позволит: повысить безопасность, включая транспортную; повысит оперативность нахождения человека в труднодоступных районах страны; снизить временные, экономические и людские затраты на проведение поисковых операций; обеспечить интеграцию с информационно-навигационными системами ГЛОНАСС; обеспечить использование персональных автоматических радиобуев и системы КОСПАС-САРСАТ [14].

Создание центров подготовки/переподготовки специалистов в области использования спутниковых навигационных технологий на базе российских вузов и средне-специальных учебных заведений позволяет решить ряд важных задач. К числу основных следует отнести задачи:

- а) информирование российских и зарубежных граждан о состоянии системы ГЛОНАСС, возможностях и перспективах использования спутниковых навигационных технологий;
- б) стимулирование подготовки специалистов по новым специальностям, в том числе в области использования навигационных спутниковых технологий;
- в) обеспечение кадрами комплексы ИТС и ГНСС, применительно к транспорту и другим практическим сферам деятельности.

В целом применение национального комплекса ИТС способствует координации ресурсов государства и бизнеса для решения экономических и социальных задач, а также для повышения качества жизни граждан России.

Низкая стоимость оборудования в этих системах достигается за счет оптимального использования преимуществ спутниковой навигации и информационных технологий связи, а также их ориентации на максимально полное выполнение требований пользователей. В них есть широкий выбор дополнительного оборудования, которое позволяет существенно расширить возможности системы

На сегодняшний день сформировались условия для радикального разрешения проблемы эффективного управления транспортным комплексом в целом и каждым из транспортных средств, в частности. Это обусловлено появлением в дополнение к уже действующим технологиям управления новых систем и устройств:

- навигационных спутниковых систем, которые обеспечивают определение на электронной карте местности местонахождения транспортного средства с точностью до 10 м;
- датчиков прохождения транспортных средств через контрольные зоны с фиксацией характерных признаков, работающих на новых физических принципах;
- сотовых и спутниковых систем связи; бортовых компьютерных систем транспортных единиц;

- компьютерной обработки больших массивов данных в центрах управления движением и обмен данными с водителями.

Традиционные средства управления транспортным движением (светофоры, табло, дорожные знаки, различного рода датчики интенсивности транспортного потока на магистралях) получили новое качественное развитие благодаря широкому использованию современных технических средств управления, созданию световых табло, отображающих оперативную информацию.

В мировой практике управление транспортом широко осуществляется с помощью телематики [15]. Именно слово «телематика» является основой функционирования интеллектуальных транспортных систем. Цель управления транспортным комплексом заключается в создании региональной и городской ИТС, способной обеспечить эффективность транспортного комплекса и необходимые объемы грузовых и пассажирских перевозок.

ИТС решает задачи минимизации количества транспортных средств, занятых в перевозках, времени в пути, длины маршрутов. Она контролирует соблюдение правил дорожного движения, число дорожно-транспортных происшествий, негативное воздействие на окружающую среду, затраты на развитие и содержание транспортного комплекса.

Разработке интеллектуальных методов и моделей предшествует коррелятивный анализ, выявляющий скрытые связи и отношения между параметрами среды и объекта управления [16].

Большое значение при создании ИТС приобретают методы геоинформатики [17]. Это обстоятельство актуально для ИТС поскольку наблюдается интеграция методов искусственного интеллекта и геоинформатики. Возрастает значение методов интеллектуальной логистики. Непосредственно для управления используют специальные интеллектуальные технологии такие, как технологии искусственных нейронных сетей или технологии мультиагентных систем.

**Заключение.** В целом следует отметить, что, несмотря на необходимость введения интеллектуальных технологий управления и ИТС, работы в области управления ведутся в основном фрагментарно: в части автоматизации управления подвижными объектами в первую очередь и интеллектуализации – во вторую. Причины две – несовершенство правовой базы и некомпетентность чиновников руководителей (не надо путать с руководителями-специалистами), которые не понимают сложности ИТС и тормозят их развитие.

#### Литература:

1. *Deakin E., Frick K.T., Skabardonis A.* Intelligent Transport Systems // ACCESS Magazine. 2009. Т. 1. No. 34. P. 29-34.
2. *Маркелов В. М., Соловьёв И. В., Цветков В.Я.* Интеллектуальные транспортные системы как инструмент управления // Государственный советник. 2014. № 3. С. 42–49.
3. *Савиных В.П., Цветков В.Я.* Развитие методов искусственного интеллекта в геоинформатике // Транспорт Российской Федерации. 2010. № 5. С. 41–43.
4. *Балыбердин А., Синецкий В., Соловьёв И.* Об информационном обеспечении реализации национальной морской политики // Морской сборник. 2007. № 4. С. 25–30.
5. *Бармин И.В.* и др. Координатное обеспечение системы глобального мониторинга / И.В. Бармин, Д.У. Данхем, В.П. Кулагин, В.П. Савиных, В.Я. Цветков // Вестник НПО им. С.А. Лавочкина. 2014. № 3. С. 109–115.
6. *Соловьёв И.В.* и др. Единое информационно-управляющее пространство ВМФ. От идеи до реализации / под ред. В.И. Кидалова. СПб.: Ника, 2003. 490 с.
7. *Савиных В.П., Цветков В.Я.* Геоданные как системный информационный ресурс // Вестник Российской академии наук. 2014. Т. 84. № 9. С. 826–829.
8. *Цветков В.Я.* Применение геоинформационных технологий для поддержки принятия решений // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2001. № 4. С. 128–138.
9. *Tsvetkov V.Ya.* Information Situation and Information Position as a Management Tool // European Researcher. 2012. Vol. (36). No. 12–1. P. 2166–2170.
10. *Tsvetkov V. Ya.* Information Interaction as a Mechanism of Semantic Gap Elimination // European Researcher. 2013. Vol. (45). No. 4–1. P. 782–786.
11. *Майоров А.А., Цветков В.Я.* Геореференция как применение пространственных отноше-

ний в геоинформатике // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2012. № 3. С. 87–89

12. Цветков В. Я. Информационные единицы сообщений // Фундаментальные исследования. 2007. № 12. С. 123–124.

13. Цветков В.Я. Разработка проблемно ориентированных систем управления. М.: ГКНТ, ВНИЦентр, 1991. 113 с.

14. Ковержнев Е.А., Сурков Д.М. Анализ надежности связи в системе КОСПАС-САРСАТ // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. 2006. № 99. С. 111–115.

15. Пржибыл П., Свитек М. Телематика на транспорте. М.: МАДИ (ГТУ), 2003. 540 с.

16. Tsvetkov V.Ya. Framework of Correlative Analysis // European Researcher. 2012. Vol.(23). No. 6–1. P. 839–844.

17. Майоров А.А. Состояние и развитие геоинформатики // Науки о Земле. Вып. 03.2012. С. 11–16.

### **The use of global navigation satellite systems to support intelligent transportation systems**

*Alexandr Anatolievich Lobanov, Ph.D., Associate Professor, Moscow State Technical University of Radio Engineering, Electronics and Automation MSTU MIREA*

*The article describes the global navigation satellite system as a basis of support for intelligent transportation systems. The article describes the use of intelligent transportation systems for the management of all types of transport, including sea and river. The article describes the difference between intelligent systems and automated control systems. The article describes the conditions for the application of intelligent transport systems. The paper highlights the role of the Russian government decree No. 641 for the development of traffic management and for the development of intelligent systems. The article highlights features of the current state of the development of Intelligent Transport Systems in the field of activity of the Ministry of Maritime and River Transport of Russia. In the article the problem of the use of ITS in the field of marine and inland water transport.*

*Key words: intelligent transportation systems, transportation management, intelligent control of the courts, information support management for transport*

УДК 532.5.032:51-37

## **РАСЧЕТ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПОВЕРХНОСТИ ОКЕАНА ПО СПУТНИКОВЫМ ИЗОБРАЖЕНИЯМ**

*Марина Георгиевна Алексанина, канд. техн. наук, ст. науч. сотр.*

*E-mail: margeo@mail.ru*

*Сергей Евгеньевич Дьяков, мл. науч. сотр.*

*E-mail: sergdkv@gmail.com*

*Алексей Андреевич Загумённый, инж.-прог.*

*E-mail: truepikvic@gmail.com*

*Институт автоматизи и процессов управления ДВО РАН*

*<https://www.iacp.dvo.ru>; <https://www.satellite.dvo.ru>*

*Описываются технологии расчета термодинамических параметров поверхности океана (температуры, параметров синоптических вихрей, скоростей течений) по изображениям метеорологических спутников Земли. Разрабатываемые технологии нацелены на повышение точности и достоверности проводимых расчетов для использования в оперативном мониторинге аквато-*



рий. Все они внедрены и используются в Центре коллективного пользования «Региональный спутниковый мониторинг окружающей среды ДВО РАН».

*Ключевые слова:* метеорологические спутники, температура поверхности океана, синоптические вихри океана, скорости поверхностных течений.

### Введение

На протяжении более чем 100 лет основной стратегической задачей развития Дальнего Востока является укрепление влияния России в бассейне Тихого океана. Именно здесь, на самой протяженной морской границе, проходят основные транспортные морские и воздушные пути. Ведется добыча морских энерго- и биоресурсов. Только данные со спутников дистанционного зондирования Земли могут регулярно давать информацию для таких обширных территорий и акваторий. Поэтому для Дальнего Востока чрезвычайно актуально освоение технологий мониторинга по данным метеорологических спутников с расчетом основных физических параметров океана.



М.Г. Алексанина

Расчет и построение температуры поверхности океана (ТПО) является одной из ключевых задач мониторинга морских акваторий. От ее решения зависят последующие задачи – достоверный расчет таких термических структур как вихри, струи, апвеллинги. Построению композиционных карт посвящено значительно количество работ [1–4]. В настоящее время для построения композиционных карт ТПО используется или простое осреднение данных (так делается в проекте NOAA/NASA Pathfinder) [5] или метод оптимальной интерполяции, используемый, например, в проекте New Generation Sea Surface Temperature – NGSST [4].

Циркуляция океана представляет собой «плотную упаковку» вихрей различных размеров [5], поэтому поле скорости течений синоптического масштаба можно представить как совокупность полей течений конкретных синоптических объектов – вихрей и фронтальных течений. Спутниковые изображения океана в инфракрасном, видимом и микроволновом спектральных диапазонах являются квазимгновенными отпечатками термодинамики как самого океана, так и взаимодействия океана и атмосферы. Яркостные неоднородности спутниковых инфракрасных изображений океана не являются чисто поверхностными явлениями, а отображают физические характеристики вод.



С.Е. Дьяков

Расчёт скоростей течений на поверхности океана – одна из наиболее актуальных научных и практических задач. Было доказано, что при расчете скоростей перемещений для



А.А. Загумёнов

потоков, присущих вихрям и течениям синоптического масштаба визуальное-ручное прослеживание перемещений яркостных неоднородностей (метод морских маркеров) дает приемлемые результаты [6, 7, 8]. Все имеющиеся подходы к построению автоматического метода расчета скоростей [9–16] имеют 2 существенных недостатка – занижение значений величин скоростей и наличие значительного количества «ложных» векторов (не удовлетворяющих заданной точности).

В Центре коллективного пользования «Региональный спутниковый мониторинг окружающей среды ДВО РАН» (Спутниковый центр ДВО РАН) уже более 20 лет ведется прием и обработка данных всей группировки метеорологических спутников над регионом. На основе получаемых данных ведется разработка новых методов автоматического получения по спутниковым изображениям температуры поверхности океана, параметров излучения водной поверхности и биопараметров океана, скоростей поверхностных течений, динамических параметров синоптических вихрей.

Разработана технология построения композиционных карт ТПО, основанная на расчете наиболее вероятной температуры поверхности за заданный интервал времени (а не средней, как это принято в основном в настоящее время). Подход позволяет сохранять четкость термических фронтов океана. Наличие четких термических фронтов позволяет рассчитать структуру течений в форме доминантных ориентаций термических контрастов (ДОТК) [17, 18]. ДОТК, построенные по композиционным полям ТПО, являются основой автоматического выделения вихрей и фронтальные течения с расчетом положения, формы и размера синоптических объектов. На основе термической неоднородности поверхности океана разработан метод автоматического получения оценок скоростей поверхностных течений, основанный на прослеживании термических неоднородностей по последовательности спутниковых изображений (кросскорреляционная методика с новым критерием отбраковки неправильно рассчитанных векторов).

### **Технологии расчета термодинамических параметров поверхности океана**

#### **1. Температура поверхности океана (ТПО)**

Два вида температуры воды имеют особое значение: температура на глубине в 1 метр (bulk), и температура тонкого, миллиметрового слоя морской воды (skin). Температура на глубине в 1 м меньше подвержена влиянию дневного прогрева и отражает информацию о структурах поверхности океана. Точность температуры на глубине в 1 метр легко определяется по данным дрейфующих буев, передающих информацию в систему GTS (Global Telecommunications System WMS). Температура миллиметрового слоя поверхности океана может определяться по данным спутниковых измерений (после учета влияния облачности). Она определяет скорость обмена энергией между океаном и атмосферной и существенно меняется из-за суточного прогрева. Результат измерения температуры тонкого верхнего слоя поверхности океана верифицируется по данным радиометров, смонтированных на плавающих платформах, но число таких платформ невелико.

Карты температур поверхности океана, построенные по одиночным спутниковым снимкам, хорошо отражают как абсолютные значения температур, так и положение океанических образований, но возможно только при отсутствии облачности. В том случае, когда обозреваемый регион закрыт частичной облачностью, используются композиционные карты температуры поверхности океана.

Построение карт температуры поверхности океана требует следующих шагов (в случае наличия карт радиационных температур) (рисунки 1):

- фильтрация участков поверхности океана, закрытых облачностью;
- расчет значений температуры поверхности океана с использованием технологий MCSST, NLSST;
- построение грубых композиционных карт поверхности океана;
- дополнительная фильтрация облачности с использованием композиционных карт поверхности океана построенных на шаге 3;
- построение композиционных карт поверхности океана данным, прошедшим дополнительную фильтрацию.

Для построения карт температуры поверхности океана в Спутниковом центре ДВО РАН используются данные спутников серии POES NOAA и MTSAT (MTSAT-1R, MTSAT-2). Выбор спутников серии MTSAT связан с удачным расположением последних для наблюдения за западной частью Тихого океана и достаточно хорошим качеством радиометров.

Ярко-выраженные полосовые шумы на изображениях канала IR2 спутника MTSAT-1R устраняются с помощью отдельного алгоритма, использующего наличие корреляции между радиационными температурами каналов IR1, IR2 спутника MTSAT-1R. Поэтому для выбранного региона размером 100 на 100 км рассчитываются параметры преобразования  $B(T(IR1))$  радиационной температуры канала IR1– $T(IR1)$  в разность каналов  $T(IR1)–T(IR2)$ . Затем рассматриваются колебания разницы  $T(IR1)–T(IR2)–B(T(IR1))$  и после дополнительного осреднения с помощью горизонтального медианного фильтра оценивается

величина полового шума в каждом пикселе изображения, после чего исходные величины радиационных температур корректируются.

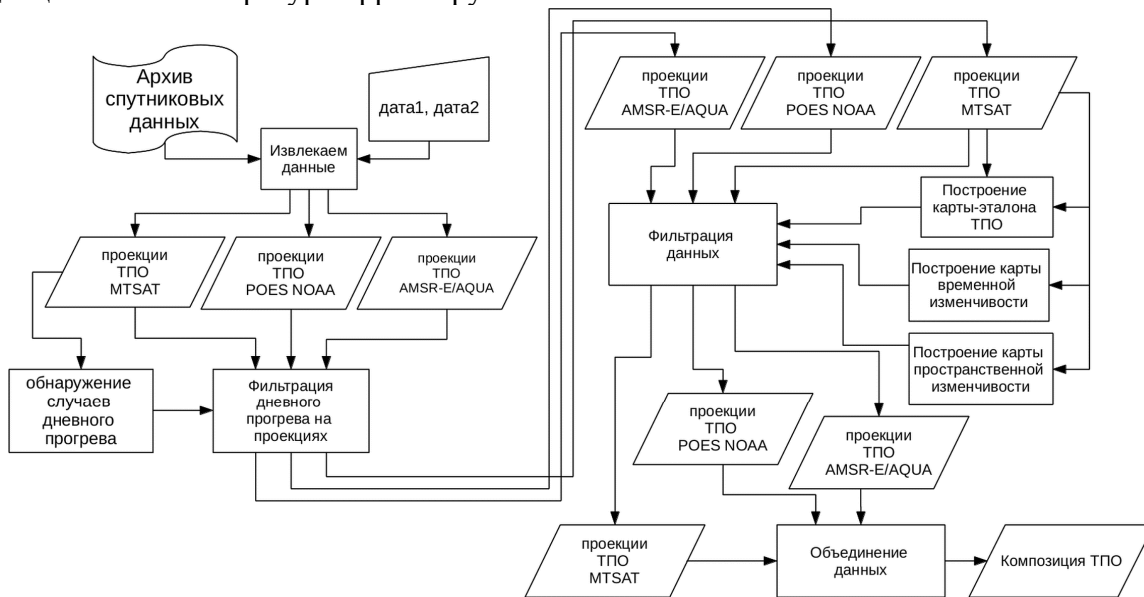


Рисунок 1 – Схема построения структурных композиционных карт ТПО

Грубая фильтрация облачности осуществляется с помощью классических пороговых алгоритмов, в которых величина порогов задана таблично как зависимость от высот Солнца и спутника над горизонтом.

Построение карты-эталона (грубой композиционной карты) производится с помощью медианного осреднения значений ТПО пикселей находящихся в окрестности данной точки и объединяет данные за 1 неделю.

Дополнительная фильтрация облачности включает:

- расчет карт пространственной и временной изменчивости значений ТПО;
- фильтрацию облачности на основе карты-эталона, карт пространственной и временной изменчивости согласно следующей зависимости:

$$\|T_{ТПО} - T_{эталон}\| < T_{простр.изм} + T_{врем.изм};$$

- фильтрацию случаев экстремального дневного прогрева тонкого верхнего слоя поверхности океана с помощью сопоставления дневных и ночных карт ТПО.

Построение композиционной карты ТПО выполняется с помощью медианного осреднения данных, прошедших дополнительную фильтрацию облачности. Получаемые таким образом композиционные карты (рисунок 2) содержат робастные оценки температуры поверхности океана, хорошо сохраняют очертания океанологических объектов.

## 2. Синоптические вихри

Метод автоматического обнаружения вихрей в океане использует два алгоритма: алгоритм поиска вихря с оценкой его размера и алгоритм построения контура ядра вихря. Фильтрация ложных и обнаружение устойчивых во времени объектов производится в два этапа. Сначала происходит отбраковка объектов по форме и «протеканию» ДОТК через его контур с учетом иерархии масштабов (от больших объектов к меньшим), а затем учитывается устойчивость вихрей во времени, которая оценивается по перемещениям объектов и их параметрам (размерам, форме и «протеканию») [19]. Для отбраковки ложных вихрей, которые составляют подавляющее большинство по одиночным изображениям, используется процедура трассировки. Суть трассировки состоит в том, что по серии карт для каждого объекта одного изображения находится ближайший к нему в окрестности его размера объект на другом изображении, после чего происходит сравнение их параметров. Если расстояние между объектами не превышает допустимого, то в случае высокой корреляции параметров, вихри объединяются в пару. Данная процедура повторяется для всей серии изображений. В результате устойчивые вихри стабильно выделяются алгоритмом,



при этом отфильтровывается подавляющая часть ложных объектов. Анализ показал высокую надежность прослеживаемых в течение 5 дней и более вихрей в условиях тяжелой облачности. Только 12% объектов оказались ложными.

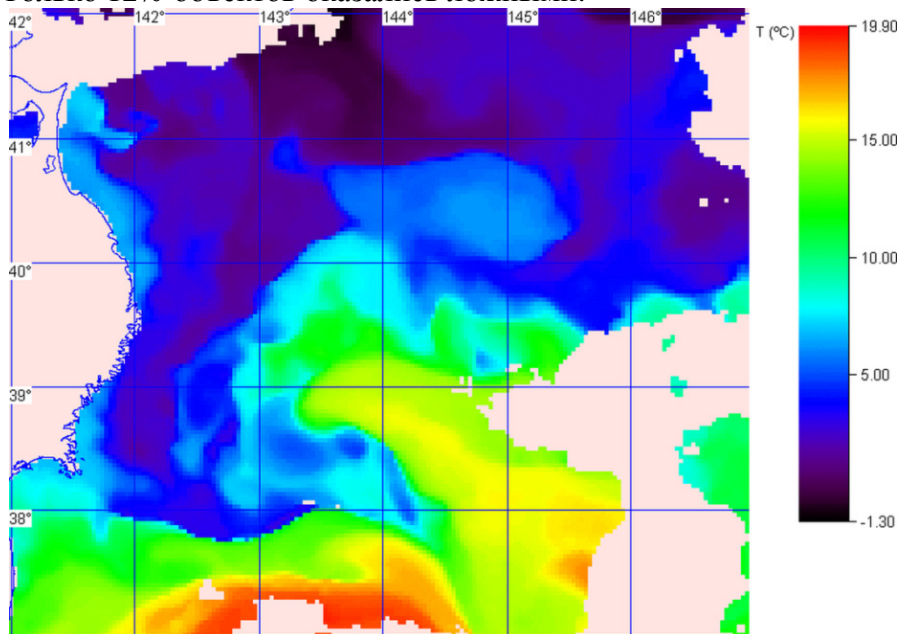


Рисунок 2 – Пример структурной композиционной карты ТПО за 15.03.2013

Созданный метод автоматического выделения синоптических вихрей с возможностью трассировки позволяет отследить эволюцию вихря и динамику его параметров (рисунок 3).

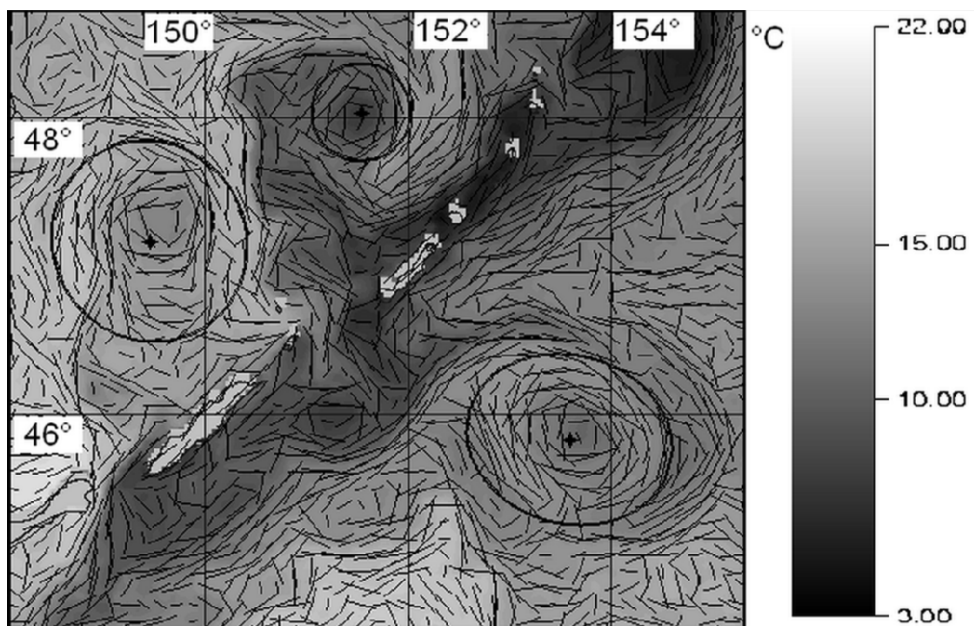


Рисунок 3 – Представление циркуляции на поверхности океана виде композиционной карты ТПО за 11.09.2010, совмещенной с картой ДОТК за 11.09.2010 и выделенными автоматически ядрами синоптических вихрей

### 3. Скорости течений

Технология автоматического расчета скоростей поверхностных течений (рисунок 4) по последовательности спутниковых изображений базируется на прослеживании термических неоднородностей и оценке их перемещений на спутниковых ИК-изображениях стандартным методом максимума кросс-корреляции (МКК) [20]. Предполагается, что за время наблюдения структура изображения, соответствующая шаблону, перемещается равномерно без поворотов. Оригинальность предложенного метода автоматического прослежива-



ния термических неоднородностей и оценка их перемещений на основе критерия подобия площадок двух изображений состоит в наличии нового критерия отбраковки некорректно рассчитанных перемещений. Используется не величина сходства площадок  $S$ , а «априорная оценка точности» расчета скорости. «Априорная оценка точности» рассчитывается по следующей технологии.

Для площадки исходного изображения и площадки-образа на другом изображении строятся аналоги автокорреляционных функций, где вместо величины автокорреляции используется модернизированная величина критерия сходства  $IQI$  [21]. Утверждается, что он наиболее близок к визуальной оценке качества изображений и представляет собой произведение трех положительных, нормированных на единицу величин:

$$IQI = \frac{\sigma_{12}}{\sigma_1 \cdot \sigma_2} \cdot \frac{2 * \bar{I}_1 \bar{I}_2}{\bar{I}_1^2 + \bar{I}_2^2} \cdot \frac{2 * \sigma_1 \sigma_2}{\sigma_1^2 + \sigma_2^2},$$

где первый множитель – это коэффициент корреляции  $r$  яркостей двух площадок с нулевыми средними значениями ( $\sigma_1, \sigma_2$  – соответствующие стандартные отклонения), второй множитель характеризует меру схожести средних яркостей  $I$ , а третий – это параметр схожести контрастов  $S$ . При полном совпадении изображений максимальная величина индекса равняется единице. По аналогии и с учетом специфики обрабатываемых изображений (средняя яркость ИК-изображений может меняться значительно за период между моментами получения изображений) в качестве параметра схожести площадок возьмем этот индекс, заменив второй множитель более приемлемым:

$$K = r^\alpha \cdot E^\beta \cdot S^\gamma,$$

где  $\alpha, \beta, \gamma$  – положительные величины,  $E$  – нормированное рассогласование яркостей площадки первого изо-

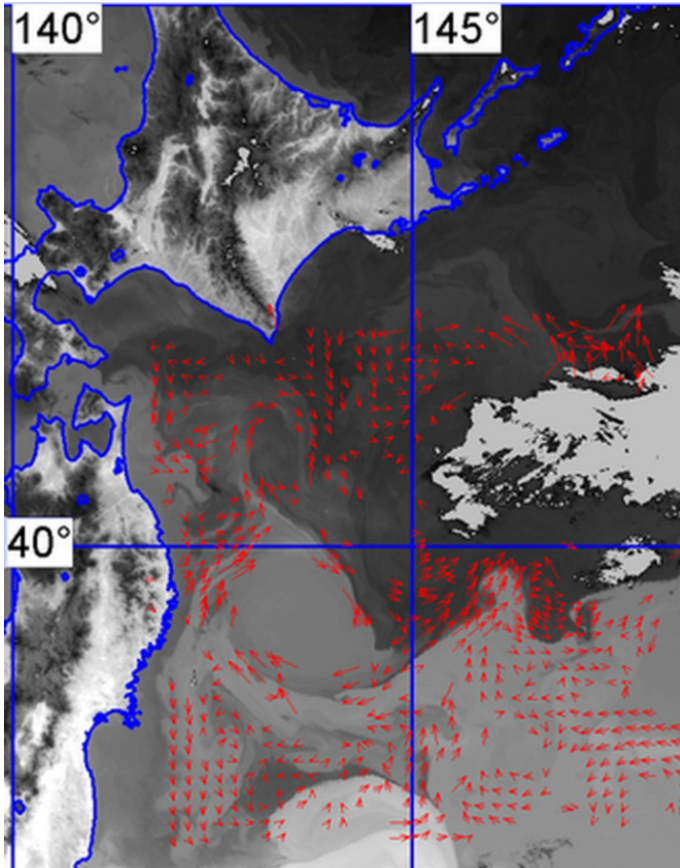


Рисунок 4 – Рассчитанные скорости течений, наложенные на поле ТПО за 11–12 апреля 2011 г.

бражения с яркостями площадки второго изображения, сдвинутой относительно первой на вектор перемещения  $(p, q)$ :

$$E(p, q) = 1 - \frac{1}{e_1 + e_2} \sum_j \sum_i | [I(i, j) - \bar{I}_1] - [I(i + p, j + q) - \bar{I}_2] |,$$

$$e_1 = \sum_j \sum_i | I(i, j) - \bar{I}_1 |, \quad e_2 = \sum_j \sum_i | I(i + p, j + q) - \bar{I}_2 |.$$

Размер сечения этих функций на уровне, равной величине  $S$ , считается пропорциональным ошибке расчета перемещения и используется для априорной оценки точности перемещения. Критерий отбраковки пропорционален максимальному радиусу сечения автокорреляционной функции на уровне величины максимума кросс-корреляции [22, 23]. Он позволил улучшить точность расчета величины перемещения водных масс, и в несколько раз увеличить число строящихся корректных векторов перемещений.

Средняя ошибка автоматического расчета была в пределах 5–9 см/сек. Занижение скорости не превышало 3-х см/сек. При наиболее часто используемом временном интервале в 12 часов скорости течений выше 60 см/сек не строятся из-за быстрого размыва

структуры термической неоднородности. Требуется уменьшение временного интервала. Новый подход к расчету скоростей поверхностных течений позволил резко уменьшить число некорректно рассчитанные векторов при уменьшении величины отбраковки корректных.

### Заключение

Авторы считают, что в данной работе новыми являются следующие положения и результаты. Разработанные методы автоматического получения по спутниковым изображениям температуры поверхности океана, динамических параметров синоптических вихрей, скоростей поверхностных течений позволили повысить точность и достоверность расчетов. Все эти подходы внедрены в практику работы ЦКП «Региональный спутниковый мониторинг окружающей среды ДВО РАН» и используются для оперативного мониторинга за состоянием прибрежных акваторий (рисунок 4).

### Литература

1. May D.A., Parmeter M.M., Olszewski D.S., McKenzie B.D. Operational Processing of Satellite Sea Surface Temperature Retrievals at the Naval Oceanographic Office // Bulletin of the American Meteorological Society. 1998. Т. 79. No. 3. С. 397–407.
2. Martin M., Dash P., Ignatov A., Banzon V., Beggs H., Brasnett B., Cayula J., Cummings J., Donlon C., Gentemann C., Grumbine R., Ishizaki S., Maturi E., Reynolds R.W., Roberts-Jones J. Group for High Resolution Sea Surface temperature (GHRSSST) Analysis Fields Inter-comparisons. Part 1: A GHRSSST Multi-product Ensemble (GMPE) (Deep Sea Research); Part II: Topical Studies in Oceanography. 2012. Т. 77. С. 21–30.
3. Reynolds R.W., Smith T.M. Improved Global Sea Surface Temperature Analyses Using Optimum Interpolation // Journal of Climate. 1994. Т. 7. No. 6. С. 929–948.
4. Sakaida F., Kawamura H., Takahashi S., Shimada T., Kawai Y., Hosoda K., Guan L. Research and Development of the New Generation Sea Surface Temperature for Open Ocean (NGSST-O) Product and its Demonstration Operation // Journal of Oceanography. 2009. Т. 65. No. 6. С. 859–870.
5. Casey K.S., Cornillo P. A Comparison of Satellite and in Situ-based Sea Surface Temperature Climatologies // Journal of Climate. 1999. Т. 12. С. 1848–1862.
6. Каменкович В.М., Кошляков М.Н., Монин А.С. Синоптические вихри в океане. Л.: Гидрометеиздат, 1987. 512 с.
7. Svejkovsky S. Sea surface flow estimation from Advanced Very High Resolution Radiometer and Coastal Zone Color Scanner Satellite Imagery: A Verification Study / J. Geophys. Res. 1988. No. 93. P. 6735–6743.
8. Алексанин А.И. Скорость геострофического течения на поверхности: сопоставление спутниковых и судовых измерений // Исследование Земли из космоса. 1991. № 6. С. 55–61.
9. Breaker L.C., Krasnopolsky V.M., Rao D.B., Yan X.-H. The Feasibility of Estimating Ocean Surface Currents on an Operational Basis using Satellite Feature Tracking Method // Bulletin of the American Meteorological Society. 1994. Vol. 75. No. 11. P. 2085–2095.
10. Ильин Ю.П. Метод оценки морских течений по спутниковым данным посредством обращения модели переноса трассера. Севастополь: Морской гидрофизический институт АН УССР, 1989. 51 с.
11. Wu; Wu Q.X., Pairman D., McNeil S., Barnes E.J. Computing Advective Velocities from Satellite Images of Sea Surface Temperature // IEEE Trans. Geosci. Remote Sens., 1992. No. 30. P. 166–176.
12. Vastano A.C., Borders S.E. Sea Surface Motion over an Anticyclonic Eddy on the Oyashio Front // Remote Sens. Environ. 1984. No. 16. P. 87–90.
13. Vastano A.C., Borders S.E., Wittenberg R. Sea Surface Flow Estimation with Infrared and Visible Imagery // J. Atmos. Ocean. Technology, 1985. No. 2. P. 401–403.
14. Бобков В.А. и др. Релаксационно-контурный алгоритм определения векторов морских течений по спутниковым изображениям и его синоптическая верификация / В.А. Бобков, А.В. Казанский, М.А. Морозов, А.А. Щебенькова // Автометрия. 2003. № 1. С. 73–81.
15. Emery W.J., Thomas A.C., Collins M.J., Crawford W.R., Mackas D.L. An Objective Method for Computing Advective Surface Velocities from Sequential Infrared Satellite Images // J. Geophys. Res., 1986. Vol. 91. No. C11. P. 12865–12878.

16. *Kamachi M.* Advective Surface Velocities Derived from Sequential Images for Rotational Flow Field: Limitations and Applications of Maximum Cross-correlation Method with Rotational Registration // *J. Geophys. Res.*, 1989. 94. P. 18227–18233.

17. *Tokmakian R., Strub P.T., McClean-Padman J.* Evaluation of the Maximum Cross-correlation Method of Estimating Sea Surface Velocities from Sequential Satellite Images // *J. Atmos. Ocean. Technology*, 1990. No. 7. P. 852–865.

18. *Алексанина М.Г.* Автоматическое выделение поверхностных структур океана по инфракрасным данным спутников NOAA // *Исследования Земли из космоса*. 1997. № 3. С. 44–51.

19. *Александрин А.И., Алексанина М.Г., Горин И.И.* Спутниковые ИК-изображения: от термических структур к полю скоростей // *Исследование Земли из космоса*. 2001. № 2. С. 7–15.

20. *Александрин А.И., Загуменнов А.А.* Проблемы автоматического обнаружения вихрей океана по спутниковым ИК-изображениям // *Исследование Земли из космоса*. 2011. № 2. С. 1–11.

21. *Bowen M.M., Emery W.J., Wilkin J.L.; Tildesley P.C., Barton I.J., Knewtson R.* Extracting Multiyear Surface Currents from Sequential Thermal Imagery Using the Maximum Cross-correlation Technique // *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*. 2002. No. 19. P. 1665–1676.

22. *Wangand Z., Bovik A.C.* A Universal Image Quality Index // *IEEE Signal Processing Letters*. 2002. Vol. 9. P. 81–84.

23. *Александрин А.И., Алексанина М.Г., Карнацкий А.Ю.* Автоматический расчет скоростей перемещений ледовых полей // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2011. Т. 8. № 2. С. 9–17.

24. *Александрин А.И., Алексанина М.Г., Карнацкий А.Ю.* Автоматический расчет скоростей поверхностных течений океана по последовательности спутниковых изображений // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2013. Т. 10. № 2. С. 131–142.

### **Calculation of thermodynamic parameters of ocean surface on satellite imagery**

*Marina Georgiyevna Alexanina, PhD, Senior Researcher, Institute of Automation and Control Processes of FEB RAS*

*Sergey Evgenyevich Dyakov, Junior Researcher, Institute of Automation and Control Processes of FEB RAS*

*Alexey Andreyevich Zagumennov, Engineer-Programmer, Institute of Automation and Control Processes of FEB RAS*

*Technologies of monitoring of physical parameters of sea surface (temperature, currents velocities, synoptic eddies parameters) on satellite imagery are described. The main goal of research is to increase accuracy and reliability of calculations for operational monitoring of ocean hydrodynamic parameters. These technologies were developed and are used in Satellite Center of FEB RAS.*

*Keywords: meteorological satellites, sea surface temperature, ocean eddies, sea surface currents velocities.*

## ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ АНАЛИЗА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ АКВАТОРИЙ СОРБЦИОННО-МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

*Виктор Карлович Григорьев, канд. техн. наук, доц.*

*E-mail: grigoriev@mirea.ru*

*http://www.mirea.ru*

*Анатолий Анатольевич Антонов, программист*

*E-mail: antonov@mirea.ru*

*Московский государственный технический университет радиотехники, электроники и  
автоматики МГТУ МИРЭА*

*https://www.mirea.ru*

*В статье рассматривается математическая модель для исследования процесса аварийного разлива нефти в водной среде. Описывается базирующийся на этой модели и разработанный авторами программный комплекс. Рассматриваются возможности комплекса по моделированию процессов очистки нефтяного пятна в прибрежной зоне с помощью биодеструкторов углеводородов. Дается графическое представление результатов моделирования распространения и очистки прибрежных зон от углеводородных загрязнителей.*

*Ключевые слова: Прибрежная зона, распространение углеводородов в водной среде, математическая модель, штаммы деструкторов углеводородов, программный комплекс моделирования, аварийный разлив нефти*



**В.К. Григорьев**

### **Введение**

Эффективные действия по ликвидации аварий и обоснованные профилактические работы по предотвращению аварий предполагают детальное изучение процессов, протекающих при загрязнении морских прибрежных зон в результате техногенных катастроф (разлива нефтепродуктов) и влияния на эти процессы различных управленческих решений. Одним из наиболее адекватных методов изучения аварий является метод математического моделирования.

Современные мощные компьютеры обеспечивают возможности детального математического моделирования сложных химико-биологических процессов, базовые программные средства (такие как СУБД, Графические среды и т.п.) дают возможность обработки и визуализации больших и сложных структур данных в реальном масштабе времени, а во многих случаях и с многократным ускорением. В настоящее время особое значение приобретает удобство использования (usability) компьютерных средств поддержки научных исследований и технологических процессов в различных областях человеческой деятельности, в частности, в экологии.

Причем программная реализация таких методов в виде моделирующей системы позволяет не только анализировать численные характеристики параметров аварий при ее различном течении в зависимости от внешних воздействий. При надлежащем интерфейсе, такая система может использоваться при обучении сотрудников различных служб, участвующих в мероприятиях по предотвращению, локализации и ликвидации последствий аварий [1].

В статье рассматривается программный комплекс для исследования процессов распространения нефтепродуктов и микроорганизмов-деструкторов углеводородов в водной



**А.А. Антонов**



среде и анализа технологических параметров процесса очистки акваторий сорбционно-микробиологическим методом. Этот программный комплекс поддерживает исследования, направленные на восстановление природных регуляторных связей в различных природных экосистемах, нарушенных вследствие всевозрастающего техногенного воздействия общества. Накоплен обширный материал, свидетельствующий о том, что нарастающие количества загрязнений окружающей среды приводят к нарушению естественных биоценозов, обеднению количественного и качественного состава микрофлоры, ухудшению физических свойств воды и почв. Это, в свою очередь, резко снижает индекс биоразнообразия и ухудшает экологическую ситуацию в районах, подверженных техногенному воздействию. В последние годы интерес к фундаментальному исследованию процессов биологической реабилитации окружающей среды, загрязненной ксенобиотиками, в частности, нефтью и нефтепродуктами, заметно возрос. Однако, несмотря на достаточное количество публикаций, посвященных решению этой задачи, они часто имеют рекламный характер, в них отсутствует системный комплексный подход, предусматривающий восстановление природных биоценозов, базирующийся на изучении процессов, закономерностей и механизмов их саморегуляции.

### Математическая модель процесса распространения загрязняющих веществ в водоеме

Основываясь на результатах работы [2] отнесем к значимым параметрам оценки экологических последствий аварии или залповых сбросов загрязнителей концентрацию самого загрязнителя, потребление кислорода, а также концентрация растворенного кислорода.

На распространение культуры, попавшей в прибрежную полосу, существенное влияние оказывают следующие факторы:

- форма водоема;
- местоположение в водоеме створа слива поллютантов;
- наличие станций аэрации;
- наличие течений в водоеме.

Математическая модель процесса распространения загрязняющих веществ в водоеме расширяет функциональные возможности модели, описанной в работе [2] на произвольный тип загрязняющих веществ. Она учитывает такие процессы, как: аллювиальные отложения поллюантов, распространение поллюантов в виде пленки на поверхности водоема, а также добавляет процессы реарации, респирации и фотосинтеза кислорода.

Задача распространения загрязнения при залповых выбросах в водоеме, математически описывается совокупностью систем дифференциальных уравнений в частных производных параболического типа, для которых решается задача Дирихле и обыкновенных дифференциальных уравнений, для которых решается задача Коши, а ее решение определяется суперпозицией их решений.

$$\nabla^2 C(r,t) - \frac{\partial C(r,t)}{\partial t} = 0, \quad (1)$$

где  $\nabla$  – лапласиан;

$C$  – концентрация нефтепродуктов в точке  $r$  в момент времени  $t$ ;

$r$  – 3-мерный вектор;

$t$  – текущее время.

С учетом течений уравнение (1) трансформируется в уравнение (2):

$$\frac{\partial C(r,t)}{\partial t} = D\nabla C(r,t) + V\Delta C(r,t), \quad (2)$$

где  $\Delta$  – оператор набла;

$D$  – коэффициент диффузии;

$V$  – скорость течения для кислорода.

В основе учета микроорганизмов-деструкторов (с точки зрения потребления нефтепродуктов), основанных на теоретических и экспериментальных исследованиях в области восстановления природных биоценозов, лежит теоретическая концепция и базирующиеся на ней новые научно-методические подходы к решению ряда актуальных проблем экологии. В основе их лежат разработки по изучению процессов биовосстановления объектов окружающей среды и математическому моделированию этих процессов. Скрининг штаммов-деструкторов углеводов из почв разных типов и природно-климатических зон позволяет отобрать, изучить и идентифицировать штаммы, активно окисляющие различные классы ксенобиотиков, в том числе, углеводов и исследовать динамику численности микроорганизмов разных физиологических групп, их взаимное влияние в биоценозах [3].

Поскольку микробы-деструкторы чрезвычайно чувствительны к метеорологическим условиям и химическому составу среды, учет последних становится необходимым элементом математического моделирования.

В систему вводится уравнение (3) для кислорода с добавлением возможности респирации, реэрации и фотосинтеза и совокупность уравнений учета микроорганизмов

$$\frac{\partial O_2(r,t)}{\partial t} = \nabla O_2(r,t) + V \Delta O_2(r,t) + K_p (O_2^{100\%} - O_2) + \frac{K_\phi}{h}, \quad (3)$$

где  $O_2$  – содержание кислорода в точке  $r$  в момент времени  $t$ ;

$K_p$  – коэффициент респирации/реэрации;

$K_\phi$  – коэффициент фотосинтеза.

Учет биологических микроорганизмов (с точки зрения потребления кислорода) дополнительно вносит в систему следующую совокупность уравнений:

$$C(r,t) = F_n(B(r,t), C(r,t)), \quad (4)$$

где  $B$  – концентрация деструкторов в точке  $r$  в момент времени  $t$  с учетом процессов роста и смерти;

$F_n$  – функция потребления деструкторами углеводов в точке  $r$  в момент времени  $t$ .

Пользуясь методом расслоения физических процессов, на одном шаге расчета будем отдельно решать краевую задачу для диффузии, для течения и отдельно для процессов фотосинтеза, респирации и реэрации. Задача последовательно решается для одного загрязнителя, а общее решение получается суперпозицией решений по отдельным загрязнителям. Отдельно решается задача по кислороду с учетом потребления кислорода загрязняющими веществами.

Перейдем к описанию разностных схем, используемых при аппроксимации совокупности систем дифференциальных уравнений.

Решение уравнения диффузии основывается на явной шеститочечной разностной схеме:

$$\frac{C_i^{n+1} - C_i^n}{\tau} - D_i^n \frac{C_{i+1}^n - 2C_i^n + C_{i-1}^n}{h^2} = 0,$$

где  $\tau$  – шаг по времени;

$h$  – шаг по пространственной координате.

Решение уравнения переноса основывается на разностной схеме «ориентированный уголок»:

$$\begin{cases} \frac{C_i^{n+1} - C_i^n}{\tau} + V_i^n \frac{C_i^n - C_{i-1}^n}{h} = 0, & V_i^n \geq 0 \\ \frac{C_i^{n+1} - C_i^n}{\tau} + V_i^n \frac{C_{i+1}^n - C_i^n}{h} = 0, & V_i^n < 0 \end{cases}$$

Решение уравнения реэрации и респирации основывается на следующей разностной схеме:

$$(O_2)_i^{n+1} = (O_2)_i^n + K_p((O_2^{100\%})_i^n - (O_2)_i^n).$$

Решение уравнения фотосинтеза основывается на следующей разностной схеме:

$$(O_2)_i^{n+1} = (O_2)_i^n + \frac{K_\phi}{h}.$$

Необходимо отметить и условие устойчивости разностных схем, при котором решение аппроксимационной задачи будет сходиться:

$$\frac{d\tau}{h^2} \leq \frac{1}{2},$$

где  $d$  – коэффициент диффузии;

$\tau$  – шаг по времени;

$h$  – шаг по пространственной координате.

Программная система процесса распространения загрязняющих веществ в водоеме описывает функциональные возможности базирующейся на вышеописанной математической модели для произвольного типа загрязняющих веществ и микроорганизмов-деструкторов. Она учитывает такие процессы, как: аллювиальные отложения полиантов, распространение полиантов в виде пленки на поверхности водоема, а также добавляет процессы реэрации, респирации и фотосинтеза кислорода, а также учитывает разложение углеводов с помощью деструкторов

### Программная модель

Программный комплекс состоит из четырех основных функциональных подсистем: управляющей подсистемы, подсистемы ввода и редактирования исходных данных, подсистемы выполнения расчетов и графического отображения результатов в динамике, подсистемы отображения сохраненных в базу данных результатов расчетов.

Подсистема ввода и редактирования исходных данных позволяет создавать, редактировать и удалять через мастер таблиц или графический редактор: типы загрязняющих веществ, источники загрязняющих веществ, станции аэрации, течения, острова, впадины и другие объекты, а также показывать созданные графические объекты в различных конфигурациях (рисунок 1).

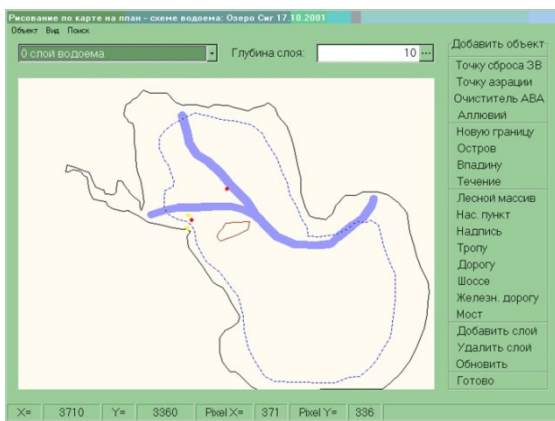


Рисунок 1 – Интерфейс графического редактора системы

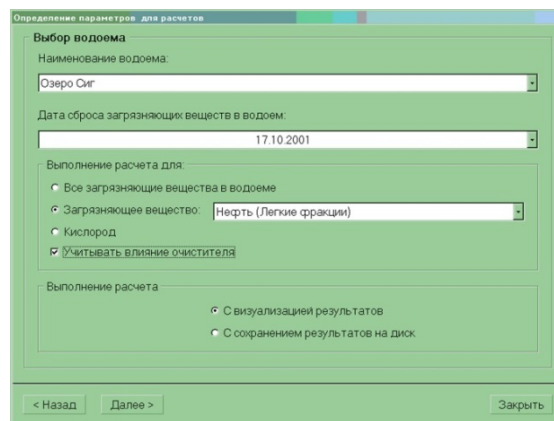


Рисунок 2 – Параметры моделирования

В подсистеме можно использовать образы реальных географических карт как канвы для создания схемы водоема. Так как почти все описываемые объекты трехмерные, то их создание и задание свойств реализовано по слоям в глубину практически с любой необходимой точностью.

Подсистема моделирования и графического отображения результатов обеспечивает следующие функции работы программного комплекса:

1. Выбор названия водоема, даты и места сброса загрязняющих веществ и сорбентов с микробиологическими деструкторами в водоем, тип уравнений для моделирования распространения загрязняющих веществ и вариант выполнения расчетов.

2. Выбор области водоема, для которой производятся расчеты и параметры для моделирования (рисунок 2).

3. Задание шага сетки по осям X, Y, Z и времени, автоматическое определение требуемого объема памяти для сетки и вычислений, показ объема свободного места на диске.

4. Указание параметров визуализации результатов (начальный шаг, интервал, определяющий через какое количество шагов, осуществляется визуализация, тип визуализации результатов, показ концентрации в точке, показ линии створа и др.). Графическая визуализация распространения, загрязняющих веществ, с возможностью остановки и запуска процесса (рисунок 3).

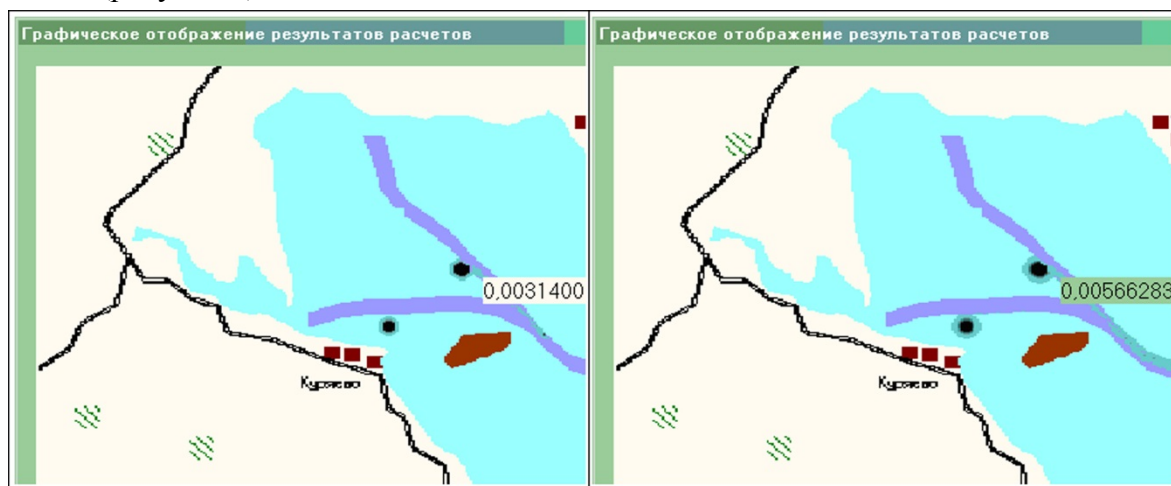


Рисунок 3 – Динамика распространения нефтяного пятна без влияния деструкторов

5. Сохранение результатов процесса распространения загрязняющих веществ и сорбентов в базе данных.



Рисунок 4 – Динамика распространения нефтяного пятна с учетом влияния деструкторов

6. Решение задач моделирования требует обработки больших массивов информации и реализации параллельных расчетов, для обеспечения независимости моделируемых физических процессов. В рассматриваемой системе моделировались реальные физические объекты, эти объекты имеют различную размерность и сложную структуру взаимодействия между собой. Поэтому данная задача решалась на основе создания различных про-



граммных модулей и классов объектов, в соответствии с принципами объектно-ориентированного программирования.

Расчеты и моделирование процесса распространения, сорбции и деструкции загрязняющих веществ (рисунок 4).

### Заключение

Авторы считают, что в данной работе новыми являются следующие положения и результаты. Предложенный авторами подход и его программная реализация позволяет:

- исследовать эффективность микроорганизмов-деструкторов в различных условиях;
- проводить анализ развития чрезвычайных экологических ситуаций.

Работоспособность программного комплекса проверялась при моделировании разлива нефти в морской прибрежной полосе (рисунок 5) и анализа результатов возможного использования деструкторов-сорбентов для защиты от углеводородных загрязнений прибрежной морской зоны (рисунки 6, 7).

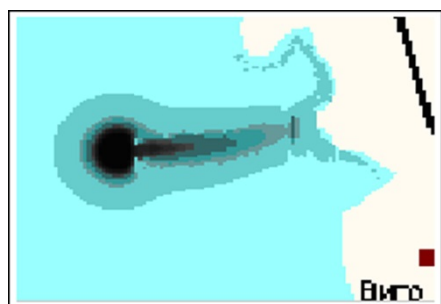


Рисунок 5 – Распространение нефтяного загрязнения при ветре от моря к берегу



Рисунок 6 – Распространение деструкторов

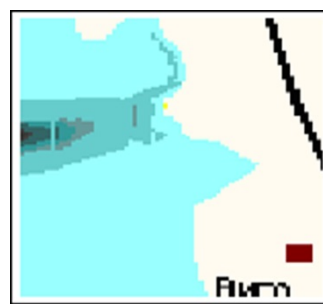


Рисунок 7 – Влияние деструкторов на распространение нефтяного загрязнения

Данный программный комплекс использовался в работах, проводимых совместно с институтом водных проблем.

### Литература

1. Григорьев В.К. Технология опережающего обучения массовых профессиональных пользователей распределенных информационных систем // Информатизация образования и науки. 2012. № 16. С. 183–195.
2. Grigoriev V.K., Boikova I.V. Express-Analysis of Diffusion Variants of Petroleum and Technological Support of Clearing Process in Water Areas by Sorbent-Microbiologic Method Application Suite // Труды 3-го симпозиума «Качество воды и управление водными ресурсами». СПб., 2005.
3. Бойкова И.В. и др. Оценка биологической эффективности биопрепарата на основе штамма 0952 streptomycetes candidus против varroa jacobsoni / И.В. Бойкова, Г.С. Талалай, А.И. Анисимов, Д.А. Гвоздарев // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2008. № 8.

### Software package for the analysis of the technological parameters of the processes purifying waters sorption-microbiological method

**Viktor Karlovich Grigoriev**, candidate of technical Sciences, Associate Professor, Moscow state technical University of Radioengineering, electronics and automation

**Anatoliy Anatolievich Antonov**, programmer, Moscow state technical University of Radioengineering, electronics and automation

*The article discusses the mathematical model for the study of the process of oil spills in the aquatic environment. It describes based on this model and designed by the authors-tion software package. The possibilities of complex simulation mo-cleaning processes of the oil slick in the coastal zone using Biaudet-struktorov hydrocarbons. Gives a graphical representation of the results of modeling, propagation and purification of coastal zones of hydrocarbon pollutants.*

*Keywords: The coastal zone, distribution of hydrocarbons in the aquatic environment, mathematical model, strains destructors hydrocarbons software system modeling, emergency oil spill*

## МОНИТОРИНГ И КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ПАВОДКОВОЙ СИТУАЦИИ В СИБИРСКОМ ФЕДЕРАЛЬНОМ ОКРУГЕ

*Валерий Николаевич Антонов, директор СЦ ФГБУ «НИЦ «Планета»*

*E-mail: avn@rcpod.siberia.net*

*Оксана Геннадьевна Новгородцева, мл. науч. сотр.*

*E-mail: novg-oksana@yandex.ru*

*СЦ ФГБУ «НИЦ «Планета»*

*http://www.rcpod.ru*

*В статье рассмотрена актуальность проблемы паводковой ситуации, а так же цифровые технологии обработки многоспектральных данных, применяемые при оперативной работе в Сибирском Центре «НИЦ «Планета»». Карты паводковой обстановки являются в достаточной степени информативными и служат одним из основных источников информации для региональных служб МЧС для оценки ситуации и принятия решений.*

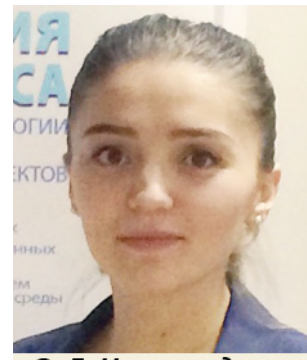
*Ключевые слова: данные дистанционного зондирования, картографирование, технология, уровень воды.*

В зону ответственности СЦ «НИЦ «Планета»» попадают два крупнейших речных бассейна – Оби и Енисея. Паводковая обстановка на реках Сибирского Федерального Округа (СФО) по сей день является одной из наиболее острых проблем требующей постоянного оперативного мониторинга. В бассейнах рек СФО уровень воды в период весеннего половодья и в период дождевых паводков часто превышает расчетный уровень критических отметок подъема воды, что приводит к подтоплению не только пойменных и садовых участков, но и населенных пунктов [1].



**В. Н. Антонов**

В период с конца мая по конец июня текущего года, на территории Верхней Оби и ее притоках наблюдались превышения уровней воды над нормой на несколько метров, что привело к стихийному бедствию по масштабу и интенсивности воздействия на инфраструктуру и население в размерах, которые ранее не отмечались за всю историю Алтайского края. Причиной наводнения стали дожди, обрушившиеся на Республику Алтай. Началось



**О. Г. Новгородцева**

стремительное повышение уровня воды рек Бии, Катунь и Чарыша. Сложившаяся чрезвычайная ситуация в регионе привела к затоплению десятков деревень, тысяч домов, разрушению дорог и прочих коммуникаций, вследствие чего погибли 6 человек, более 40 тысяч жителей были эвакуированы. По данным штаба по ликвидации последствий паводка, ущерб от наводнения 2014 г. в Алтайском крае и Республике Алтай составил 6,5 млрд руб. (рисунки 1, 2).

Таким образом, целью работы в первую очередь является оперативный спутниковый мониторинг паводковой обстановки, а также накопление статистических данных для дальнейшего прогнозирования паводковой ситуации.

Мониторинг чрезвычайных ситуаций связанный с паводковой обстановкой, можно условно разделить на оперативный и пространственно-временной. Первый ориентирован на быстрое обнаружение зон подтопления, определение их характеристик и оперативную передачу информации структурам МЧС Сибирского Федерального Округа, подразделениям Росгидромета, Верхне-Обскому бассейновому водному управлению для оценки ситуации и принятия управленческих решений. Результаты пространственно-временного мониторинга представляют собой обобщенную характеристику чрезвычайных ситуаций, за-



фиксированных на контролируемой территории за определенный период времени (неделя, декада, месяц и т.д.). По мере накопления информации формируются временные ряды результатов космического мониторинга (рисунок 3), на основе анализа которых определяется частота попадания территории в зоны затопления.



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ И МОНИТОРИНГУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ  
ФГБУ "НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР КОСМИЧЕСКОЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ "ПЛАНЕТА"  
СИБИРСКИЙ ЦЕНТР

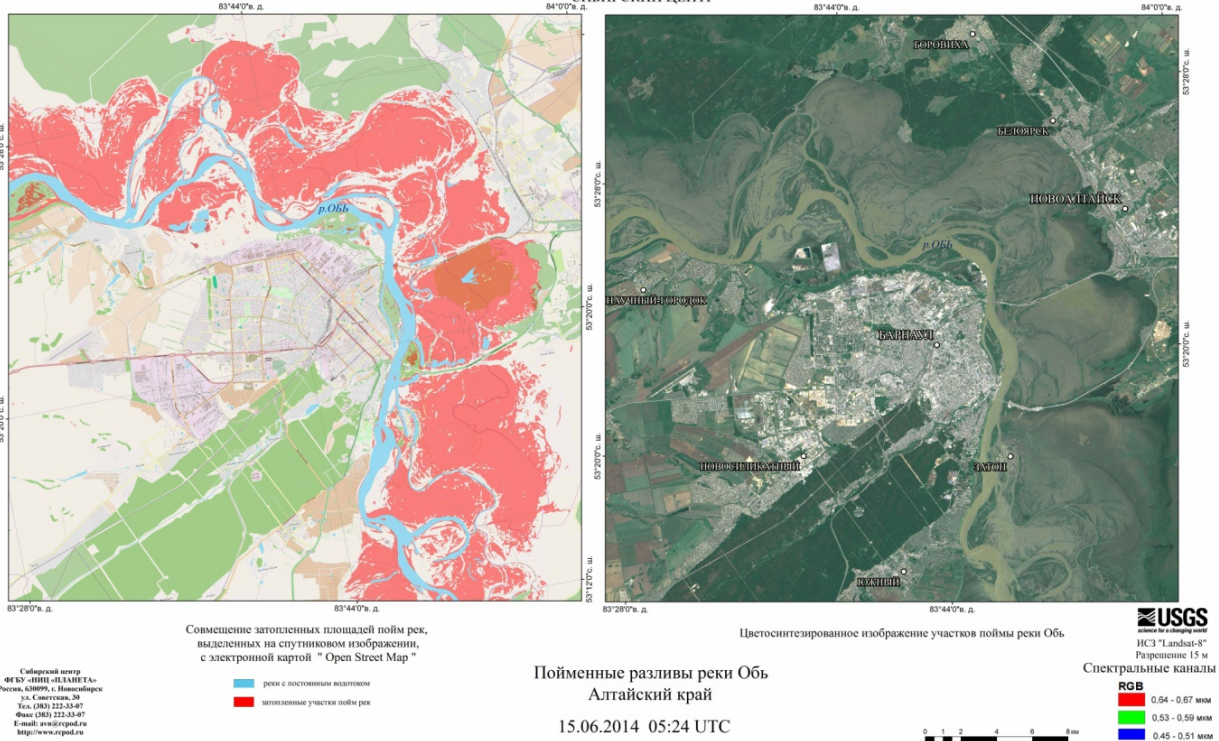


Рисунок 1 – Паводковая ситуация в районе города Барнаул



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ И МОНИТОРИНГУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ  
ФГБУ "НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР КОСМИЧЕСКОЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ "ПЛАНЕТА"  
СИБИРСКИЙ ЦЕНТР

ИКС "Ресурс-П"  
(ОЭА)  
Выток №5499  
Разрешение 4м

Спектральные каналы  
0,61 мкм - 0,68 мкм



Сибирский центр  
ФГБУ «НИИ «ПЛАНЕТА»  
Россия, 630099, г. Новосибирск  
ул. Советская, 30  
Тел. (383) 222-33-07  
Факс (383) 222-33-07  
E-mail: avn@rscpd.ru  
http://www.rscpd.ru

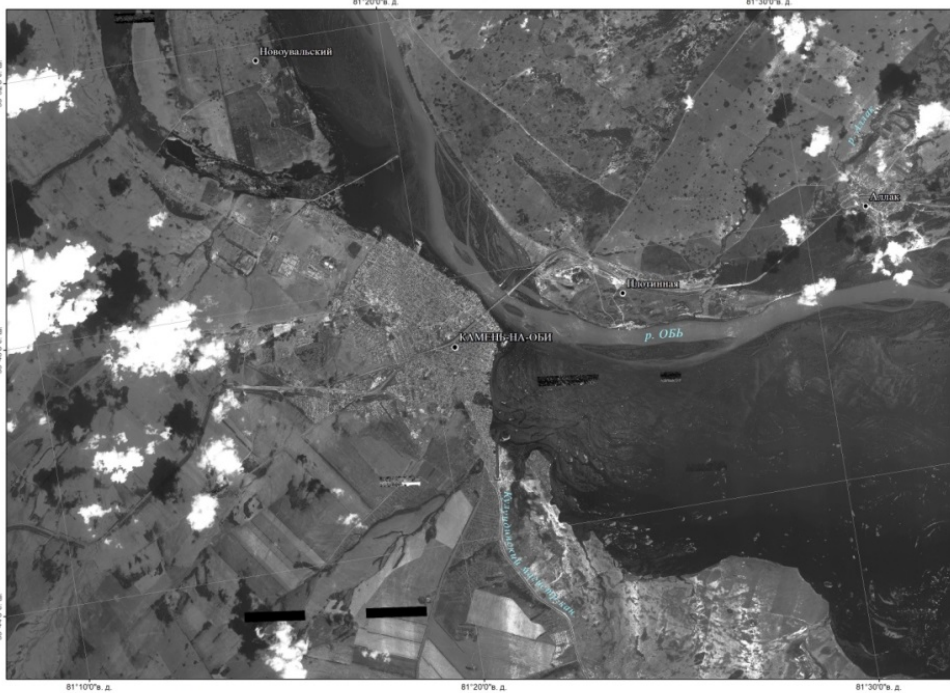
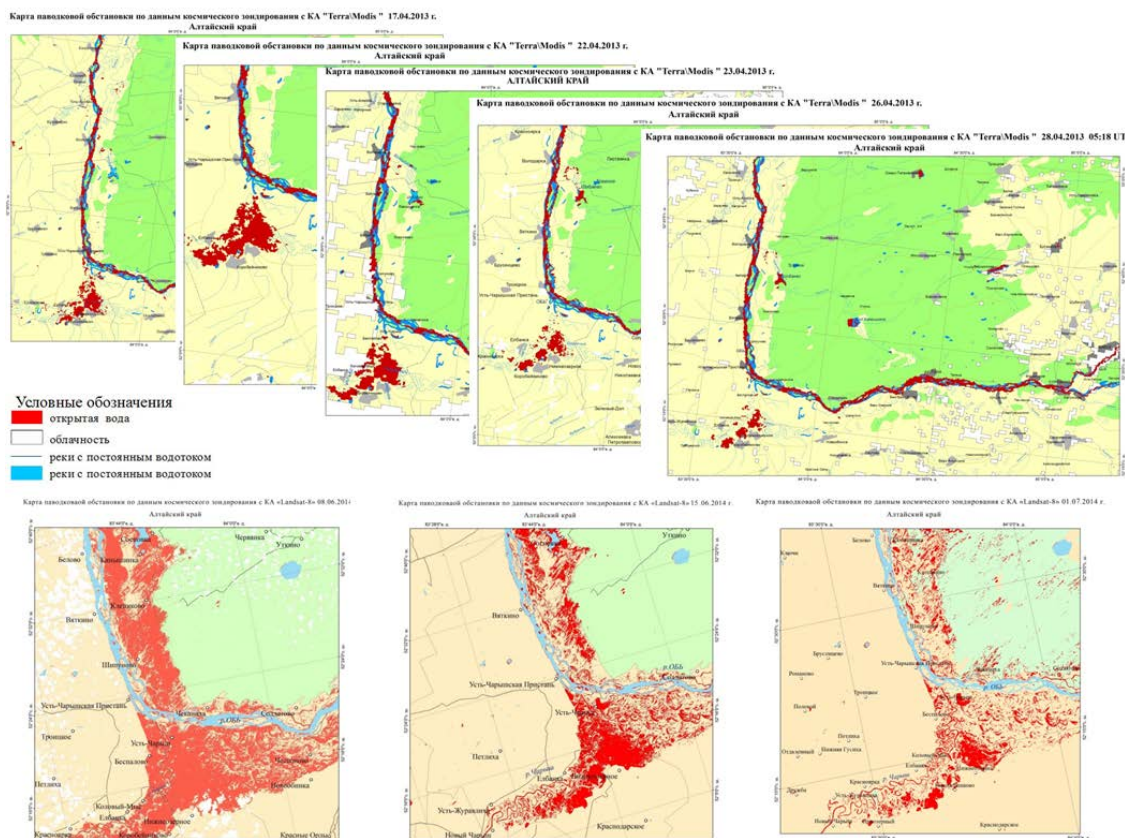


Рисунок 2 – Паводковая ситуация в районе города Камень-на-Оби



**Рисунок 3 – Результаты многолетнего мониторинга района Усть-Чарышской Пристани**

ГИС-технология оценки риска затопления территории по многолетним данным космического мониторинга реализована в среде ArcGis 10.1 и состоит из трех блоков, соответствующих трем этапам получения результирующей оценки. Первый этап образует ежедневные данные о зонах затопления, получаемые в процессе оперативного мониторинга и обработки данных дистанционного зондирования (ДДЗ) различного пространственного разрешения. Второй содержит годовые сведения о зонах затопления, которые формируются из данных первого блока и представляют собой суммарные зоны затопления за период прохождения паводков и наводнений в каждый конкретный год. Третий блок представляет собой подсистему хранения данных (архив) – обеспечивает функции хранения данных и связанных с ними метаданных [2].

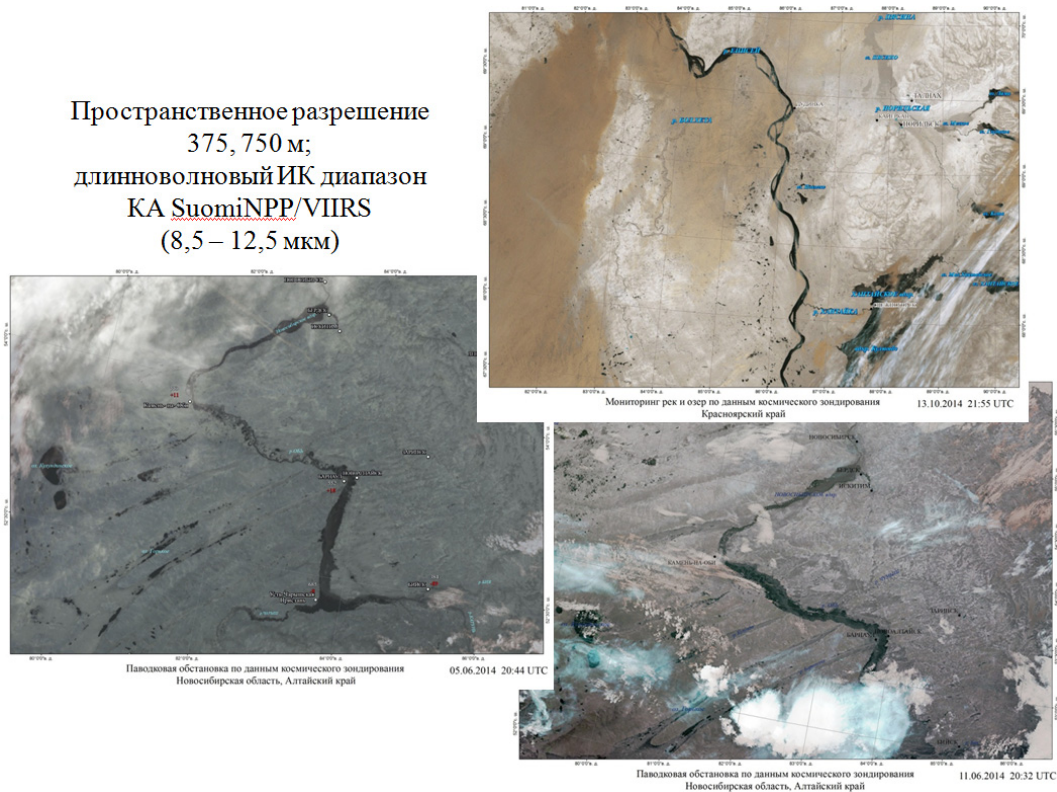
Мониторинг должен опираться на ежедневные оперативные наблюдения за состоянием водных объектов. Руслу сибирских рек, таких как Енисей, Обь и их комплексы слишком велики, чтобы при наземном изучении находиться в едином поле зрения наблюдателя, и не могут отслеживаться сразу по всей площади распространения потенциальных зон затопления. Использование ДДЗ позволяет оперативно получать информацию о состоянии водных объектов, а при помощи современных ГИС-технологий картографировать границы подтоплений интересующих участков рек, количественно оценить площади затопления.

В мониторинге паводковой ситуации необходимо использовать комплексный подход и широкий диапазон возможностей данных дистанционного зондирования. Таким образом, использование ДДЗ различного пространственного разрешения, минимальной угловой или линейной величиной изобразившегося объекта местности, зафиксированным пикселем [3], позволяет идентифицировать зоны выхода воды на пойму, связанные с подъемом уровня воды в реках.

ДДЗ низкого разрешения применяются при глобальных наблюдениях паводковой обстановки и в большинстве своем являются обзорными данными, на основе которых создаются среднemasштабные и мелкомасштабные тематические карты паводковой обстановки масштабного ряда от 1:50 000 и мельче. Тематическая составляющая таких карт основана на методах цифровой обработки космических данных. Одним из таких методов



является технология обработки многоспектральных данных сенсора MODIS космической системы EOS. Исходные данные после калибровки проходят дальнейшую обработку в программе ENVI: трансформируются в картографическую проекцию, дополнительно рассчитывается нормализованный вегетационный индекс (NDVI), затем запускается окончательный расчет в модуле классификации. Результаты классификации в виде векторных данных экспортируются в ArcGis 10.1, где совмещаются с картографической основой. В результате обработки полученных данных в ГИС отслеживается момент выхода воды на пойму, границы затопления различных участков поймы, скорость продвижения волны паводка, определяемая по последовательным снимкам, а также оценки площади затоплений.



**Рисунок 4 – Мониторинг паводковой ситуации в ночное время суток по данным SuomiNPP/VIIRS**

При угрозе наводнения целесообразно ежедневно использовать информацию с нескольких спутников для получения более достоверной информации о паводковой ситуации в том или ином регионе. Для этого мониторинг паводковой ситуации на реках ведется также со спутника SuomiNPP/VIIRS. Цифровой пороговый алгоритм оценки паводковой ситуации реализован в среде ENVI и представляет собой «дерево решений», содержащее 7 узлов, и разделяющее изображение на классы. В классификации задействованы 7 спектральных каналов, а также некоторые распространенные индексы: вегетационный, снежный и водный, что позволяет так же с высокой долей вероятности выделить на снимке воду. Мониторинг паводковой обстановки проводится по изображениям, полученным в дневное время суток в видимом и ближнем ИК диапазонах съемки, т.е. по отраженной от природных объектов энергии. Однако в период резкого подъема воды в реках и в облачные дневные часы возникает необходимость круглосуточного мониторинга паводковой обстановки. Для этого используется длинноволновый ИК-диапазон SuomiNPP/VIIRS. Вода имеет самые высокие по сравнению с другими природными объектами значения коэффициента излучения и самые высокие температуры в ночное время, а значит и самые высокие значения яркостных температур на ночных изображениях и высокие контрасты с окружающими объектами. Так, например, почва имеет меньшее значение коэффициента излучения, чем вода, что позволяет разделить на ночных изображениях места разливов рек (рисунок 4).

Для более детального мониторинга паводковой ситуации используются ДДЗ высокого и очень высокого разрешений, на которых можно различить мелкие детали объектов [4], что позволяет более подробно идентифицировать подтопленные части населенных пунктов, участков полей занятых сельскохозяйственными культурами и т.д.

Для создания карт паводковой обстановки на основе ДДЗ высокого разрешения используются различные методы цифровой обработки космических изображений. Одним из наиболее известных методов классификации является итерационная самоорганизующаяся методика анализа данных ISODATA. В этом случае класс воды идентифицируется методом анализа спектральных кривых выделенных классов. Спектральная кривая, соответствующая классу воды, имеет характерный ход, и падает с увеличением длины волны от видимого к ближнему ИК диапазону. В то время как спектральные кривые других природных объектов растут с увеличением длины волны (рисунок 5).

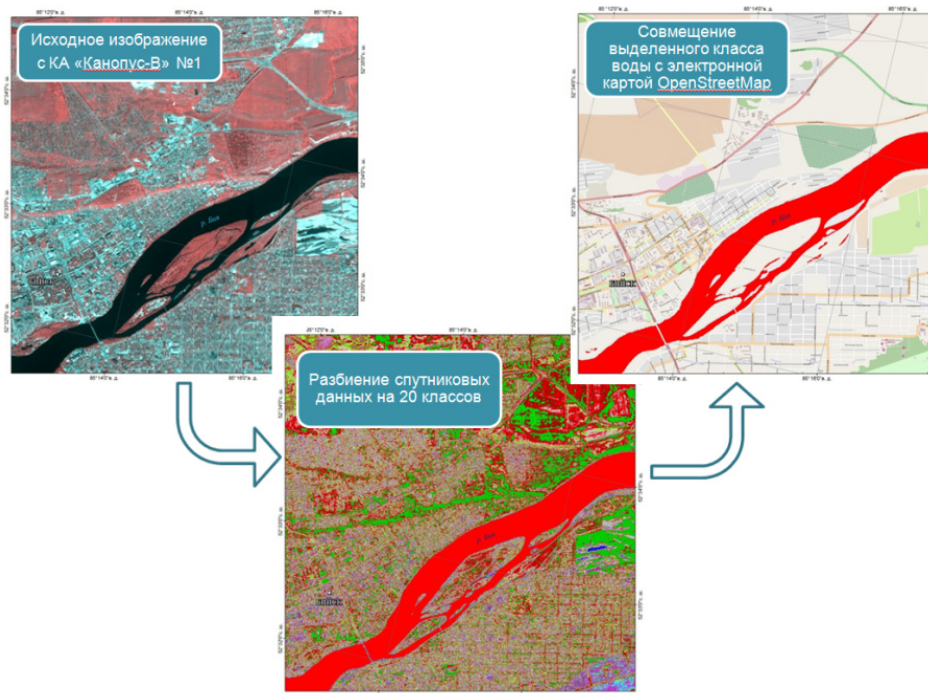


Рисунок 5 – Классификация ДДЗ без обучения методом анализа данных ISODATA

При выделении водных объектов методом классификации без обучения к классу воды могут быть отнесены и переувлажненные почвы, тени от облаков и т.д. В этом случае целесообразно применять классификацию с обучением, используя в качестве эталонов те объекты, состояние которых точно известно. Это важно при выделении зоны затопления малой площади, которые при классификации без обучения могут не выделяться. Таким образом, выделяется на классифицированном изображении класс, соответствующий водным объектам, после наложения которого на векторную карту можно определить территорию подверженную затоплению. Использовать метод классификации с обучением не всегда удобно при работе с данными в оперативном режиме, т.к. выбор эталонных участков требует определенного количества времени, а так же знания местности изображенной на снимке. В этом случае целесообразно сравнить результаты классификации методом «дерева решений». Данный алгоритм оценки паводковой обстановки был разработан для космических снимков Landsat-8. Исходя из поставленных задач определения водных поверхностей «дерево решений» имеет всего два пороговых значения: для облачности и водной поверхности. В качестве исходной информации используются данные спутника Landsat-8 датчика OLI. На основе результатов классификаций таких данных создаются и обновляются тематические карты паводковой обстановки с соответствующей нагрузкой. Такие карты предназначены для различных измерений, например площади зеркала водной поверхности.

Результатом выполненных работ является база данных, которая будет еще расширяться и наполняться, и по результатам которой можно будет делать как краткосрочный, так и долгосрочный прогноз подтопления той или иной территории совместив ДДЗ с наземными данными. Стоит учитывать, что любая система прогнозирования основана в первую очередь на повторяемости событий.

Главное достоинство ДДЗ при мониторинге паводковой ситуации заключается в том, что они поступают ежедневно, в реальном времени и делают возможным мониторинг паводковой ситуации основных бассейнов рек одновременно в нескольких административно-территориальных единицах СФО. В Сибирском Центре «НИЦ «Планета»» спутниковый мониторинг паводковой ситуации на сегодняшний день ведется только с оптико-электронных спутниковых систем, где главным фактором съемки являются безоблачные погодные условия. Таким образом, в условиях безоблачности картографирование ДДЗ с использованием современных технологий позволяют выделить на реках не только момент и границы выхода воды на пойму, но и определить скорость продвижения волны паводка по последовательным снимкам, что является основной тематической нагрузкой карт паводковой обстановки любого масштаба. Интеграция полученных результатов с опорными данными в ГИС позволяет представить результаты обработки в картографическом виде и оперативно передавать заинтересованным пользователям [1].

### Литература

1. ГЕО-Сибирь-2008. Т. 3. Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология. Ч. 2: сб. матер. IV Междунар. научн. конгресса «ГЕО-Сибирь-2008». 22–24 апреля 2008 г. Новосибирск: СГГА, 2008. 307 с.
2. Дистанционное зондирование Земли из космоса: алгоритмы, технологии, данные: учебное пособие для слушателей молодежной школы-семинара / Сост.: А.А. Лагутин, Р.И. Райкин, Т.Н. Чимитдоржиев. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2013. 151 с.
3. Лурье И.К., Косиков А.Г. Теория и практика цифровой обработки изображений // Научный мир. 2003. 168 с.
4. Чандра А.М., Гош С.К. Дистанционное зондирование и географические информационные системы // Техносфера. 2008. 312 с.

### Monitoring and mapping of flood situation in the Siberian Federal District

*Valeriy Nikolaevich Antonov, Director: State Research Center "Planeta" Novosibirsk*

*O.G. Novgorodtseva, Junior research fellow: State Research Center "Planeta" - Novosibirsk*

*The article describes the importance of the problem of flood situation and digital processing technology of multispectral data, used in the operational work in State Research Center "Planeta". The flood maps are informative enough to serve as one of the main sources of information for the regional services of the Ministry for Emergency Situation.*

*Keywords: remote sensing, mapping, technology, water level/*

УДК 004.052.2:004.056.53

## УСТОЙЧИВОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ. КОНЦЕПЦИЯ УСТОЙЧИВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

*Юрий Иванович Афанасьев, канд. техн. наук, доц., доцент*

*кафедры математики и информатики*

*E-mail: afanasieff\_jury@mail.ru*

*Московский университет им. С.Ю. Витте*

*http://www.muiv.ru*



Необходимым условием для взаимодействия двух и более систем является их одновременное существование. Под одновременностью существования будем понимать такой промежуток времени функционирования систем, в течение которого воздействие или воздействие хотя бы одной из них повлияет на результативность другой при выполнении конкретной задачи.

Устойчивость как свойство любой информационной системы является фундаментальным. Данное свойство интуитивно может быть определено как некоторое постоянство, неизменность определенной структуры и поведения системы.

Ключевые слова: Взаимодействие, устойчивость, процессы в информационных системах, системный анализ.

### Введение

Взаимодействие определяет существование, структурную организацию и свойства всякой информационной системы. Взаимодействие – свойство, присущее не только материи в целом, но и всем ее состояниям и проявлениям, отдельным вещам, явлениям, процессам, их сторонам и свойствам [1].



Ю.И. Афанасьев

Первым необходимым условием для взаимодействия двух (или более) систем является их одновременное существование. Под *одновременностью существования* будем понимать такой промежуток времени функционирования систем, в течение которого воздействие хотя бы одной из них повлияет на результативность другой при выполнении конкретной задачи. Причем это влияние может быть *непосредственным*, и опосредованным, когда эффективность системы может существенно возрасти. Вторым необходимым условием для взаимодействия является наличие у рассматриваемых систем определенных свойств, которые позволили бы им осуществлять соответствующее воздействие друг на друга.

Свойство *устойчивости* является фундаментальным свойством любой информационной системы. Данное свойство интуитивно может быть определено как некоторое постоянство, неизменность определенной структуры (*статическая устойчивость*) и поведения системы (*динамическая устойчивость*). Применительно к информационным системам определение устойчивости было дано выдающимся русским математиком Ляпуновым А.М.: «Устойчивость – это способность системы функционировать в состояниях близких к равновесному, в условиях постоянных внешних и внутренних возмущающих воздействий».

### Устойчивость автоматизированных систем

Взаимодействие неизбежно приводит к внешним и внутренним воздействиям для информационных систем, которые обязательно как следствие потребуют усиление такого свойства системы как устойчивость. По Б.С. Флейшману [2], различают активную и пассивную форму устойчивости. Активная форма устойчивости (надежность, отказоустойчивость, живучесть и пр.) присуща *сложным* системам, поведение которых основано на *акте решения*. Здесь акт решения определяется как выбор альтернатив, стремление системы достигнуть предпочтительное для нее состояние – целенаправленное поведение, а это состояние – ее целью. Пассивная форма (прочность, сбалансированность, гомеостазис) присуща *простым* системам, не способным к *акту решения*.

Так как штатный режим функционирования информационных систем, как правило, далек от равновесного, центральным элементом в данном случае является понятие *структурно-функциональной устойчивости*. При этом внешние и внутренние информационно-технические воздействия постоянно изменяют само равновесное состояние информационной автоматизированной системы. Соответственно мерой близости позволяющей решать изменяется ли поведение системы и как существенно под действием возмущения, здесь является множество выполняемых функций при взаимодействии.



После известных работ академика Глушкова В.М. развитию теории устойчивости автоматизированных систем были посвящены исследования Липаева В.В., Додонова А.Г., Кузнецовой М.Г., Горбачик Е.С. [2, 3] и целого ряда других отечественных ученых. Однако теория устойчивости в этих работах развивались лишь только с точки зрения уязвимости структуры автоматизированных систем без явного учета уязвимости поведения системы в условиях априорной неопределенности информационно-технических воздействий (в условиях взаимодействия).

Основой поддержания работоспособности автоматизированных систем в условиях информационно-технических воздействий относятся:

- недостаточная устойчивость функционирования автоматизированных систем;
- рост сложности структуры и поведения аппаратно-программных средств;
- трудность выявления количественных закономерностей, позволяющих исследовать устойчивость функционирования в условиях взаимодействия.

**В первом случае сложностью** является *недостаточная устойчивость* функционирования автоматизированной системы, которая часто оказывается ниже требуемой. Во многих случаях аппаратно-программные средства не в состоянии полностью выполнить свои функции по множеству причин. Среди этих причин:

- несогласованность реальных параметров вычислительных процессов и данных в спецификациях системного и прикладного программного обеспечения;
- переоценка современного уровня развития технологии программирования;
- переоценка возможностей современных методов и средств защиты информации, отказоустойчивости вычислительных систем (ВС) и надежности программного обеспечения (ПО).

Незнание или игнорирование названных причин приводит к снижению эффективности функционирования автоматизированных систем.

**Во втором случае сложностью** является территориальный и поведенческий рост *структуры информационной системы*.

К *особенностям структуры* автоматизированной системы относится следующее. Современные информационные системы, как правило, представляют собой территориально распределенные системы, состоящие из множества ЛВС клиент-серверной архитектуры. При этом защищенность и устойчивость функционирования аппаратных и программных средств автоматизированных систем в ряде случаев не обеспечены. Более 70% инструментальных средств разработки прикладного ПО являются зарубежными, менее 20% обладают соответствующими лицензиями производителя.

**Третья сложность** заключается в *трудности выявления количественных закономерностей*, позволяющих исследовать устойчивость функционирования автоматизированных систем в условиях взаимодействия. Дело в том, что на процессы функционирования автоматизированной системы существенно влияют факторы внешней и внутренней среды. Этими факторами в рамках рассматриваемой структуры либо принципиально невозможно управлять, либо управление происходит с недопустимым запаздыванием. Кроме того, внешняя и внутренняя среды имеют свойство неполной определенности возможных своих состояний в будущих периодах, т.е. факторы, влияющие на структуру алгоритмов функционирования автоматизированной системы, претерпевают такие изменения во времени, которые могут коренным образом изменять алгоритмы или вообще делают поставленные цели недостижимыми.

До недавнего времени для выявления указанных закономерностей функционирования автоматизированных систем использовали, главным образом, два основных подхода: *экспериментальный* (например, методы математической статистики и методы планирования эксперимента) и *аналитический* (например, методы аналитической верификации алгоритмов ПО). В противоположность экспериментальным методам, дающим возможность изучать единичный вычислительный процесс автоматизированных систем, методы аналитической

верификации алгоритмов позволяют рассматривать наиболее общие свойства вычислительного процесса, характерные для класса процессов автоматизированной системы в целом. Однако названные подходы обладают существенными недостатками. Недостатком экспериментальных методов является невозможность распространить результаты, полученные в данном эксперименте, на другой вычислительный процесс, отличающийся от изученного. Недостатком методов аналитической верификации алгоритмов ПО является трудность перехода от класса процессов автоматизированной системы, характеризующихся выводом общезначимых алгоритмических свойств, к единичному процессу, который характеризуется дополнительно соответствующими условиями функционирования (в частности, конкретными значениями параметров вычислительного процесса в условиях взаимодействия).

Следовательно, каждый из этих подходов в отдельности не достаточен для эффективного исследования устойчивости функционирования автоматизированной системы в условиях взаимодействия. Только комплексирование позволяет использовать сильные стороны обоих подходов [4], объединяет их в одно целое, и в этом случае можно получить необходимый математический аппарат для выявления требуемых количественных закономерностей.

### Комплексирование

Проведенный анализ методов поддержания работоспособности автоматизированной системы свидетельствует о неадекватности рассмотренных способов обеспечения устойчивости в условиях взаимодействия. Взаимодействие, то есть взаимное влияние различных систем друг на друга с обязательным изменением свойств одной системы под воздействием другой исключает возможность моделирования функционирования систем традиционными методами. Возникающие при этом факторы сложности и порождаемые трудности приведены в таблице 1.

Таблица 1

|   | Фактор сложности   | Порождаемые трудности  |
|---|--|--|
| 1 | Активность автоматизированной системы                                      | Сложность определения предельных законов потенциальной эффективности системы |
| 2 | Сложная структура и поведение автоматизированной системы                   | Громоздкость и многомерность решаемых задач                                  |
| 3 | Взаимное влияние структур данных автоматизированных систем друг на друга   | Не может быть учтено моделями известных типов                                |
| 4 | Стохастичность поведения автоматизированной системы                        | Неопределенность описания поведения системы, сложность в постановке задач    |
| 5 | Отклонения от штатных условий эксплуатации системы                         | Не могут быть учтены моделями известных типов                                |
| 6 | Влияние сбоев и отказов аппаратуры на поведение автоматизированной системы | Неопределенность параметров поведения системы, сложность в постановке задач  |

Здесь определяющими являются факторы два и три. Они исключают возможность ограничиться моделированием общезначимых *алгоритмических свойств* автоматизированной системы в условиях взаимодействия. Однако традиционные методы поддержания работоспособности автоматизированной системы основаны на следующих подходах:

- упрощении моделирования поведения автоматизированной системы до вывода общезначимых алгоритмических свойств;
- обобщении эмпирически установленных частных закономерностей поведения автоматизированной системы.

Использование указанных подходов приводит не только к существенной погрешности результатов, но имеет и принципиальные недостатки. Недостатком аналитического моделирования поведения автоматизированной системы в условиях взаимодействия является трудность перехода от класса вычислительных процессов, характеризующихся выводом общих алгоритмических свойств, к единичному процессу, который характеризуется дополнительно условиями функционирования. Основным преимуществом модели является возможность путем изменения ее параметров описывать различные состояния системы [5].

На практике, в этом случае, традиционные математические модели поддержания работоспособности автоматизированных систем могут быть использованы только для разработки систем приближенного прогнозирования устойчивости функционирования автоматизированных систем в условиях взаимодействия.

Таким образом, значительным недостатком традиционных подходов поддержания работоспособности автоматизированных систем в условиях взаимодействия является игнорирование фактических условий реализации вычислительных процессов, что приводит к упрощенным идеальным результатам. Поэтому традиционные модели и методы поддержания работоспособности автоматизированных систем препятствуют практическому использованию расчетных решений задач обеспечения устойчивости. Очевидно, что без изменения подхода к математическому моделированию поведения автоматизированных систем невозможно обоснованное поддержание работоспособности системы.

В настоящей концепции предлагается подход на основе теории подобия, который лишен указанных недостатков и позволяет реализовать так называемый *принцип декомпозиции* автоматизированной системы в условиях взаимодействия (информационно-технического воздействия) *по структурно-функциональным признакам* [6]. В теории подобия доказывается, что множество связей между существенными для рассматриваемого поведения системы параметрами не является собственным свойством исследуемых задач. В действительности влияние отдельных факторов внешней и внутренней среды автоматизированной системы, представленных различными величинами, проявляется не порознь, а совместно. Поэтому предлагается рассматривать не отдельные величины, а их совокупности (инварианты подобия), имеющие определенный смысл для функционирования взаимодействующих информационных систем.

Теория подобия позволяет сформулировать необходимые и достаточные условия изоморфности двух моделей разрешенного поведения автоматизированных систем в условиях информационно-технических воздействий, описываемых системами однородных степенных многочленов (позиномов). Как следствие, становится возможным:

- производить аналитическую верификацию вычислительных процессов автоматизированной системы и проверять условия изоморфности;
- численно определять коэффициенты некоторого представления модели вычислительных процессов автоматизированной системы для достижения условий изоморфности.

А это позволяет контролировать семантическую корректность вычислительных процессов, обнаруживать аномалии вычислительных процессов и восстанавливать параметры вычислительных процессов автоматизированной системы, существенно влияющие на устойчивость поведения системы.

Основные положения теории подобия были сформулированы российской научной школой, главным образом, Гухманом А.А., Седовым Л.И., Вениковым В.А. [2, 3, 6]. Первоначально положения теории подобия нашли применение в теории механических и электрических процессов, а также процессов теплообмена. В конце 1980-х гг. полученные результаты теории подобия были распространены автором, под профессора Ковалева В.В., на область системного и прикладного программирования. В частности, в 1996 г. автором был разработан метод обнаружения аномалий локальных вычислительных процессов на основе применения  *$\pi$ -анализа уравнений и  $\pi$ -анализа размерностей* теории подобия. Основным результатом кандидатской диссертации автора стало обоснование и создание возможных *метрики и меры устойчивости* локальных вычислительных процессов автоматизированной системы. Это позволило разработать инженерные методики *моделирования, наблюдения, измерения и сравнения* устойчивости автоматизированных систем на основе инвариантов подобия. В частности, была получена новая методика моделирования эталонов семантически корректного локального вычислительного процесса, состоящая из следующих четырех этапов.

*Первый этап – π-анализ* моделей вычислительных процессов автоматизированной системы. Основная цель этого этапа состоит в выделении эталонов семантической корректности вычислительных процессов на основе инвариантов подобия. Процедура этапа включает следующие шаги:

- 1) выделение структурно-функциональных эталонов;
- 2) выделение временных эталонов;
- 3) выработка контрольных соотношений, необходимых для определения семантической корректности вычислительных процессов.

*Второй этап – алгоритмизация* получения эталонов семантической корректности вычислительных процессов. Основной его целью является получение в матричной и графической форме вероятностных алгоритмов эталонов или инвариантов подобия вычислительных процессов. Процедура этапа состоит из следующих шагов:

- 1) построение алгоритма эталона в форме дерева;
- 2) перечисление реализаций алгоритма;
- 3) взвешивание реализаций алгоритма (построение вероятностного алгоритма);
- 4) нормирование дерева алгоритма.

*Третий этап – синтез* эталонов семантической корректности вычислительных процессов адекватных целям и задачам применения автоматизированной системы. Основная цель его – синтез алгоритмических структур, образованных совокупностью последовательно выполняемых алгоритмов эталона. Данная процедура осуществляется по следующим шагам:

- 1) синтез структурно-функциональных эталонов;
- 2) синтез временных эталонов;
- 3) симметризация и ранжирование матриц, описывающих эталоны.

*Четвертый этап – моделирование* стохастически определенных алгоритмических структур эталонов семантической корректности вычислительных процессов автоматизированной системы. Процедура этапа включает следующие шаги:

- 1) анализ эмпирических эталонов семантической корректности;
- 2) определение вида эмпирической функциональной зависимости;
- 3) выработка контрольных соотношений, достаточных для определения семантической корректности вычислительного процесса.

#### **Предлагаемый подход и его развитие**

Для формирования модельного представления проблемы поддержания работоспособности автоматизированной системы в условиях информационно-технических воздействий воспользуемся следующими понятиями:

- система обработки данных;
- поведение системы обработки данных;
- целевое назначение системы обработки данных;
- угрозы устойчивости обработки данных;
- информационно-технические воздействия внешней и внутренней среды;
- корректирующие действия по обеспечению устойчивости (контрмеры);
- состояние системы обработки данных.

Перечисленные понятия относятся к числу первичных, неопределяемых понятий и используются в следующем смысле.

*Под системой обработки данных* понимается некоторая совокупность аппаратно-программных компонент, предназначенная для выполнения определенных функций обработки данных. Под *поведением* системы обработки данных понимается некоторая реализация вычислительного процесса во времени. При этом допускается проведение целенаправленных корректирующих действий для обеспечения требуемой устойчивости. Функциональная предназначенность системы обработки данных называется *целевым назначением*, корректирующие мероприятия – *обеспечением устойчивости*. Другими словами,



любая система обработки данных создана или создается для определенного целевого назначения и обладает некоторым защитным механизмом, настраиваемым или регулируемым средствами обеспечения устойчивости.

Под понятием *источник угроз* понимается лицо или группа лиц, которые в результате преднамеренных или непреднамеренных действий потенциально могут нанести определенный ущерб.

Выделяются следующие категории внутренних и внешних нарушителей. К *внутренним нарушителям* относятся:

- операторы автоматизированных рабочих мест, администраторы служб информационной безопасности, системные администраторы, администраторы баз данных, инженерный состав;
- технический персонал, работающий в зданиях, в которых размещается вычислительные средства;
- другие служащие подразделений, имеющие санкционированный доступ в здания, где расположено оборудование передачи и обработки информации.

Под *внешними нарушителями* понимаются лица, совершающие свои действия с целью нанесения ущерба системам обработки данных автоматизированной системе (съём информации, искажение информации, разрушение системного или прикладного программного обеспечения).

Выделяются три основные группы потенциальных нарушителей:

1 группа – субъекты, не имеющие доступ в пределы контролируемой зоны объекта защиты.

2 группа – субъекты, не имеющие доступ к работе со штатными средствами объекта защиты, но имеющие доступ в помещения, где они размещаются.

3 группа – субъекты, имеющие доступ к работе со штатными средствами объекта защиты.

Предположения о квалификации внутреннего нарушителя формулируются следующим образом:

А – не является специалистом в области вычислительной техники.

В – самый низкий уровень возможностей – запуск задач (программ) из фиксированного набора, реализующих заранее предусмотренные функции при обработке информации.

С – возможности создания и запуска собственных программ с новыми функциями по обработке информации.

Д – возможность управления функционированием автоматизированной системы, т.е. воздействием на базовое программное обеспечение системы, на состав и конфигурацию оборудования.

Е – включает весь объем возможностей лиц, осуществляющих проектирование, реализацию и ремонт технических средств автоматизированной системы, вплоть до включения в состав системы собственных технических средств с новыми функциями по обработке информации.

Условимся считать, что внешний нарушитель является специалистом высшей квалификации в области вычислительной техники и программного обеспечения.

Для классификации *угроз автоматизированных систем аппаратно-программные* компоненты выделяются следующим образом:

- средства вычислительной техники (далее технические средства);
- коммуникационная подсистема и сети передачи данных;
- программное обеспечение;
- технологические процессы обработки и передачи информации.

Тогда классификация угроз автоматизированных систем выглядит так:

- угрозы, связанные с применением технических средств;

- угрозы, связанные с использованием коммуникационной подсистемы и сетей передачи данных;
- угрозы, связанные с использованием программного обеспечения;
- угрозы, связанные с нарушением технологического процесса обмена данными.

Также разделим угрозы автоматизированных систем на три основные категории:

- угрозы секретности (конфиденциальности);
- угрозы доступности;
- угрозы целостности.

Разделим потоки данных автоматизированных систем на два основных типа:

- технологические данные;
- вспомогательные данные.

Под технологическими данными понимаются любые данные, обрабатываемые или хранимые в автоматизированной системе.

Под вспомогательными данными понимаются данные, порождаемые прикладным и системным программным обеспечением, например сообщения о синхронизации времени серверов баз данных, данные аудита операционных систем и т.п.

*Информационно-техническое воздействие* – это единичный акт внешнего или внутреннего информационно-технического воздействия внутренней и/или внешней среды на систему обработки данных автоматизированной системы. Воздействие приводит к изменению параметров вычислительных процессов и препятствует или затрудняет выполнение целевого назначения системы обработки данных автоматизированной системы. Совокупность таких единичных актов образует *множество информационно-технических воздействий*.

*Состояние системы обработки данных* автоматизированной системы есть некоторый набор числовых характеристик параметров вычислительных процессов. Числовые характеристики вычислительных процессов зависят от условий функционирования системы обработки данных, воздействий внутренней и внешней среды, корректирующих действий по обеспечению требуемой устойчивости и, в общем случае, от времени. Совокупность всех корректирующих действий по обеспечению устойчивости вычислительных процессов называется *множеством корректирующих мероприятий*, совокупность всех состояний системы обработки данных – *множеством состояний*.

Таким образом, будем считать, что при отсутствии воздействий, а также корректирующих мероприятий по обеспечению устойчивости каждая система обработки данных автоматизированной системы находится в работоспособном состоянии и отвечает некоторому целевому назначению. Под некоторым воздействием система обработки данных переходит в новое состояние, которое может не отвечать целевому назначению. В этом случае необходимо решить следующие задачи оперативного планирования – обеспечение устойчивости систем обработки данных автоматизированной системы непосредственно после воздействия (взаимодействия), а также задачу перспективного планирования на этапе проектирования системы обработки данных автоматизированной системы, когда требуется сделать ее устойчивой к максимальному подмножеству возможных воздействий.

В целом анализ проблемы поддержания работоспособности автоматизированной системы в условиях информационно-технических воздействий свидетельствует о целесообразности определения трех групп факторов систем обработки данных:

- x – параметры вычислительных процессов;
- y – внутренние и внешние информационно-технические воздействия на системы обработки данных автоматизированной системы;
- z – корректирующие действия для обеспечения требуемой устойчивости.

Природа факторов на данном уровне рассмотрения систем обработки данных автоматизированной системы пока не существенна. Достаточно считать x, y, z элементами некоторых подмножеств X, Y, Z конечномерных, функциональных или других общих про-

странств. При этом целевое назначение каждой системы обработки данных автоматизированной системы состоит в том, чтобы некоторые функции или операторы на параметрах вычислительных процессов, информационно-технических воздействий злоумышленника (взаимодействия), а также определенных корректирующих действий принимали заранее заданные значения.

$$F(x, y, z) \in Q, (x, y, z) \in P. \quad (1.1)$$

Здесь  $F$  некоторый оператор, определенный на множестве  $P = X \times Y \times Z$ , а  $Q$  – множество требуемых значений оператора  $F$ .

### Заключение

Поддержания работоспособности автоматизированных систем в условиях взаимодействия (информационно-технических воздействий) является важной технической проблемой и требует своего разрешения.

*Проблемная ситуация* состоит в противоречии между необходимостью поддержания работоспособности взаимодействующей автоматизированной системы в условиях информационно-технических воздействий и недостаточной проработкой моделей и методов обнаружения и парирования информационно-технических воздействий злоумышленника.

Оценка практической применимости известных моделей и методов поддержания работоспособности автоматизированных систем (N-кратное резервирование; инверсионное программирование; введение различной структурной и функциональной избыточности; перераспределение операций, структур и ресурсов вычислительных систем; восстановление работоспособности элементов; реализация различных защитных функций и пр.) свидетельствует об их ограниченной ценности и показывает, что в настоящее время повышение (сохранение) устойчивости функционирования автоматизированных систем сдерживается отсутствием адекватных математических моделей разрешенного функционирования автоматизированных систем в условиях взаимодействия (информационно-технических воздействий).

### Литература

1. Афанасьев Ю.И. Теория взаимодействия. Анализ в условиях синхронизации процесса // Образовательные ресурсы и технологии. 2014. № 6. С. 47–52.
2. Калинин В.Н., Резников Б.А., Варакин Е.И. Теория систем и оптимального управления. Л.: Изд-во ВКА, 1979. Ч. 1. 456 с.
3. Калинин В. Н., Резников Б.А., Варакин Е.И. Теория систем и оптимального управления. – Л.: Изд-во ВКА, 1987. Ч. 2. 589 с.
4. Парфенова М.Я., Руденко Ю.С. Механизм интеграции образования, науки и производства с применением подхода диссимметрии // Образовательные ресурсы и технологии. 2013. № 2 (3). С. 67– 73.
5. Кубова В.И., Кубова Р.М. Обучающая модель исследования работы сердца как импульсной системы // Образовательные ресурсы и технологии. 2013. № 2. С. 40– 51.
6. Афанасьев Ю.И., Петренко С.А. Концепция устойчивости автоматизированных систем военного назначения. Статья, депонированная в ЦВНИ МО РФ. Вып. 2(107). М.: ЦВНИ МО РФ, 2010.

### Stability of automation systems. The concept of sustainable interaction

*Yury Ivanovich Afanasyev, Ph.D., senior lecturer Moscow University named after S. Y. Witte*

*The first prerequisite for the interaction of two (or more) systems is their simultaneous existence. Under the simultaneous existence we mean a period of time of functioning of systems for which the effect of at least one of them will affect the effectiveness of the other in the performance of a specific task.*

*Stability property is a fundamental property of any information system. This property can be intuitively defined as a certain constancy, immutability of certain structures and system behavior.*

*Keywords: Interaction theory, stability, processes in information systems, systems analysis.*

## ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ЗАГРЯЗНЕНИЙ МОРЯ ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

*Виктория Владимировна Затыгалова, научный сотрудник*

*E-mail: z-victoria@yandex.ru*

*ФГБУ «Научно-исследовательский центр космической гидрометеорологии «Планета»»*

*http://planet.iitp.ru*

*В статье рассмотрены вопросы применения методов геоинформатики и дистанционного зондирования Земли при мониторинге загрязнения моря. В частности решается задача определения загрязнения морской поверхности конкретными судами. Раскрывается специфика геоинформационного подхода применительно к мониторингу загрязнений моря. В качестве основы мониторинга применяются радиолокационные изображения (РЛИ) Приведены примеры использования метода. Доказана эффективность предложенной технологии при решении практических задач.*

*Ключевые слова: дистанционное зондирование, мониторинг, геоинформационный подход, экология.*

**Целью статьи** является описание нового метода обнаружения загрязнений, оставляемых судами на поверхности моря. В качестве основы предлагается использовать данные дистанционного зондирования и методы геоинформатики. Описаны результаты экспериментальной проверки метода.



**В.В. Затыгалова**

**Введение.** Согласно [1], наибольшее количество нефтяных загрязнений поступает в морскую воду при эксплуатации танкерного флота (примерно 2 млн т в год). Мониторинг и идентификация нефтяных загрязнений на морской поверхности сложный и неоднозначный процесс [2]. Для этой цели часто используют радиолокационные изображения (РЛИ). Сложность выявления загрязнений на РЛИ заключается в необходимости анализа комплекса сликообразующих явлений, которые существенно затрудняют идентификацию загрязнений, оставляемых судами на поверхности моря.

поверхности моря.

Слик (англ. *slick* – гладкий, блестящий, пятно) – общепринятый в настоящее время в русскоязычной научной литературе термин, обозначающий область выглаживания ряби на поверхности моря. Это зеркально гладкие полосы или пятна на поверхности океанов, морей или внутренних водоемов; они чаще всего имеют вытянутую форму.

Размер, форма, геометрия и происхождение сликов может быть самой разнообразной. Слики, связанные с атмосферными процессами, имеют самые разнообразные геометрические формы. Однако чаще всего их размеры определяются масштабами изменчивости ветра, характерными для того или иного явления в атмосфере [3].

Нефтяные пленки также создают слики. Гашение мелкомасштабных волн нефтяной пленкой приводит к резкому уменьшению рассеяния радиоволн в сторону антенны, что и создает области выглаживания на морской поверхности и темные пятна на РЛИ.

Поэтому проблема идентификации загрязнений сводится к трем задачам: анализ сликообразующих явлений по РЛИ; идентификация загрязнения (естественное или антропогенное); соотнесение загрязнения (если оно антропогенное) с определенным судном.

**Методика решения поставленных задач.** Для анализа сликообразующих явлений и интерпретации РЛИ применялись методы глобального геоинформационного мониторинга [4] и инкрементный метод [5, 6]. На концептуальном уровне использовался геоинформационный подход [7]. Он включает выделение трех групп данных «место», «время», «тема». Это позволяет: координировать загрязнение, оценивать время его происхождения, выявлять причину загрязнения.

В геоинформационном мониторинге можно проводить интегрированную обработку



цифровых снимков, цифровых моделей и цифровых карт [8]. Это дает возможность объединять разнородные информационные ресурсы и проводить комплексный анализ загрязнений.

**Исследования.** Анализ сликообразующих явлений показал, что их совокупность может быть рассмотрена как суперпозиция. Это означает возможность стратификации такой совокупности. Геоинформационный подход реализует стратификацию данных с включением отношений иерархии [9]. Это дает возможность создания иерархической геоинформационной модели, визуально представляемой как совокупность слоев с общей тематикой и разными признаками.

Выявление пространственных отношений [10, 11] дает возможность находить слабые и сильные, явные и неявные связи между объектами, находящимися в разных точках пространства. Это дает возможность привязки слика, обусловленного загрязнением, с судном, которое произвело загрязнение.

К геоданным [12], применяемым при мониторинге загрязнений на основе РЛИ, относятся данные о потенциальных источниках и зонах потенциального загрязнения (судоходные трассы, нефтегазоносные структуры и подводные геологические объекты, порты и терминалы, буровые платформы и т.д.), данные о гидрометеорологических условиях (ветер, волнение, течения). Полный набор этих данных был описан автором статьи в 2007–2008 гг. в ряде публикации, одна из которых опубликована в известном научном журнале «International Journal of Remote Sensing» [3].

Был проведен ряд пилотных проектов, которые подтвердили необходимость интеграции дополнительной информации и их совместный анализ с РЛИ. В основном дополнительная информация могла быть получена с навигационных цифровых карт, геолого-геофизических данных, прогнозных гидрометеорологических данных и т.д. Со временем стало очевидно, что часть дополнительной информации может быть получена с радиолокационного изображения (ветер, волнение). Ветер и волнение создают сликообразующие явления на поверхности моря и на снимке.

Кроме того, временная привязка загрязнения к объекту еще не является доказательством того, что именно этот объект является источником загрязнения. Поэтому возникла первичная задача устранения сликообразующих явлений на снимке, которые не связаны с загрязнением.

Особенность анализа данного явления состояла в том, что одни сликообразующие явления, связанные с загрязнением, являются устойчивыми. Другие сликообразующие явления носят не стационарный характер. Задача выделения сликообразующих явлений, связанных с загрязнением, по-разному решается при оперативном и тактическом мониторинге.

Геоинформационный мониторинг разделяют на тактический и оперативный [4]. В тактическом геоинформационном мониторинге имеется достаточно большое количество РЛИ. В нем имеет место накопление информации, получаемой в разное время на разных снимках. Поэтому задача устранения сликообразующих явлений на снимке при тактическом мониторинге решается по разновременным РЛИ. Они позволяют исключить случайные факторы и выделить источник загрязнения.

В оперативном мониторинге по минимальному числу снимков (полученных в одно время, или по одному снимку) необходимо также решать задачи выделения сликообразующих явлений, связанных с загрязнением. В нашем случае при оперативном мониторинге требуется по текущему радиолокационному изображению установить источник и оперативно информировать потребителя. Поэтому требуется надежная методика анализа РЛИ.

Проанализировав современные методы, автор пришел к выводу, что существующие методы не позволяют различать нефтяные пленки по типу происхождения, проблемой также является их отличие от сликообразующих явлений. Для решения этих проблем автором разработан набор классификационных признаков загрязнений и инкрементальный метод выделения сликообразующих явлений.

Основные принципы инкрементного метода, описаны в [5, 6]. Автор использовал

методику, изложенную в [5], но для анализа сликообразующих явлений. Следует напомнить, что инкрементальный метод применяется при решении задач второго рода [9], когда для решения нельзя построить сквозной алгоритм и, по существу, необходим эвристический анализ.

Кроме того, автором была использована идея информационных единиц [13, 14] как индикаторов и информационных характеристик загрязнений. Были разработаны базисные и казуальные признаки. Казуальные признаки выявлялись на основе коррелятивного анализа [15].

К базисным признакам относят признаки, идентифицирующие загрязнение. К казуальным признакам относят причинно-следственные [16] признаки, которые делятся на предшествующие и последующие. Были обоснованы три группы казуальных классификационных признаков.

Первая группа связана с многочисленностью типов источников загрязнения морской среды. Нефть и нефтепродукты могут попадать в морскую среду от различных источников, наиболее распространенными из которых являются следующие:

- *аварийные разливы*, образованные при утечках, связанных с бурением на морском шельфе, утечках из заброшенных скважин, повреждении подводных трубопроводов, крушениях танкеров и судов;

- *судовые разливы* – балластные, льяльные или промывочные воды, отходы машинного отделения, отходы рыбопереработки и др.;

- *береговой сток* – сток промышленных, канализационных и бытовых вод, стоки сельскохозяйственных угодий, подъем вод с содержанием поверхностно-активных веществ при дноуглубительных работах и др.;

- *речной сток* как частный случай берегового стока – хозяйственно-бытовые и промышленные стоки переносимые речными водами;

- *естественные источники* – выходы углеводорода из глубинных недр.

Вторая группа признаков связана с условиями существования нефтяных загрязнений на морской поверхности. Нефть и нефтепродукты, попавшие в морскую среду, могут наблюдаться на морской поверхности продолжительное время (от 0,5–2 суток) в виде пленок различной толщины. Возможность обнаружения нефтяных пленок в микроволновом диапазоне на морской поверхности определяется эффектом сглаживания пленками высокочастотной составляющей морского волнения.

Присутствие пленок на взволнованной морской поверхности приводит к уменьшению интенсивности радиолокационного рассеяния по сравнению с чистой водой и резкому уменьшению яркости на радиолокационных изображениях. Продолжительность существования нефти или нефтепродуктов в виде сплошной пленки на морской поверхности, и, следовательно, возможность ее обнаружения зависят как от типа и состава нефти и нефтепродукта, так и от состояния морской поверхности.

**Результаты.** На радиолокационных изображениях нефтяные пленки обнаруживаются на взволнованной поверхности моря при скоростях приводного ветра от 2–3 до 9–12 м/с. При меньших скоростях ветра они неразличимы на фоне гладкой морской поверхности. При скоростях ветра больше 9 м/с нефтяные пленки начинают разрушаться, превращаясь в нефтяную эмульсию и постепенно становясь невидимыми на радиолокационных изображениях, и только крупные нефтяные разливы можно наблюдать при скорости ветра до 12 м/с.

Третья группа признаков связана с выбором параметров радиолокационной съемки. В настоящее время функционирует 9 космических аппаратов, оборудованных радиолокаторами с синтезированной апертурой (ENVISAT, RADARSAT -1, -2, TERRA-SAR-X, TanDEM-X, CosmoSky-Med-1, -2, -3, -4), которые имеют высокое пространственное разрешение и широкую полосу обзора, работают вне зависимости от времени суток и погодных условий.

Радиолокационный образ нефтяной пленки на морской поверхности зависит от параметров проведения радиолокационной съемки (длины волны, поляризации излучаемого и принимаемого сигналов, угла зондирования, пространственного разрешения и ширины обзора радиолокационной съемки). Углы зондирования радиолокационного сигнала выбираются из допустимых с учетом механизма брэгговского рассеяния радиоволн, которые находятся в пределах от 20° до 43–45°. Среди диапазонов длин радиоволн широко используются С- и Х-диапазоны, так как они обладают высокой чувствительностью к шероховатости морской поверхности и их длины волн находятся в пределах гравитационно-капиллярной области спектра волн.

При выборе поляризации сигнала преимущество отдается вертикальной поляризации, при которой отраженный от взволнованной морской поверхности радиолокационный сигнал имеет более высокую интенсивность и обеспечивает лучший контраст на РЛИ между нефтяным пятном и морской поверхностью. Кроме того, для отличия на РЛИ пятен нефти от других сликообразующих явлений может быть полезна комбинация вертикальной и горизонтальной поляризации.

Выбор режимов съемки зависит от требований к поставленной задаче. С увеличением пространственного разрешения повышается возможность выявления разливов малых площадей, а также повышается точность определения положения загрязнения и оценка его масштабов, но при этом, как правило, уменьшается ширина полосы обзора.

Поэтому принимается компромиссное решение: для наблюдения значительных областей акваторий используется широкообзорная съемка, для наблюдения за стационарными объектами в пределах акватории – высокодетальная съемка. Эффективным решением при организации спутникового радиолокационного мониторинга является привлечение нескольких радиолокационных спутников для обеспечения высокой частоты наблюдений (от 1 до нескольких раз в сутки), а также чередование обзорного и детального режимов съемки.

Для проведения коррелятивного анализа [15] и импакт-анализа [16] «причина – следствие» автором разработана реляционная таблица отношений между источниками загрязнений и сопутствующим им казуальным характеристикам [9].

В аспекте импакт-анализа ситуации «судно–загрязнение» был применен ситуационный [17] (сценарный) подход. Автором предложено 4 информационные ситуации [18] расположения судна. На радиолокационном изображении можно определить координаты судов, однако невозможно определить название судна и его принадлежность к стране и порту приписки. Кроме того, если судно находится на удалении от нефтяного разлива и тем более на значительном удалении (за пределами спутникового радиолокационного изображения) от нефтяного пятна, доказать, что оно совершило нефтяной разлив, имея на руках только РЛИ, практически невозможно.

Решить эту задачу оказалось возможным на основе свойств интегрированности геоинформационного подхода в результате сопоставления спутникового радиолокационного изображения с данными системы автоматической идентификации судов (АИС). Система АИС позволяет получить информацию о пространственном положении судна в акватории в отдельный момент времени, восстановить по времени и координатам маршрут судна, содержит информацию об идентификационном номере, типе судна и принадлежности к определенной стране.

В России нет законодательной базы об использовании спутниковых радиолокационных данных в качестве доказательств загрязнения акватории, несмотря на то, что результаты комплексного анализа РЛИ и АИС указывают на принадлежность нефтяного разлива к определенному судну. Прямыми доказательствами нефтяного разлива являются только пробы с места сброса или регистрация спектральной характеристики пленки на морской поверхности с помощью аэрофотосъемки. Поэтому данная технология включает оперативное доведение (с использованием WEB-картографических сервисов, связанных с ГИС) факта установления судна – виновника нефтяного загрязнения до портовых служб с целью после-

дующих проверок судна в порту прибытия.

Вся процедура проведения такого комплексного анализа с применением целевой проверки показана на рисунке 1:

а) спутниковое радиолокационное изображение RADARSAT-1 от 20 августа 2008 г. на пользовательском интерфейсе веб-картографического геопортала (красным цветом выделен шлейф загрязнений, желтым – суда) © MDA, CSA, СКАНЭКС;

б) положение судна на момент радиолокационной съемки по данным АИС © ЗАО «Транзас», ФГУ «АМП Новороссийск»;

в) в результате досмотра судна службами порта выявлена неисправность водоочистного оборудования. © ФГУ «АМП Новороссийск»;

г) судно-виновник сброса нефтепродуктов – «Расим Акар», © ФГУ «АМП Новороссийск».

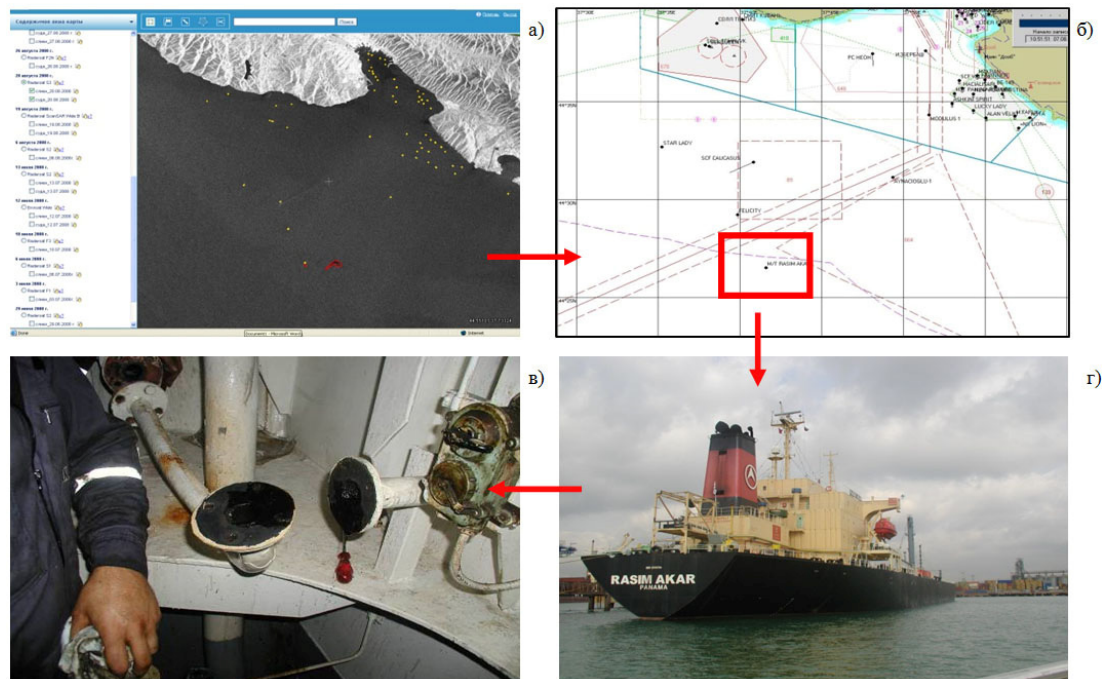


Рисунок 1 – Мониторинг загрязнения моря по данным дистанционного зондирования Земли из космоса

**Заключение.** Геоинформационный подход, инкрементный анализ РЛИ и информационные единицы как характеристики загрязнения могут быть применены для решения задачи идентификации загрязнений, оставляемых судами на поверхности моря.

Данная технология была апробирована в ходе проекта «Обнаружение нефтяных загрязнений с судов в Азово-Черноморской зоне ответственности Российской Федерации», выполненного в 2008–2009 гг. при совместной работе ИТЦ «СКАНЭКС» и ФГУ «АМП Новороссийск», а также в 2011 г. при совместной работе ФГБУ «НИЦ «Планета» и ФГУ «АМП Новороссийск».

В результате реализации данной технологии в 2008–2009 и 2011 гг. было установлено 13 судов, причастных к разливам нефтепродуктов; из них 4 судна были задержаны службами порта, 8 судов записаны в список подозреваемых и установлено 1 нелегальное судно.

Таким образом, опыт разработки и использования данной технологии показал ее эффективность и уникальность при мониторинге загрязнения моря по данным дистанционного зондирования Земли из космоса. Однако отсутствие законодательной базы является сдерживающим фактором при использовании данной технологии.

#### Литература:

1. Проблемы химического загрязнения вод Мирового океана. Т. 8. Методы и средства борьбы с нефтяным загрязнением вод Мирового океана. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 208 с.



2. Иванов А.Ю., Затыгалова В.В. Картографирование пленочных загрязнений моря с использованием космической радиолокации и географических информационных систем // Исследование Земли из космоса. 2007. № 6. С. 46–63.
3. Ivanov A.Yu., Zatyagalova V.V. A GIS approach to mapping of oil spills in the marine environment // International Journal of Remote Sensing. 2008. Vol. 29. No. 21. P. 6297–6313.
4. Tsvetkov V. Ya. Global Monitoring // European Researcher. 2012. Vol. (33). No. 11–1. P. 1843–1851.
5. Цветков В.Я., Железняков В.А. Инкрементальный метод проектирования электронных карт. // Инженерные изыскания. 2011. № 1. янв. С. 66–68.
6. Куркчи В.А., Гомозов О.В., Ладыженский Ю.В. Исследование инкрементных методов решения СЛАУ // Донецк, ДонНТУ: Всеукраинская научно-техническая конференция КМиТ. 2009. С. 190–193.
7. Майоров А.А., Матерухин А.В. Геоинформационный подход к задаче разработки инструментальных средств массовой оценки недвижимости // Геодезия и аэрофотосъемка. 2011. № 5. С. 92–98.
8. Новаковский Б. А., Прасолова А. И., Прасолов С. В. Цифровая картография: цифровые модели и электронные карты. М.: Изд-во МГУ, 2000.
9. Цветков В.Я. Логика в науке и методы доказательств. LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, Saarbrücken, Germany, 2012. – 86 с.
10. Freeman J. The modelling of spatial relations // Computer graphics and image processing. 1975. Т. 4. №. 2. С. 156–171.
11. Майоров А.А., Цветков В.Я. Геореференция как применение пространственных отношений в геоинформатике // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. 2012. № 3. С. 87-89.
12. Савиных В.П., Цветков В.Я. Геоданные как системный информационный ресурс // Вестник Российской Академии наук. 2014. Т. 84. № 9. С. 826–829.
13. Tsvetkov V.Ya. Information Units as the Elements of Complex Models // Nanotechnology Research and Practice. 2014. Vol.(1). No. 1. P. 57–64.
14. Li X. et al. Using micro information units for internet search // Proceedings of the eleventh international conference on Information and knowledge management. ACM, 2002. P. 566–573.
15. Tsvetkov V.Ya. Framework of Correlative Analysis // European Researcher. 2012. Vol. (23). No. 6-1. P. 839–844.
16. Ozhereleva T. Impact Analysis of Education Quality Factors // European Journal of Economic Studies. 2013. Vol.(5). No. 3. P. 172–176.
17. Цветков В.Я., Маркелов В.М. Пространственный ситуационный анализ // Вестник МГТУ МИРЭА «MSTU MIREA HERALD». 2013. № 1(1). С. 103–116.
18. Соловьев И.В. Применение модели информационной ситуации в геоинформатике // Науки о Земле. 2012. № 1. С. 54–58.

### **Geoinformational approach for monitoring of pollution of the sea according to remote sensing of the earth from space**

*Viktoriya Vladimirovna Zatyagalova, Researcher FGBU «Research Center for Space Hydrometeorology “Planeta”» Russia*

*The paper deals with application of geoinformatics and remote sensing in monitoring marine pollution. In particular, solved the problem of determining the specific surface of marine vessels. Reveals the specificity of geo-information approach for monitoring pollution of the sea. As a basis for monitoring use radar images (SAR images) are shown and disclosed in the basic problems that arise in the recognition slikoobrazuyuschih phenomena. To solve the problematic issues of basis sets developed by the author (direct) and casual (causal) evidence of contamination. In the aspect of a situation analysis “vessel-pollution” scenario approach was used. Examples of the use of the method. The efficiency of the proposed technology to solve practical problems.*

*Key words: remote sensing, monitoring, geo-information approach, the environment.*

## WEB-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ 3D-ВИЗУАЛИЗАЦИИ В ИССЛЕДОВАНИЯХ И ОБОСНОВАНИИ РЕШЕНИЙ В ЭНЕРГЕТИКЕ

*Людмила Васильевна Массель, д-р техн. наук, гл. науч. сотр., зав. лабораторией*

*E-mail: massel@isem.sei.irk.ru*

*Роман Андреевич Иванов, канд. техн. наук, науч. сотр.*

*E-mail: crowndriver@gmail.com*

*Андрей Александрович Чемезов, аспирант*

*E-mail: remahin@yandex.ru*

*ФГБУН Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН*

*http://www.sei.irk.ru*

*Статья посвящена вопросам разработки инструментальных средств 3D-визуализации объектов процессов и величин, являющихся результатами энергетических исследований, в виде web-приложения. Для визуализации используется новый подход к работе с геопространственными данными, получившим название ситуационная осведомленность, или неогеография. Возможности web-приложения для 3D-визуализации иллюстрируются на примере двух конкретных энергетических задач.*

*Ключевые слова: исследования систем энергетики, situational awareness, ситуационная осведомленность, неогеография, геосервисы, web-приложение.*

*Работа выполнена при частичной финансовой поддержке грантов РФФИ № 14-07-00116, № 12-07-00359, № 13-07-00140, № 13-07-00422.*



**Л.В. Массель**

### Введение

Развитие информационных технологий, в частности, средств для работы с геопространственной информацией (геосервисов), делает очевидной необходимость повышения уровня интеллектуализации инструментальных средств визуализации результатов исследований в энергетике, а также создания программного обеспечения, отвечающего требованиям современных ИТ, которое можно было бы легко модифицировать и адаптировать к изменяющимся условиям исследований. Появление нового подхода к визуализации разнородной информации [1] может вывести системные исследования в энергетике на новый уровень восприятия информации [2]. Для поддержки энергетических исследований были разработаны методический подход к 3D-визуализации и специальное инструментальное средство – геокомпонент, который обеспечивает формирование данных для загрузки в геосервис [3]. Геокомпонент был разработан в виде локального приложения и выполнял следующие функции:

- формирование геопространственных данных;
- моделирование структуры данных;
- формирование kml-файла из результатов исследований.

Исходные данные либо заполнялись вручную, либо извлекались из файлов. Результатом работы являлся kml-файл, готовый для загрузки в геосервис. Были разработаны и апробированы специальные модули геокомпонента для решения трех классов энергетических задач.

Однако из-за того, что геокомпонент представлял собой локальное приложение, существовало несколько ограничений, обусловленных технологией разработки. Например, следующие:

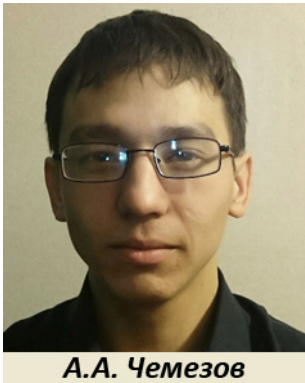
- отсутствие динамической визуализации. Требовалось загружать сформированный kml-файл в геосервис, который нужно было



**Р.А. Иванов**

открыть в другом окне;

- задание и получение координат объектов было возможно только вручную.



А.А. Чемезов

Учитывая сформулированные ограничения, было предложено разработать геокомпонент в виде web-сервиса. Это дает определенные преимущества и позволяет встроить в web-сервис плагин Google Earth (Планета Земля) [4] для упрощения процесса формирования геопространственной информации и динамического отображения изменений, проводимых с kml-файлом. Основной задачей web-сервиса по-прежнему будет являться формирование kml-файла, но загрузка его во встроенный плагин будет выполняться «прозрачно» для пользователя. Иначе говоря, появляется возможность отображения не только локальных объектов, а также событий и процессов, изменяющихся в пространстве и во времени.

Также появляется доступ к дополнительным сервисам Google Earth, например Google Elevations для работы с данными дистанционного зондирования Земли или Google Charts, для работы с графиками и диаграммами.

Геокомпонент был разработан как научно-исследовательский прототип на языке Java, поэтому было предложено отработать взаимодействия с API и плагином Google Earth, разработав Java-апплет. *Java-апплет* – прикладная программа, чаще всего написанная на языке программирования Java в форме байт-кода. Апплеты используются для предоставления интерактивных возможностей веб-приложений. Код апплета загружается с веб-сервера, и браузер либо вставляет апплет в веб-страницу, либо открывает новое окно с собственным пользовательским интерфейсом апплета [5].

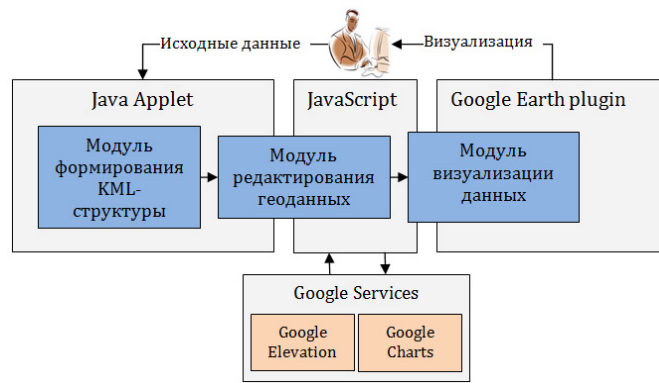


Рисунок 1 – Архитектура web-приложения

Архитектура разрабатываемого web-приложения представлена на Рисунок 1. Как и архитектура авторского базового Геокомпонента, она состоит из трех основных модулей, отвечающих за моделирование структуры, редактирование геоданных и сборку kml-файла. Предложенная архитектура позволяет получить доступ к плагину Google Earth, а также обеспечивает взаимодействие с различными дополнительными сервисами Google.

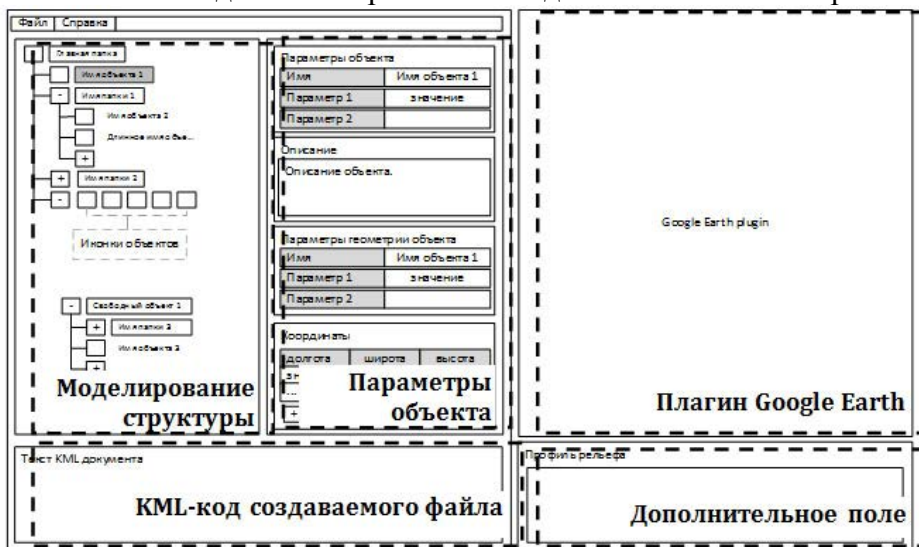


Рисунок 2 – Эскиз интерфейса web-приложения

Эскиз интерфейса web-приложения представлен на Рисунок 2. Большую часть глав-

ного окна занимает встроенный плагин Google Earth, для обеспечения наглядной визуализации были учтены достоинства геокомпонента. В левой части главного экрана размещено окно моделирования структуры kml-файла, которое совмещено с добавлением объектов. Средняя часть главного окна отображает параметры выбранного объекта, такие как имя объекта, описание, координаты (широта, долгота, высота), настройки отображения (видимость, привязка к рельефу и т.д.). Нижняя часть главного окна отведена под kml-код создаваемого файла и дополнительное поле, например для отображения профиля рельефа или различных графиков.



Рисунок 3 – Кнопки добавления объектов

### Разработка web-приложения

При разработке web-приложения было уделено внимание трем основным модулям, обозначенным в архитектуре (Рисунок 1).

### Моделирование структуры kml-файла

При анализе структуры различных KML-файлов были выявлены блоки, на которые можно разбить файл. Каждый блок выполняет свою функцию. Соответственно, появляется

возможность моделировать структуру kml-файла для решаемой задачи, а не создавать kml-файл для каждого отображаемого объекта. Необходимость структурирования объектов kml-файлов объясняется спецификой энергетических исследований. Одним из основных подходов к структурированию является разбиение страны на федеральные округа, а каждого округа на субъекты. Это позволяет посмотреть как общую картину исследования для всей страны, состояние объектов исследования в конкретном федеральном округе и результаты исследований в конкретном субъекте. Для некоторых задач необходимо дальнейшее деление субъектов на районы, районов на города, городов на энергетические объекты [6]. Это обеспечивает возможность генерализации информации в зависимости от высоты камеры в геосервисе для наилучшего отображения. Моделирование структуры kml-файла разбито на две основные части: добавление новых объектов и перемещение созданных объектов.

Для добавления объектов было принято решение отображать кнопки непосредственно в панели рисования структуры. Каждый каталог имеет кнопку добавления объектов, отображаемую после списка содер-

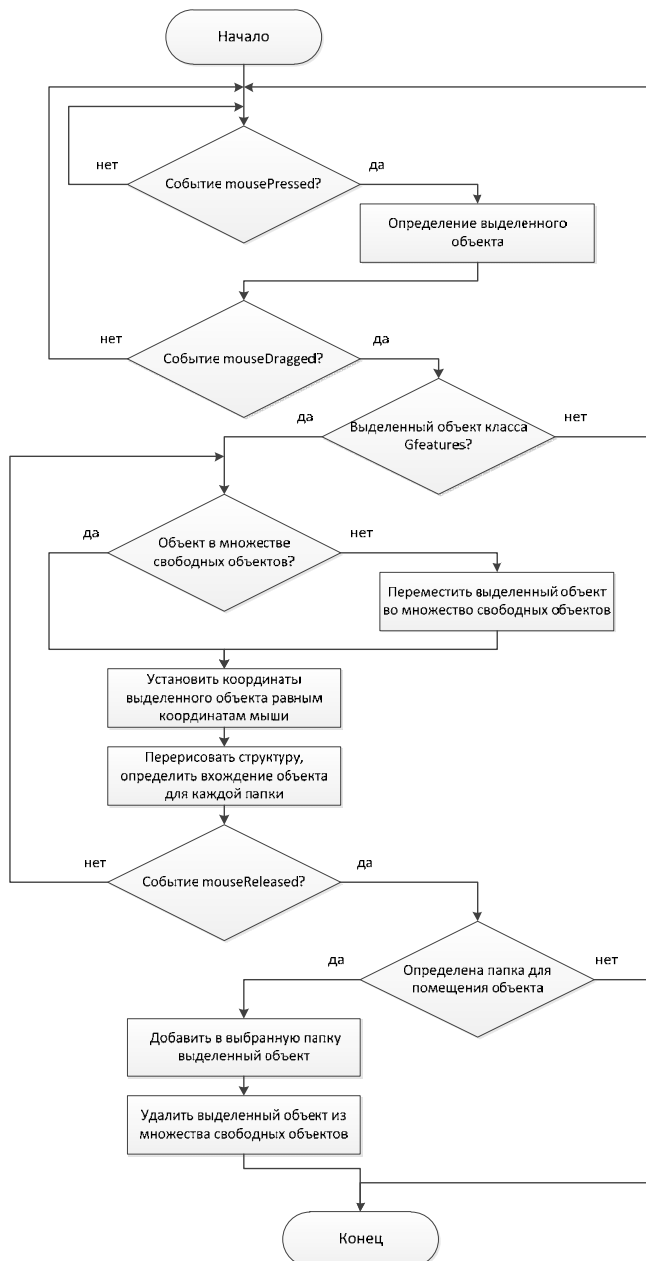


Рисунок 4 – Алгоритм перемещения объектов



жащихся в нем объектов. При нажатии на кнопку отображается панель добавления объектов (Рисунок 3).

В результате нажатия на кнопки можно получить следующие типы объектов: метка, линия, многоугольник, 3D-модель. Также существует специальная кнопка для создания каталога, для формирования различных структур объектов в kml-файле. В дальнейшем планируется добавить возможность загрузки типовой структуры, например административно-территориального деления всей страны, федерального округа, субъекта или района.

Для изменения положения объектов в структуре предложено реализовать метод Drag&Drop. Для этого необходимо, удерживать объект правой кнопкой мыши, переместить его в нужный каталог или место в каталоге. При перемещении объекта структура будет автоматически меняться в зависимости от положения объекта. Алгоритм перемещения объектов выглядит следующим образом (Рисунок 4).

Кроме того, объект можно поместить в свободное место, использующееся как буфер. Каждый каталог справа от имени имеет кнопку сворачивания содержимого. Это необходимо для упрощения работы со структурой создаваемого файла. Пример перемещения объектов в окне моделирования структуры представлен на Рисунок 5.

### Редактирование данных

Каждый тип объектов kml-геометрии имеет набор параметров как обязательных для всех объектов, так и специальных параметров, специфичных для конкретного типа объектов. Подробнее типы объектов и наборы параметров описаны в [2]. При добавлении или выборе определенного объекта в поле параметров отображаются доступные характеристики.

### Редактирование координат

Существуют два варианта задания координат объекта: ручной – ввод данных с помощью клавиатуры и интерактивный – добавление и изменение данных с использованием Google Earth plugin. Интерактивное задание координат объекта является наиболее удобным способом. Он позволяет получать значения долготы, широты и высоты по выделенному узлу, копировать, заменять или удалять выделенный узел, а так же добавлять новые узлы до или после выделенного (Рисунок 6 – Контекстное меню редактирования координат).



Рисунок 5 – Перемещение объектов

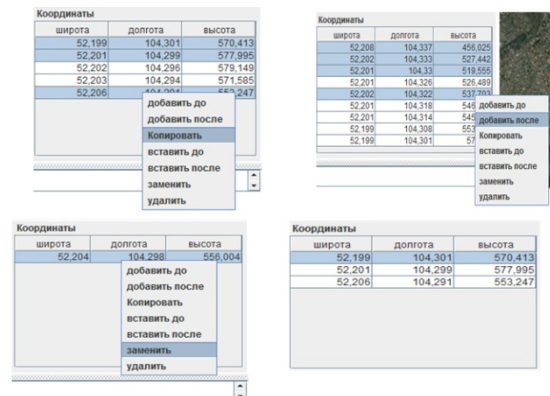


Рисунок 6 – Контекстное меню редактирования координат

### Сборка и визуализация KML

Каждый элемент структуры и параметров отвечает за определённый участок кода kml-документа. По смоделированной структуре и заданным параметрам объектов формируется kml-файл добавляется заголовок и строка декларации имен. Далее собранный файл передается в Google Earth plugin, где и происходит визуализация. Пример сборки заданной структуры и сформированный kml-код отображены на рисунке 8.

В рамках апробации созданного инструментария была поставлена задача разработать специальные модули web-приложения для решения двух классов энергетических задач:

- 1) получение профилей рельефов и участков с различными горно-геологическими условиями строительства в задаче обоснования маршрутов газопроводов;
- 2) визуализация количественных и качественных оценок энергетической безопасности;
- 3) применение инструментария для получения профилей рельефов в задаче обоснования маршрутов газопроводов. Основной целью являлось получение дополнительных данных для экономического обоснования маршрутов газопроводов. Экономическое обоснование выбора вариантов трассы представляет собой расчет стоимости прокладки газопровода на основе профиля рельефа и других характеристик, что и позволяют возможности геосервиса Google Earth.

Для получения профиля рельефа первоначально нужно сформировать массив кортежей геопространственных данных, затем отправить полученный массив в сервис Google Earth Elevation (Высотных данных).

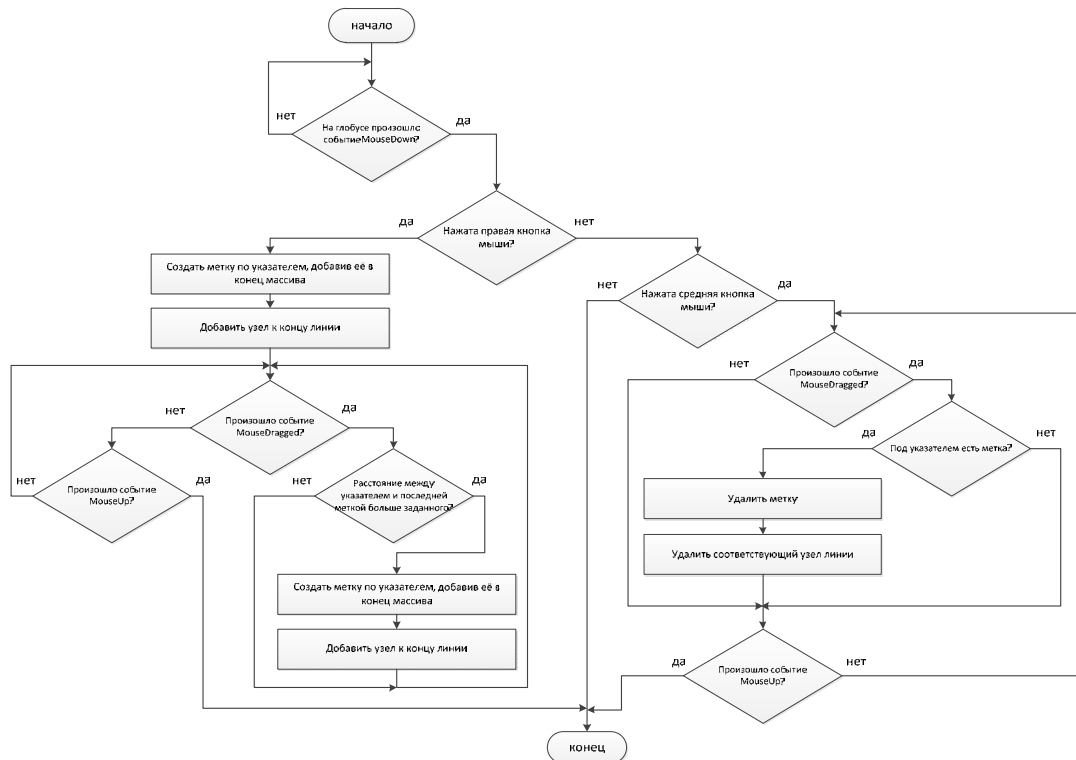


Рисунок 7 – Алгоритм обработки событий мыши на трехмерной модели Земли

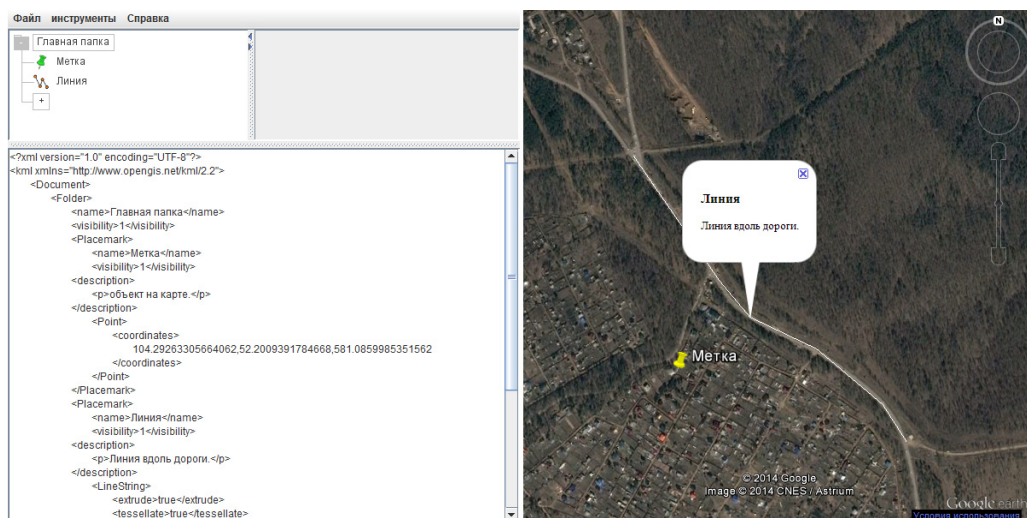


Рисунок 8 – Результат сборки созданной структуры в KML

API высотных данных Google предоставляет простой интерфейс, позволяющий запрашивать данные о высотах в разных точках земной поверхности. Кроме того, можно запрашивать высотные данные для выборки точек вдоль пути, что позволяет вычислять изменения высоты на маршруте. API высотных данных предоставляет данные о высотах всех точек на земной поверхности, включая глубины океана (в этом случае возвращаются отрицательные значения). Если у Google нет точных высотных данных для интересующей нас точки, служба использует интерполяцию и возвращает усредненное значение по четырем ближайшим точкам [7]. Полученный массив с заполненными высотами передается из сервиса Высотных данных и отображается в виде графика, используя сервис Google Chart. Результат работы представлен на Рисунок 9.

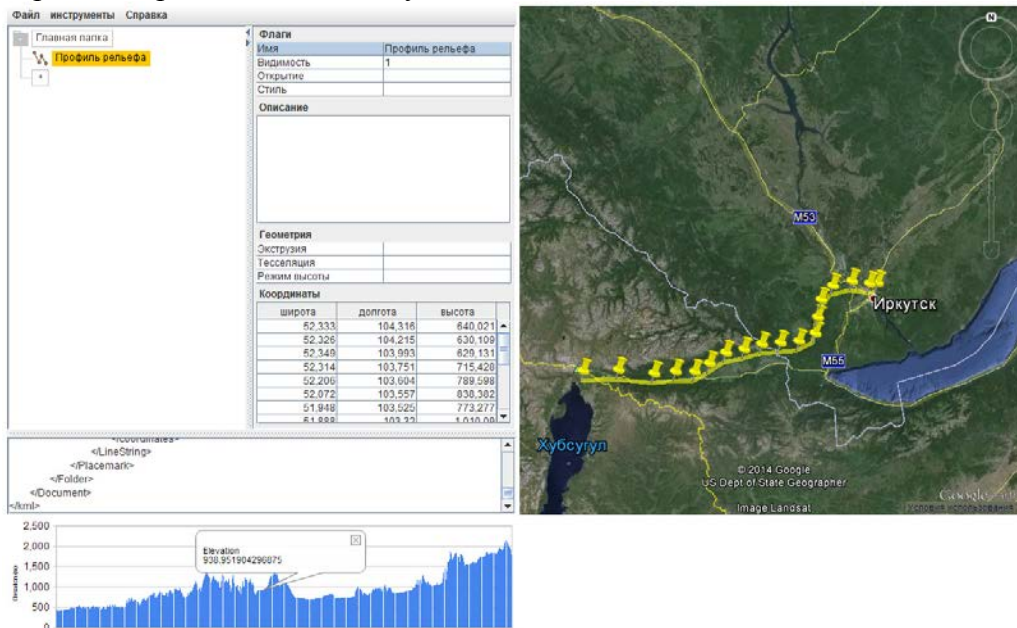


Рисунок 9 – Интерфейс web-приложения, профили рельефа

### Визуализация количественных и качественных оценок энергетической безопасности

В Институте систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН была поставлена задача 3D-визуализации контрольных показателей мониторинга энергетической безопасности субъектов РФ. Оценку основных показателей состояния энергетики как обобщенных, так и частных, можно осуществлять на основе использования системы индикаторов, т.е. системы показателей, характеризующих уровень, состав и глубину угроз ЭБ.

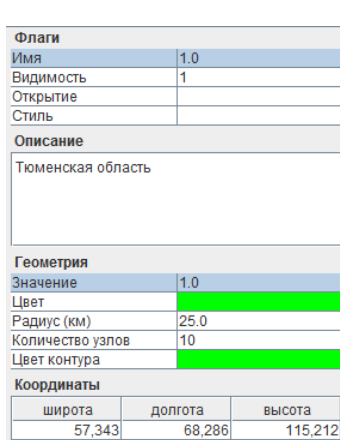


Рисунок 10 – Панель редактирования данных

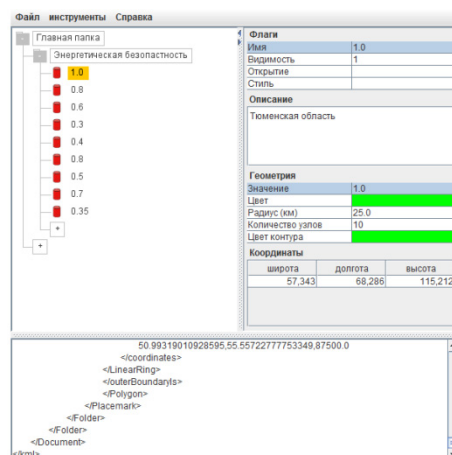
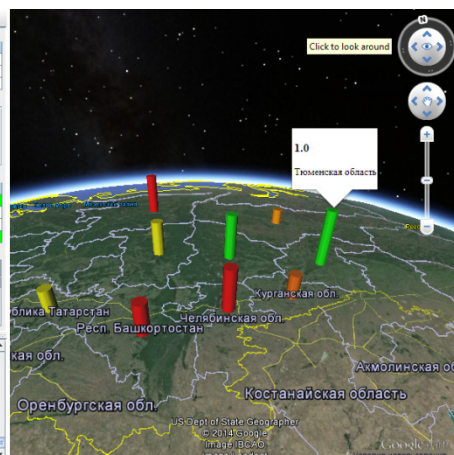


Рисунок 11 – Построение индикаторов энергетической безопасности в web-приложении



Было предложено для каждого показателя энергетической безопасности отображать трехмерный цилиндр, высота и цвет которого соответствуют значению показателя ЭБ.

Для каждого цилиндра задаются высота, радиус, цвет заливки, цвет контурных линий, а также описание.

Панель редактирования данных и результат работы представлены на рисунках 10-11.

### **Заключение**

В статье рассмотрена возможность применения нового подхода к 3D-визуализации информации в энергетических исследованиях, реализованного в виде web-приложения. Разработанное web-приложение имеет следующие преимущества – динамическая визуализация, моделирование структуры файла и формирование геопространственных данных. Выполненная реализация позволяет экспертам предметной области (энергетика) получить новое качество отображения информации. Рассмотрено применение web-приложения для решения двух классов энергетических задач. Полученные результаты используются экспертами-энергетиками в дальнейших исследованиях.

### **Литература**

1. *Ерёмченко Е.Н., Клименко С.В.* Новые методы визуализации пространственно-временной информации и принцип Situational Awareness. Труды конференции MEDIAS 2009. Лимасол, республика Кипр. С. 105–111.

2. *Массель Л.В., Иванов Р.А.* 3D-геомоделирование в исследованиях энергетики: примеры применения и перспективы // Вестник ИРГТУ. 2011. Вып. 4(51). С. 6–11.

3. *Иванов Р.А.* Методика 3D-визуализации для поддержки принятия решений в энергетических исследованиях // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2013. № 1(37). С. 116–121.

4. Руководство разработчика API Google Планета Земля. URL: <https://developers.google.com/earth/documentation/?hl=ru>

5. The Java™ Tutorials. Lesson: Java Applets URL: <http://docs.oracle.com/javase/tutorial/deployment/applet/>

6. *Массель Л.В., Иванов Р.А.* Применение 3D-моделирования для визуализации геопространственной информации в исследованиях и поддержке принятия решений в энергетике. Труды международной научной конференции Medias'2012. М.: Институт физико-технической информатики, 2012. С. 79–85.

7. Веб-службы API Google Карт. API высотных данных Google. URL: <https://developers.google.com/maps/documentation/elevation/?hl=ru>

### **web-application for 3d-visualization in research and validation of energy solutions**

*Lyudmila Vasilyevna Massel, Doctor of technical science, Chief Scientific Officer, Head of laboratory, Melentiev Energy Systems Institute of SB RAS*

*Roman Andreevich Ivanov, Candidate of technical science, Researcher, Melentiev Energy Systems Institute of SB RAS*

*Andrey Alexandrovich Chemezov, postgraduate student, Melentiev Energy Systems Institute of SB RAS*

*Article is devoted to the development of web-application for 3D-visualization of objects, processes and values which are the result of energy research. The new approach to work with geospatial data which has been called Situational awareness or Neogeography used for 3D-visualization. The possibility of web-applications for 3D-visualization is illustrated by two specific energy problems.*

*Keywords: energy systems research, situational awareness, neogeography, geoservices, web-application.*



## ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУР РАЗЛИЧНОГО ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ГЕНЕЗИСА СРЕДСТВАМИ ГИС-ENDDB

*Анна Владленовна Михеева, канд. физ.-мат. наук, науч. сотр.*

*E-mail: Anna@omzg.sssc.ru*

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения Российской академии наук (ИВМиМГ СО РАН)*

*http://www.sssc.ru*

*Данные дистанционного зондирования Земли по гравиметрии и детальной топографии, недавно реализованные в геоинформационной программной системе изучения исторических стихийных бедствий ENDDB, позволяют решать множество новых задач, таких как подтверждение на фактографическом материале открытых в последнее время новых диагностических морфоструктурных признаков астроблем, а также выявление закономерностей, связанных с геоморфологией различных сейсмогенных структур.*

*Ключевые слова: геоморфология, типичные морфологические элементы, ударный кратер, сейсмичность, каталог, аномалии силы тяжести.*

### **Введение**

В конце 80-х гг. прошлого века в Институте вычислительной математики и математической геофизики СО РАН (тогда Вычислительном центре СО АН СССР) была разработана и создана первая пользовательская система численного моделирования волн цунами с элементами ГИС [1]. Позже на ее базе автором была создана одна из первых ГИС-систем по визуализации сейсмо- и цунами-каталогов и их первичному анализу: «База данных землетрясений и цунами для Курило-Камчатского региона» [2]. Впоследствии эта разработка была рекомендована в качестве прототипа для создания региональных баз данных по проблеме цунами на XV сессии международной координационной группы МОК ЮНЕСКО по системе предупреждения цунами на Тихом океане [3]. К 1994-му году программная система развилась в экспертную систему визуализации данных землетрясений и цунами [4], где наряду с улучшением цифровой картографии были реализованы подпрограммы более глубокого анализа данных по различным рода выборкам из БД, в частности, построение графиков повторяемости землетрясений и цунами, а также карт сейсмической и цунами-активности. Все эти изменения проводились в рамках программы ETDB (Expert Tsunami Database). Дальнейшая модификация этой географической оболочки: пополнение базы данных большим списком сейсмологических каталогов различной детальности и масштаба, а также разработка (в соавторстве с П.Г. Дядьковым) ряда алгоритмов по анализу данных сейсмичности привели к созданию отдельной экспертной системы по исследованию сейсмичности EEDB (Expert Earthquake Database) [5].



**А.В. Михеева**

Последующие изменения подпрограмм ГИС EEDB связаны с охватом новых предметных областей геологии и геофизики. Добавление новых данных дистанционного зондирования Земли позволили расширить круг решаемых задач и создать геоинформационную систему изучения исторических стихийных бедствий ENDDB (the Earth's Natural Disasters Database). При этом все перечисленные прототипы: ETDB, EEDB, как и ENDDB, сохранили первоначальную структуру, представляя собой совокупность трех взаимодействующих программных блоков: системы управления базами данных соответствующей предметной области (цунами, землетрясений, или импактных структур), географической подсистемы, и подсистемы анализа данных. Наиболее ранний прототип содержал БД землетрясений и цунами, последняя версия (ENDDB) базы данных землетрясений и импактных структур. Все подсистемы объединены единым

пользовательским интерфейсом. Интерфейсная часть претерпела за эти годы значительные изменения от функционирующей в среде MS-DOS графической оболочки, ограниченной разрешающими способностями графических адаптеров EGA и VGA, до отвечающей современным стандартам Windows системы меню и диалоговых окон [6]. В настоящее время автором осуществлена адаптация всех подсистем GIS-EEDB к 64-разрядной платформе и разработана новая версия пакетов GIS-EEDB и ENDDDB [7] для Windows 7 и 8. Для этой же платформы сотрудником Дагестанского филиала ГС РАН М. Магомед-Касумовым в начале 2014 г. разработан новый конвертор сейсмологических форматов.

Перечислим основные характеристики ГИС ENDDDB. Полный объем автоматически сгенерированного и авторского кода программы ГИС составляет около 23 МБ и состоит из ~240 классов. Система ENDDDB может быть установлена с исходного носителя на любой компьютер на базе Win32 или 64-разрядной платформы (включая Windows 1995–2010 NT/XP и Windows 7–8) и требует около 4 Гб памяти на жестком диске. Отдельные части и прототипы системы ENDDDB: базы данных предметной области и программные комплексы, входящие в ее состав, запатентованы в Государственном регистре БД, Фонде алгоритмов и программ СОРАН и в Роспатенте (5 патентов на БД, программы и алгоритмы за 2007–2011 гг.), а сейсмологический прототип ГИС EEDB внедрен в ГС РАН и его филиалы (5 Актов о внедрении за 2012–2013 гг.).

Перечисленные расширения в географической и предметной базах данных системы ENDDDB позволяют решать множество новых задач, таких как подтверждение на фактографическом материале открытых в последнее время новых диагностических морфоструктурных признаков астроблем (по «Каталогу импактных структур Земли» [8]), а также выявление закономерностей, связанных с геоморфологией различных сейсмологических структур (по сейсмологическим каталогам).

Так, исследование наиболее полного мирового Каталога [8] с помощью реализованных в системе ГИС-технологий позволило выявить типичные, многократно повторяющиеся особенности рельефа импактных структур, и путем сравнения различных элементов этих структур оценить их надежность, как диагностических признаков астроблем. Что касается математических методов исследования пространственно-временного распределения сейсмичности, унаследованных от системы GIS-EEDB (расчет графика повторяемости событий, построение карт и графиков распределения различных параметров сейсмичности во времени, пространстве и друг относительно друга), то они служат первому этапу исследования сейсмичности – выявлению пространственно-временного группирования событий. Впоследствии, выявленные этими алгоритмами сейсмические структуры необходимо подтверждать геолого-геофизическими наблюдениями. Для решения этих задач в рамках проекта ENDDDB создана база данных геолого-геофизической информации, содержащая гравиметрическую пространственную модель, цифровую модель рельефа повышенной детальности (по современным данным ДЗЗ), слои сейсмических линеаментов, разломов, трещин земной коры, выявленных различными геолого-геофизическими методами, и т.д.

### **Геоинформационные данные и технологии системы ENDDDB**

Методы графической и картографической визуализации данных, унаследованные от прототипов системы ENDDDB, позволяют визуализировать выборки каталогов на карте псевдотрехмерного рельефа (как в соответствии с задаваемой легендой, так и в масштабе карты). Для построения теневой модели рельефа в ENDDDB используются массивы промеров высот рельефа ASTER GDEM (Global Digital Elevation Model) агентства NASA, а также технология цифровой картографии [6], заключающаяся в тонировании точек поверхности в зависимости от их яркости при боковом освещении поверхности.

В связи со значительно выросшим объемом хранимой информации по детальному рельефу, разработана методика фрагментарного добавления детальных данных ASTER GDEM, имеющихся в свободном доступе в сети Интернет, в среду системы ENDDDB. Эта операция необходима, т.к. внедрение в среду единого файла данных по рельефу всего мира столь высокого разрешения было бы неоправданно с точки зрения эффективности

работы системы (его размер составил бы  $1,62 \times 10^{12}$  байт). Включение же необходимого массива детальных данных для района рассматриваемой локальной структуры составляет всего несколько минут и включает скачивание файлов по выбранной географической области, конвертацию исходных форматов этих файлов в формат ENDDB с помощью специально разработанной программы-конвертора и внесение соответствующих изменений в текстовый файл описания.

Не считая упомянутых фрагментов, в системе ENDDB имеются глобальные данные следующего разрешения. По рельефу – это массивы мировых данных GTOPO-30 [9] с 30-секундным разрешением и SRTM-90 с 3-секундным разрешением по территории России.

Для построения теневой модели поля гравитационных аномалий в ENDDB внедрены данные “Global marine gravity” в виде моделей V16.1 и V18.1 [10]. Эти модели, представляющие собой массивы точек значений гравиметрии, имеют одинаковую размерность, но различаются по качеству информации. В модели V16.1 приемлемое разрешение имеют лишь данные по акватории Земного шара, в то время как в модель V18.1 добавлены более подробные данные по суше и произведено уточнение данных в прибрежных регионах акватории с учетом интерполяции, что сделало эту модель более однородной. Полученное разрешение модели V18.1 неоднородно лишь в широтном направлении благодаря свойству исходной проекции предоставляемых данных – проекции Меркатора, приводящей к искажению площадей и преобразуемой нами в прямоугольную (т.е. в равноугольную цилиндрическую-секущую) проекцию. В результате разрешение увеличивается от экватора к полюсам, но в среднем составляет 30 сек. на точку. Сравнение с более поздней моделью V21.1 не выявило изменений в детальности сетки. Источником данных гравиметрии являются миссии ERS-1 и Geosat/GM, а также глобальная модель гравитационных аномалий EGM-2008 [11].

Методика ГИС-исследования морфоструктурных элементов геологических объектов средствами ENDDB заключается в подборе оптимальных параметров луча «подсветки», глубины тени и градации базовых цветов при построении теневой модели на регулярной сетке значений. Этот подход позволяет не только получить наиболее четкие объемные изображения ландшафта и графики, но и собрать материал для установления типовых морфоструктурных признаков визуальной идентификации кольцевых структур космического происхождения, а также блоковых или линейных структур сейсмичности (линементов), выявляемых средствами математического анализа пространственного распределения сейсмичности.

Для изучения формы рельефа кратеров помимо упомянутой теневой модели 3D-рельефа использовались спутниковые снимки программы Google Earth и ее отечественного аналога Imp.ITRIS [12]. В настоящее исследование были включены только те структуры Каталога [8], которые находятся в благоприятных условиях, обеспечивающих повышенную сохранность их рельефа, а именно, располагающиеся в тектонически-устойчивых районах выхода древних щитов и платформ с минимальным проявлением эндогенных процессов и отсутствием мощного покрова рыхлых отложений.

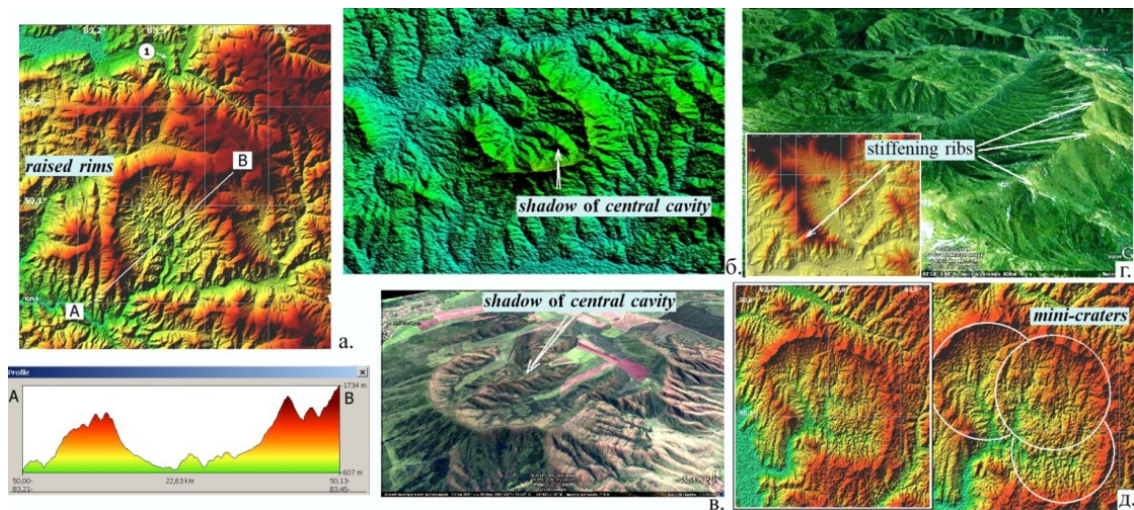
Недавно добавлено алгоритмическое расширение ENDDB для пересчетов исходного гравитационного поля с целью сглаживания влияния рельефа, а также для выявления региональной составляющей гравитационного поля, которая, например, может отражать мантийные неоднородности [13], определяющие основные структурные элементы с сейсмически активными границами. Для разделения поля на региональную и локальную составляющие использован способ вариаций или способ Андреева-Гриффина, использующего сглаживание в виде осреднения по окружностям:

$$\delta U(0) = U(0) - \bar{U}(R),$$

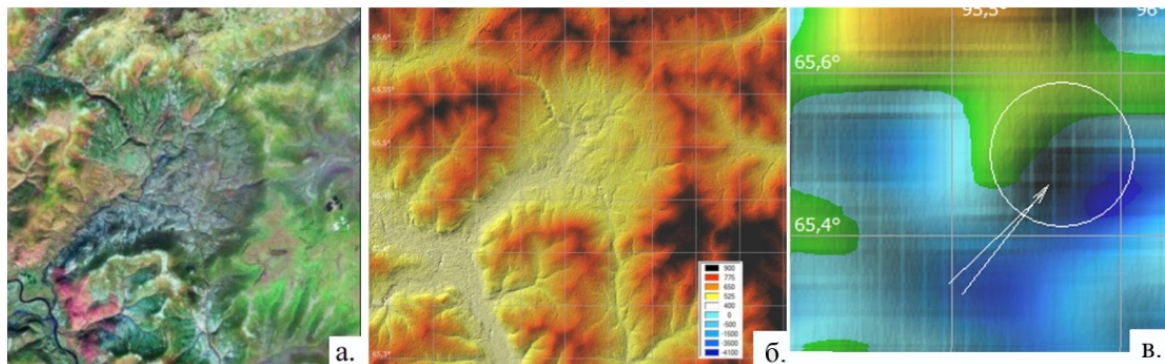
где  $\bar{U}(R)$  – среднее значение поля  $U$  на окружности радиуса  $R$ .

Точка с нулевыми координатами здесь – центр скользящего окна. Вычисленное таким способом осредненное значение отражает региональные аномалии, а его вычитание из наблюдаемого значения в центре окружности дает в результате локальную аномалию.





**Рисунок 1 – Основные структурные элементы асимметрии, выявляемые в детальных моделях рельефа ENDDB (а, б, г, д) и Google Earth (в, г) различных ударных структур:** а – Чаша,  $D=14$  км: карта и разрез АВ (подковообразная форма кратерного вала); б – Орловский,  $D=5$  км (тень центрального ударного конуса); в – Назар,  $D=6$  км (то же); г – Ерофеевская,  $D=10$  км (ребра жесткости); Волчихинская,  $D=14$  км (сердцевидная форма кратера и мини-кратеры)



**Рисунок 2 – Шлейфовидные элементы ударного кратера на примере структуры Логанча,  $D=20$  км:** а – на спутниковом снимке Google Earth, б – по ЦМР в программе ENDDB, в – по гравитационной модели V18.1 в программе ENDDB

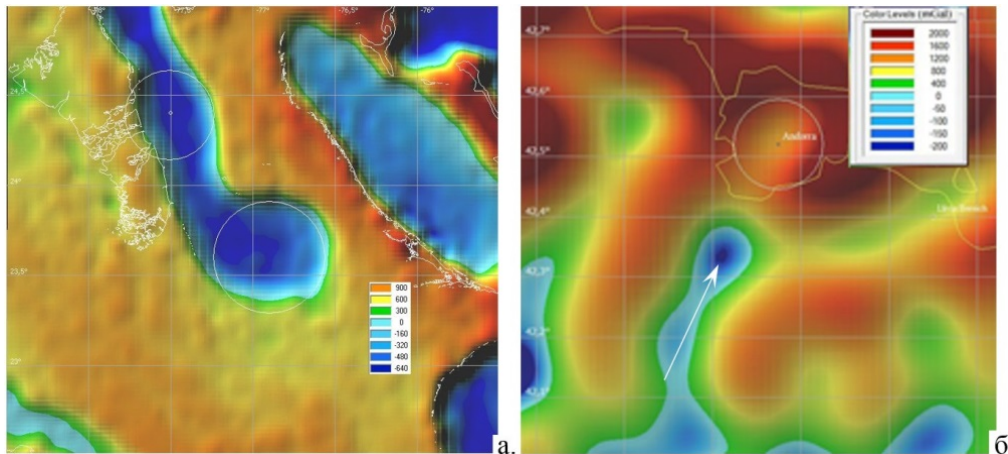
### Типичные структурные элементы, выявленные для ряда ударных кратеров

При использовании средств визуализации системы ENDDB в Каталоге [8] выявлены новые характерные морфологические элементы, выраженные в теневой модели рельефа и гравиметрии десятков структур: шлейфовидная асимметрия рельефа астроблем, сердцевидная форма кратера [14], мини-кратеры, подковообразная форма кратерного вала (рисунок 1) или отрицательных надкратерных гравитационных аномалий, и, наконец, отрицательная шлейфовидная аномалия силы тяжести [7, 14, 15] (рисунки 2, 3).

Асимметрия всех этих форм, также как и отмеченных ранее [16] элементов ударного кратера (тень центрального ударного конуса и наличие ребер жесткости, рисунок 1 б–г), может служить надежным индикатором для определения направления прилета космического тела (КТ), поскольку образуются лишь в случаях пологого его вхождения в атмосферу. В перечисленных работах приводятся примеры десятков структур, содержащих подобные типичные элементы, однако исследование структур каталога в массовом масштабе показало, что распространенность этих элементов не слишком высока и в большей степени зависит как от кинематических условий кратерообразования: скорости КТ и угла его вхождения в атмосферу; так и от внешних условий формирования и сохранения кратера: наличия водного слоя в момент кратерообразования, степени эрозии кратера, зависящей от его возраста и петрофизических свойств, геотектонической устойчивости региона (максимальной на древних щитах и платформах), степени проявления эндогенных процессов, наличием или отсутствием мощного покрова рыхлых отложений. Поэтому количество кратеров, обладающих большинством перечисленных элементов, не превышает 10 % каталога (рисунки 1, 2).



Другая ситуация с последним из перечисленных признаков ударного кратера – отрицательной аномалией силы тяжести в форме шлейфа. Последние исследования показали, что статистика этого признака достаточно высока, хотя и в ограниченном классе структур, так как разрешающая способность упомянутых данных гравиметрии (~30 сек для версий V18.1 и выше) позволяет провести исследование только для относительно крупных астероблем. В каталоге [8] содержится 71 достоверных, 71 вероятных, 275 предполагаемых и 77 неустановленных структур с диаметром  $D=15\div 500$  км (что составляет ~21 % от полного количества записей). На момент написания статьи исследовано гравитационное поле четвертой части этих структур (127 записей). В результате составлен список кратеров (таблица), содержащих более или менее выраженные гравитационные шлейфы (изображения которых представлены на сайте [8]). Это 22 достоверные структуры; 18 вероятных; 72 предполагаемые и 4 структуры неустановленного происхождения (Анкоридж, Бакер горы, Басс Стрэйт, Бела и Земля Уилкса). Что, соответственно, составляет 90% от всех рассмотренных достоверных структур, 83% – рассмотренных вероятных, 87% предполагаемых и 57% структур неустановленного происхождения. Почти половина случаев выявления гравитационных шлейфов является предположительными, так как последние либо дистанцированы от астероблем в направлении подлета (рисунки 3б, 4а), либо смещены в сторону от кратера, что может говорить о локализации структур на периферии более крупной шлейфовидной аномалии. В таких случаях их выделение не является однозначным.

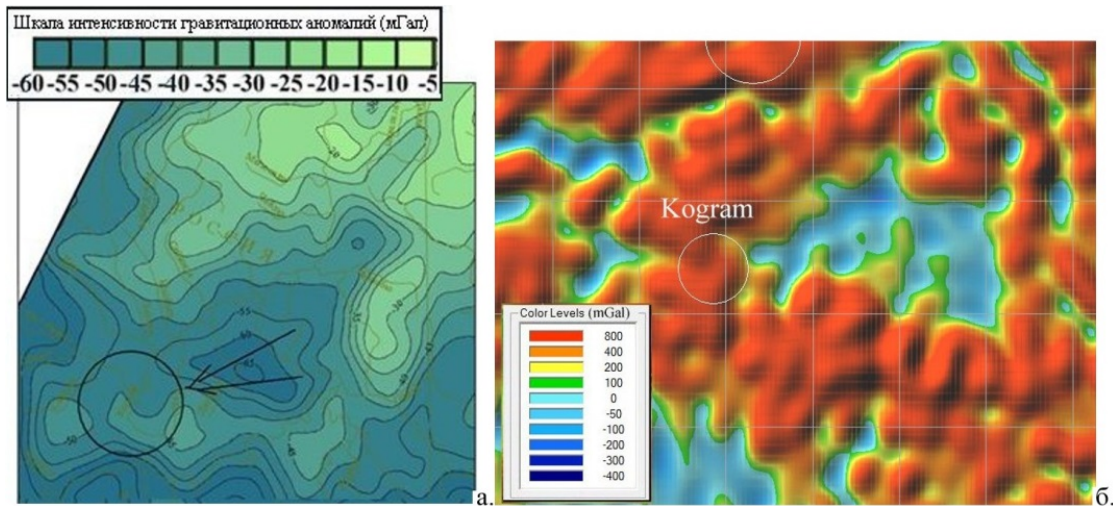


**Рисунок 3 – Примеры хорошо выраженных шлейфовидных гравитационных аномалий (цвета согласно легенде в мГал) по цифровым данным ГИС ENDDB: а – предполагаемые структуры Багамы 1 и 2,  $D=50$  км и  $D=70$  км, б – котловина Андорры,  $D=17$  км**

Таблица 1 – Структуры, сопровождающиеся гравитационными «шлейфами»

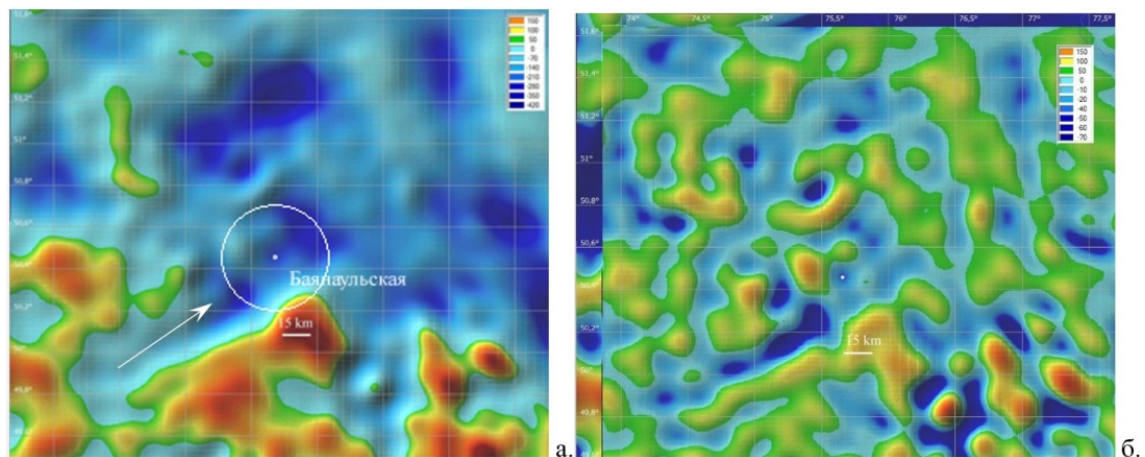
| Достоверные     | Вероятные        | Предполагаемые  |                   |                 |
|-----------------|------------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| Амелия Крик     | Азуара           | Агусан Южный    | Бавен             | Биг Хорн басс.  |
| Арагуайна       | Алгамский        | Адрар Мадет     | Багамы (1 и 2)    | Брандберг       |
| Арганаты        | Альберт принц    | Аиркумская      | Бадхызские        | Бузачинский     |
| Байконурская    | Ангарская        | Айнбек          | Барабоо           | Бусвельд        |
| Беенчиме-       | Байдарацкий      | Айрон Эксис     | Барбертон         | Буртраскет      |
| Салаатинская.   | Баконь           | Айс Кеп         | Баросса           | Вади Наам       |
| Биверхед        | Бангвеулу        | Актюбинская     | Баффина о.        | Вайоминг        |
| Болтышский      | Белое озеро      | Алешковские     | Баянаульская      | Валга           |
| Вредефорт       | Бесшокоы Южное   | Пески           | Беата Кратер      | Вост. Атлантика |
| Калужская       | Боровская        | Аль-Хасима      | Беду              | Галапагос       |
| Карлинская      | Буркле           | Альваро Обрегон | безымянный Ирак   | Гранд Мараис    |
| Карсвелл        | Лимгитинот       | Амалия-Команчи  | безымянный Ливия2 | Гуадалупе о.    |
| Ладога          | Кограм           | Амирантский     | безымянный Сау-   | Джесказганская  |
| Логанча         | Онежская         | Амундсена зал.  | дов. Аравия       | Ерофеевская     |
| Мороквенг       | Средне-Уральская | Андорры котл.   | безымянный Тихий  | Каменская       |
| Попигай         | новая            | Антарктида 2    | океан             | Крк             |
| Пучеж-Катунская | Филипповская     | Ап Тхиен Ай     | Белизе            | Курайская       |

|  |                    |   |   |   |
|--|--------------------|---|---|---|
| Уанапитей<br>Штейнхейм<br>Шубарбайгал<br>Чиксулуб<br>Эльгытгытгын<br>Янисьярви | Фолкленд<br>Цинхай | Аральская<br>Аркану<br>Атиу<br>Атлан комета<br>Афон<br>Баба Яга | Бикертон<br>Биг Кратер<br>Бланчленд М.<br>Бовер<br>Бол. Куонамки<br>Бол. Соленое оз<br>Большой Узбек. | Минч Бэсин<br>Настапока<br>Нуринаская<br>Прикаспийская<br>Североустюртск.<br>Сердце Индост.<br>Тирренское море<br>Увейнат<br>Челкар озеро |
|--|--------------------|---|---|---|



**Рисунок 4 – Различия гравиметрических данных на примере структуры Кограм,  $D=48$  км:**  
а – данные гравиметрической съемки СССР [17], б – спутниковые (альтиметрические) данные США [11]

Кроме того, нужно отметить, что используемые цифровые данные гравиметрии являются альтиметрическими и не всегда совпадают с данными гравиметрической съемки, отраженными на Гравиметрической карте России [17], которые мы отмечаем, как более достоверные, – гравитационные шлейфы на них являются более выраженными и меньше связаны с рельефом (рисунок 4). В связи с этим для уточнения локализации шлейфовидной аномалии предлагается использовать модификацию Гравитационного поля, сглаживающую влияние рельефа (рисунок 5).

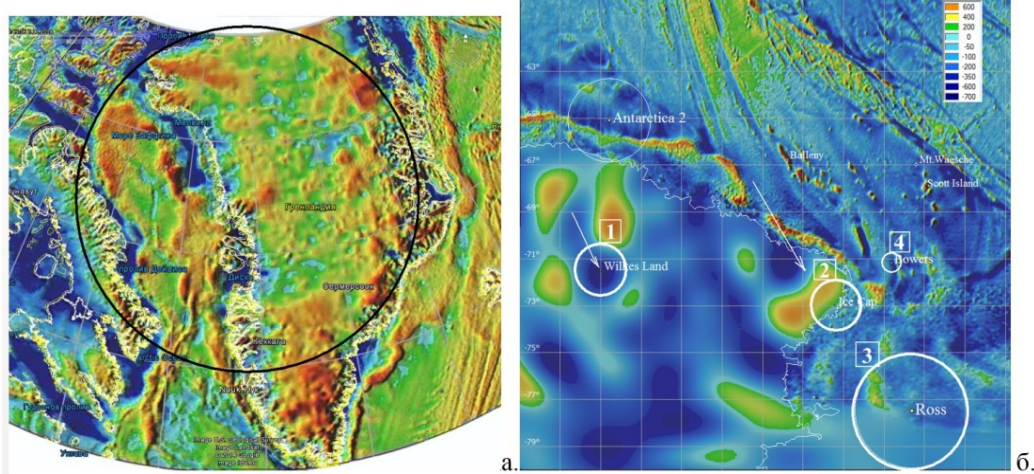


**Рисунок 5 – Уточнение локализации шлейфовидной аномалии на примере предполагаемой структуры Баянгульская,  $D = 50$  км:** слева – гравиметрические данные [11], справа – трансформация гравиметрии способом Андреева-Гриффина (при  $R=15$  км)

Важность открытия и систематизации характерных элементов астроблем, выраженных в гравитационном поле: центральное поднятие и кратерный вал, отмечаемые яркими положительными аномалиями (рисунок 6 а), а также шлейфовидные отрицательные аномалии со стороны подлета КТ (рисунок 6 б), особенно высока при диагностике структур, расположенных в труднодоступных районах: на дне морей и океанов, подо льдами Аркти-



ки и Антарктиды, т.е. там, где визуальные наблюдения затруднены и провести анализ геофизических признаков проще, чем морфоструктурных.



**Рисунок 6 – Характерные морфологические элементы ударных структур, выраженные в гравитационных аномалиях кратеров:** а – Арктический (D = 5500 км, по грави-аномалиям выявлена его центральная часть D = 950 км, возможно смещенная в результате удара), представлена сферическая проекция Google Earth карты аномалий, построенной в ENDDDB; б – группа кратеров Антарктиды: 1 – Земля Уилкса (D=243 км), 2 – Айс Кеп (D=240 км), 3 – море Росса (D=550 км), 4 – Бовер или Бауэр (D=100 км)

У хорошо сохранившихся кратеров гравитационные аномалии повторяют их округлую форму и, если при этом сопровождаются шлейфом, то даже при отсутствии погоризонтальной гравиметрической съемки, обнаруживающей бескорневой характер кольцевой аномалии кратера, возможно отнесение этих структур к разряду импактных. В качестве примеров ярко выраженных гравитационных аномалий можно привести гигантскую кольцевую структуру (гиаблему), скрытую под ледниковыми покровами Гренландии (рисунок ба), а также группу кратеров в Антарктиде (рисунок б б), визуально объединяемые множественным гравитационным шлейфом в единую группу, предположительно разновозрастных образований. Отметим, что осложняющими факторами при геоинформационном исследовании полярных регионов является отсутствие доступных гравиметрических данных вокруг полюсов (от Северного Полюса до 81° с.ш. и от Южного Полюса до 81° ю.ш.), а также низкая разрешающая способность данных по суше как Антарктиды, так и северной части материков Северного полушария.

**Теоретическое обоснование гравитационного фактора структурообразования**

Влияние гравитационного фактора на геологическое структурообразование необходимо подтвердить теоретическими расчетами. Мы сравнили абсолютные величины  $F_T$  и  $F_{L1}$  (приливные силы от воздействия космического тела массой  $m$  и от воздействия Луны) на точку, лежащую на поверхности Земли, рассчитывая их в соответствии с геометрическим представлением приливной силы:  $\vec{F} = \vec{F}_1 - \vec{F}_2$ . Принимая во внимание, что угол  $\Phi$  в радианах равен отношению длины дуги к радиусу, выражаем приливное ускорение формулой:

$$\vec{\alpha} = G \cdot m \cdot \left( \frac{1}{R_1^2} - \frac{1}{R_2^2} \right), \tag{1}$$

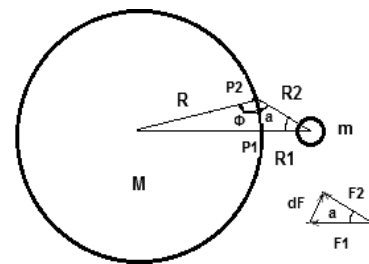
По теореме косинусов:

$$R_2^2 = R^2 + (R + R_1)^2 - 2 \cdot R \cdot (R + R_1) \cdot \cos (180 - \alpha - \Phi),$$

где  $\frac{R}{\sin \alpha} = \frac{R+R_1}{\sin \Phi},$

$$\tag{2}$$

Проведя расчеты функций  $R_2(\Phi)$  по формуле (2) (при фиксированном расстоянии  $R_1$  для углов  $\Phi$ , близких к 180°, соответствующих нормали к поверхности), и  $\alpha$  по формуле (1), мы получили следующее. Тело, равное по масштабу Тунгусскому МТ ( $m \sim 1.5 \cdot 10^8$  кг), на высоте 10 км вызовет в Земле приливообразующую силу в 5 раз меньше лунной, а тело подобное Аризонскому (при  $m \sim 2 \cdot 10^9$  кг) вызовет силу, превышающую лунную в 3 раза. Для Попигайского МТ (принимая



его диаметр – 8 км, а удельный вес минимальным –  $2,5 \text{ г/см}^3$ ) при высоте 10 км получаем приливообразующую силу в 992 тысячи раз больше лунной, а при высоте 100 км – в 992 раза.

Таким образом, локальные приливные воздействия, вызываемые приближающимся к Земле крупным телом астероидных размеров, значительно превышают воздействия, вызываемые Луной. Известны данные непосредственных наблюдений, показывающие, что волны прилива, наблюдаемые в твердой коре при сложении поля тяготения Луны и Солнца, достигают 51 см (что составляет 65% от теоретически рассчитанного размаха амплитуды лунных приливов – 53,4 см, солнечных – 24,6 см; т.е. суммарного влияния – 78 см) [18]. Энергия этого прилива столь велика, что в сочетании с дополнительной, сравнимой по амплитуде, периодической волной прилива (в результате периодичности вращения узлов лунной орбиты) приводит к сильнейшему перераспределению масс в теле Земли, проявляющемуся в периодичности землетрясений и вулканизма Тихоокеанского подвижного пояса. Так, прогноз 19-летних циклов составляет до 94 % для сильных землетрясений ( $M > 7$ ), а также для мощного вулканизма.

В отношении масс полученный гравитационный эффект равен  $\Delta g/g \sim 0,2/10^6$ , т.е. масса пород Земли в 1 т ( $10^6 \text{ г}$ ) изменяется в результате лунно-солнечного притяжения на 0,2 г, а в пересчете на массу твердой перисферы Земли ( $M_n = 9 \times 10^{25} \text{ г}$ ) составит  $10^{18} \text{ г}$  ( $10^{12} \text{ т}$ ). Заметим, что величины дефектных масс  $M_a$ , соответствующие наблюдаемым кольцевым гравитационным аномалиям  $\Delta g$  внутри известных ударных кратеров, имеют порядок  $10^9 \text{ т}$ , например, Калужский:  $D=16 \text{ км}$ ,  $\Delta g=-12 \text{ мГал}$ ,  $M_a=43.6 \times 10^9 \text{ т}$ ; Эльгыгытгын:  $D=23 \text{ км}$ ,  $\Delta g=-12 \text{ мГал}$ ,  $M_a=40 \times 10^9 \text{ т}$  и т.д. [19]. Поэтому можно предположить, что образование этой массы дефектных (брекчированных и разрушенных) пород может быть связано не только с ударной энергией, работающей на выброс, но и с гравитационным воздействием приближающегося космического тела. Последнее предположение подтверждается наличием гравитационных аномалий сравнимой величины над траекторией подлета болида.

#### Типичные структурные элементы сейсмичности, выявленные в ГИС ENDDB

Гравитационный фактор может иметь не только экзогенное, но и эндогенное происхождение, что неоднократно отмечалось в литературе [13]. Данные гравиметрии позволяют выявлять эндогенные геологические структуры (например, мантийные неоднородности), влияющие на сейсмичность региона.

Для выявления существующей в природе взаимосвязанности землетрясений в ГИС ENDDB реализованы математические методы анализа сейсмичности, называемые методами пространственно-временного группирования событий. Эту взаимосвязанность, обусловленную как действием механизма триггирования, так и пространственной приуроченностью сейсмичности к активным зонам разломов, границам плит или сейсмических блоков, можно обнаружить следующими методами [5]:

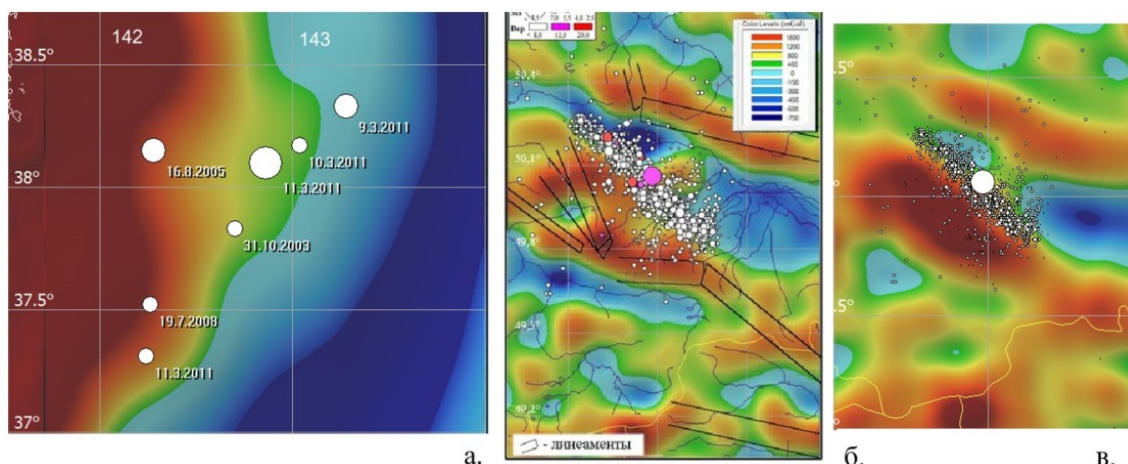
- 1) статистическими методами выявления групп землетрясений, связанных общим генезисом (афтершоков, роев, кластеров);
- 2) методами распознавания пространственных образов;
- 3) методами выявления направления пространственной миграции сейсмичности и т.д.

Выявленные этими алгоритмами структуры должны подтверждаться данными геолого-геофизических наблюдений, и эта возможность также реализована в ГИС ENDDB.

Типичную картину сочетания различных структурных элементов представляет собой очаговая зона Чуйского землетрясения (рисунки 7 б–в). Показаны фрагменты ранее рассчитанных [20] сейсмических линеаментов, соответствующие линейным аномалиям поля силы тяжести и рассекающие область на блоки. Таким образом, Чуйское событие и его афтершоковый рой приурочены к единому сейсмическому блоку, очерченному линеаментами и при этом вытянуты вдоль границы наибольшего градиента гравитационного поля. Приуроченность очаговой сейсмичности к границам максимального градиента особенно хорошо просматривается на карте модифицированного поля аномалий силы тяжести спо-

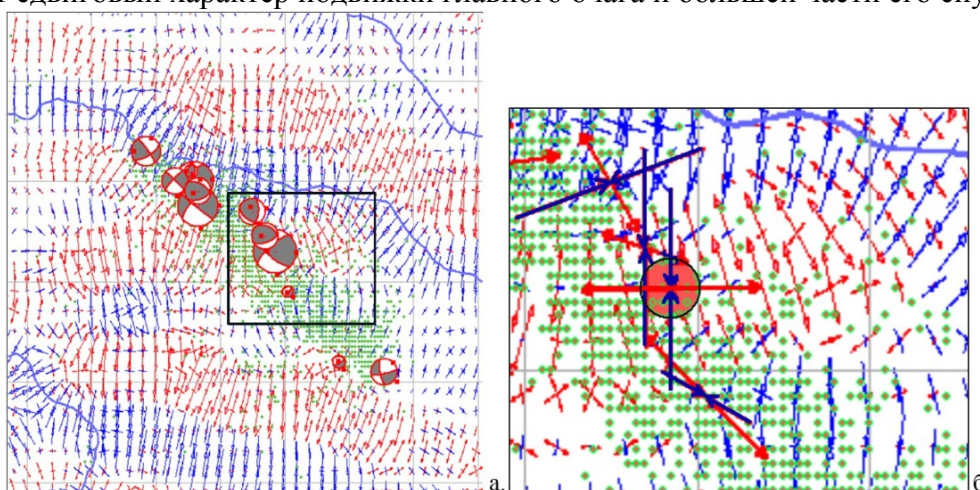


собом Андреева-Гриффина (рисунок 7 в), поскольку именно выявление региональной составляющей гравитационных аномалий позволяет говорить об их возможной связи с мантийными неоднородностями, влияющими на структуру сейсмоактивности региона [13].



**Рисунок 7 – Распределение сейсмичности вдоль границ, отмечаемых гравитационными аномалиями:**  
 а – землетрясения с  $M \geq 6.8$  за 2003–2011 гг. (до мега-события Тохоку, включительно) на фоне региональных аномалий силы тяжести при  $R=18$  км; б – афтершоки Чуйского землетрясения (27.09.2003) за 2003 г на фоне аномалий силы тяжести с сейсмическими линейментами [9]; в – то же на фоне региональных аномалий силы тяжести при  $R=11$  км

Отметим, что попытка пересчитать исходные данные гравитационного поля без выявления региональной составляющей в поле виртуальных деформаций [21] (предположительно показывающих распределение геодинимических сжатий и растяжений в этом регионе), на локальном уровне слабо согласуется с механизмами очагов произошедших на их фоне землетрясений как по направлению, так и по амплитуде: наиболее сильные события афтершокового роя (их механизмы показаны на рисунке 8) приходятся на области как слабой, так и большой интенсивности фонового поля напряжений (рисунок 8б). Однако на региональном уровне крупные события и их афтершоки локализируются в областях сочленения полос интенсивного растяжения и сжатия (рисунок 8а). Последний факт, вероятно, определяет сдвиговый характер подвижки главного очага и большей части его спутников.



**Рисунок 8 – Результат трансформации гравитационного поля в поле виртуальных деформаций [21] и механизмы землетрясений:** а – афтершоковый рой Чуйского землетрясения (показаны определения механизмов землетрясений с  $M \geq 2$ ); б – определения механизмов в виде осей растяжения (красным) и сжатия (синим) для главного толчка (27.09.2003,  $M = 7.3$ ) и других событий, отмеченных рамкой на рисунке (а). Красный круг – главное событие, зеленые точки – афтершоки 2003 г. Фоновая карта рассчитана и предоставлена Ярославом Клокоцником (<http://www.asu.cas.cz/~jklkocni/index02.html>)

### Заключение

Включение гравиметрической и детальной рельефной информации в систему ENDDB значительно расширило область ее применения, в частности, сделало возможным

решение сейсмогеодинамических задач идентификации сейсмических блоков, линеаментов и других сейсмоморфологических структур, которые были выявлены ранее методами пространственно-временного анализа сейсмологических данных. Геоинформационное сравнение всех имеющихся морфоструктурных элементов необходимо для построения детальных моделей состояния земной коры, обнаружения границ сейсмических блоков или отдельных разломов, а также для изучения сейсмического режима территорий.

Кроме того, использование новых данных сделало возможным решение задач выявления новых морфологических признаков, характерных для импактных структур. Отметим, что асимметрия различных геоморфологических характеристик ударных кратеров, выраженных в современном рельефе, и особенно шлейфовидная форма сопровождающих геофизических аномалий, позволяют с большой степенью уверенности отличать астроблемы от кольцевых структур эндогенного происхождения.

Автор благодарит К.К. Хазановича-Вульфа (Отделение планетологии РГО), И.И. Калининкова (ИФЗ РАН) и Я. Клокоцника (обсерватория Ондрейове, Чехия) за полезные обсуждения, Ан.Г. Марчука (ЛМВЦ ИВМиМГ) за разработку необходимых конверторов, обработку и предоставление данных гравиметрии, а также аспиранта Института Нефтегазовой Геологии и Геофизики СО РАН Дмитрия Кулешова за проведенные расчеты приливнообразующих ускорений.

### Литература

1. *Gusiakov V.K., Marchuk An.G., Titov V.V.* Интерактивный программный комплекс для численного моделирования цунами на персональной ЭВМ // Морские природные катастрофы (цунами и штормовые волны). Тезисы докл. научн. конф. (Горький, 17–20 сентября 1990 г.) Горький: ГПИ, 1990.

2. *Гусьяков В.К., Осипова (Мухеева) А.В.* Автоматизированный каталог землетрясений и цунами Курило-Камчатского района // Вычислительные технологии. Новосибирск: ИВТ СО РАН, 1992. Т. 1. № 3. С. 197–204.

3. Summary Report // Fifteenth Session of the International Coordination Group for the Tsunami Warning System in the Pacific (Papeete, Tahiti, French Polynesia, July 24–28, 1995). Paris, IOC/UNESCO, 1995. 50 p.

4. *Gusiakov V.K., Marchuk An.G., Osipova (Mikheeva) A.V.* Expert Tsunami Database for the Pacific Region // The International Emergency Management and Engineering Conference (April 18–21, 1994). Hollywood Beach, Florida, USA / Ed. by J. Sullivan and S. Tufekci. 1994.

5. *Djadkov P.G., Mikheeva A.V.* The EEDB – Expert Earthquake Database for Seismic-Geodynamic Research // Bulletins of the Novosibirsk ICMMG. Mathematical Modeling in Geophysics. 2010. No. 13. P. 15–30.

6 *Мухеева А.В., Дядьков П.Г., Марчук Ан.Г.* Геоинформационная система GIS-EEDB и методы пространственно-временного анализа сейсмологических данных // Геоинформатика. 2013. № 2. С. 58–65.

7. *Mikheeva A.V., Marchuk An.G., Dyadkov P.G.* Geoinformation Systems for Studying Seismicity and Impact Cratering using Remote Sensing Data // Geographic Information Systems (GIS): Techniques, Applications and Technologies. – Nantes University, France: Nova Science Publishers, 2014. P. 151–216.

8. *Мухеева А.В.* Web-сайт «Полный Каталог Импактных Структур Земли. 2400 записей» – 2014. URL: [labmpg.sssc.ru/Impact/](http://labmpg.sssc.ru/Impact/) (дата обращения: 01.12.2014).

9. *Petrenko V.E., Marchuk An.G.* Estimation of the Big Cosmic Bodies' Impact Frequency and Possibility of Cosmogenic Tsunamis // The International Emergency Management Society Conference – 1998. Disaster and Emergency Management: International Challenges for the Next Decade. The George Washington University, Washington DC, 1998. P. 435–443.

10. *Smith W.H.F., Sandwell D.T.* Global Seafloor Topography from Satellite Altimetry and Ship Depth Soundings // Science. 1997. Vol. 26. No. 277.

11. *Sandwell, D.T., Smith W. H. F.* Global marine gravity from retracked Geosat and ERS-1 altimetry: Ridge segmentation versus spreading rate // J. Geophys. Res., 2009. Vol. 114/B1. p. Citation B01411.

12. Маринин И.В., Елецкий С.В., Чесноков В.В. Использование Imp.Itris для предварительного и оперативного исследования цунами и оценки их последствий // Горный информационно-аналитический бюллетень. Изд-во МГГУ, 2009. Т. 18. № 12. С. 181–185.

13. Ипполитов О.М., Надежка Л.И., Ефременко М.А. Некоторые замечания о соотношении структурных элементов трансформированного поля силы тяжести и пространственного положения эпицентров землетрясений на территории ВКМ // Структура, свойства, динамика и минерагения литосферы Восточно-Европейской платформы / Материалы 16 международной конференции. – Воронеж, 2010. Т. 1. С. 312–316.

14. Mikheeva A.V. The new tasks of structural geomorphology, resolved by the ENDDB geoinformation system // Computing Center Bulletin. Series Math. model. In geoph. – Novosibirsk: NCC Publisher, 2014. No. 17. P. 57–72.

15. Михеева А.В., Хазанович-Вульф К.К. Следы гравитационного воздействия крупных болидов // Геоинформатика. 2014. № 1. С. 30–41.

16. Михеева А.В., Кузнецов В.Ф. Об изучении морфологических особенностей ударного кратера по материалам дистанционного зондирования Земли // Отечественная геология. 2013. № 4. С. 61–67.

17. Литвинова Т.В. (отв. исп.). Гравиметрическая карта России и прилегающих акваторий масштаба 1:2 500 000. СПб.: ВСЕГЕИ, 2010.

18. Мельхиор П. Физика и динамика планет. М.: Мир, 1975. 567 с.

19. Петренко В.Е. Геофизические признаки ударных кратеров Земли – обзор, анализ, модели, применение // Труды ИВМиГ СО РАН. Серия: Мат. модел. в геофизике. Новосибирск, 1998. Вып. 6. № 1. С. 119–157.

20. Ulomov V.I. (Editor-in-Chief). Earthquake Source Zones of Northern Eurasia. Global Seismic Hazard Assessment Program. Region 7. 2000. URL: [www.seismo.ethz.ch/static/gshap/neurasia/](http://www.seismo.ethz.ch/static/gshap/neurasia/) (дата обращения: 01.12.2014).

21. Kalvoda J, Klokočník J, Kostelecký J, Bezděk, A. Mass Distribution of Earth Landforms Determined by Aspects of the Geopotential as Computed from the Global Gravity Field Model EGM 2008. – Acta Universitatis Carolinae Geographica 48(2), 2013. P. 17–25.

### **Studying geological structures of different genesis by means of geographic information system ENDDB**

*Anna Vladlenovna Mikheeva, PhD of Physical and Mathematical Sciences, researcher of ICM&MG SB RAS, Novosibirsk Scientific Centre Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics (ICM&MG) SB RAS*

*Using the shady relief model of ENDDB-program (the Earth's Natural Disasters Database) and data of "Global marine gravity", V18.1 for constructing relief maps and a shaded gravity anomaly allows us to visually reveal new morpho-structural elements of astroblems or to confirm the founded earlier morpho-structural regularities for a lot of astroblemes. In addition, the ENDDB tool can help to confirm a seismic morphological structures identified by special methods for grouping related earthquakes offered in it.*

*Keywords: Geomorphology, typical morphological elements, impact crater, seismicity, catalog, gravity anomaly.*



## ИНФОРМАЦИОННАЯ ИНФРАСТРУКТУРА ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ И СОПРОВОЖДЕНИЯ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ НАУК О ЗЕМЛЕ НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ РОССИИ: ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

*Вера Викторовна Наумова, д-р геол.-минерал. наук,  
заведующая лабораторией  
Дальневосточный геологический институт ДВО РАН  
<http://lab.fareastgeology.ru>*

*В статье описывается информационная инфраструктура для поддержки и сопровождения научных геологических исследований на Дальнем Востоке России, которая представляет собой блочную платформу для интеграции неоднородных источников геологической информации и сервисов их обработки. Система предоставляет доступ через Интернет к разнотипным научным геологическим ресурсам на территорию Дальнего Востока России: научным публикациям, картам, спутниковым данным, количественным данным, фото- и видеoinформации; информации о научных конференциях и др.*

*Ключевые слова: Информационная инфраструктура, интеграция неоднородных источников информации, геологическая информация, геология Дальнего Востока России.*

*Работа выполняется при финансовой поддержке  
Программы № 7 Отделения наук о Земле РАН  
(2012–2014 гг.), Гранта РФФИ № 14-07-00068*

В настоящее время наиболее активно развивающимся регионом мира является Азиатско-Тихоокеанский регион, исключительная роль в котором принадлежит восточной окраине России, представляющей собой интереснейшую в геологическом и минерально-сырьевом отношении территорию [2, 3]. Здесь сконцентрированы крупнейшие запасы и ресурсы золота, платины, серебра, олова, вольфрама, железа и многих других видов полезных ископаемых, месторождения которых представлены серией генетических типов и располагаются в геодинамических обстановках кратонов, орогенных поясов и магматических дуг.



**V.V. Наумова**

Динамичное развитие экономики Азиатско-Тихоокеанского региона вызывает все возрастающую потребность в обеспечении минерально-сырьевыми ресурсами и в решении проблем рационального использования богатств недр с целью устойчивого развития находящихся в этом регионе сообществ людей. Быстрый рост потребностей в различных видах минерального сырья и заметное сокращение фонда «легкооткрываемых» месторождений обуславливает необходимость опережающих по сравнению с добычей темпов увеличения разведанных запасов востребованных промышленностью полезных ископаемых. Кроме того, расположение региона в одном из самых сейсмически активных отрезков Тихоокеанского огненного кольца диктует настоятельную потребность в детальном изучении глубинного строения и сейсмичности территории с целью предупреждения о надвигающихся природных катастрофах и минимизации связанных с ними потерь.

Все это требует комплексного, системного подхода к изучению недр с соблюдением основных принципов их познания: последовательных приближения, геологической аналогии, актуализма и детализации наблюдений с учетом современного состояния геологической науки и имеющихся достижений в смежных областях знаний.

Многолетние исследования ученых из разных стран мира позволили собрать огромную информацию в области геологии по территории Востока России. Полученные данные систематизируются. Создаются числовые архивы и базы данных (БД), географические ин-



формационные системы (ГИС), информационно-поисковые системы (ИС), электронные библиотеки (ЗБ), центры данных (ЦОД) и др. Благодаря новым методам сбора данных неуклонно растет их объем, повышается оперативность их получения, завершается переход на качественно новые, цифровые технологии сбора, обработки, распространения и использования данных. Для получения исходных данных используются системы дистанционного зондирования Земли из космоса, цифровые системы наземного и воздушного лазерного сканирования, цифровые и электронные геодезические приборы, цифровые аэросъемочные камеры и другие устройства. Новая цифровая и электронная среда существования геологических данных создает условия для успешного применения современных информационных технологий для их использования для решения научных геологических задач.

Результатом этой деятельности является наличие разнородных документов и информационных систем, в том числе: библиографические электронные каталоги и БД; библиографические БД научно-технической информации; полнотекстовые БД и ЭБ; фактографические и документальные БД; ИС; ГИС; ЦОД (данные, карты, космические снимки и т.п.); базы метаданных по различным цифровым архивам (цифровые изображения, аудио, видео), а также эти архивы; базы метаданных по ГИС-объектам и др.

В настоящее время разработки информационных систем для поддержки научных исследований проводятся как у нас в стране, так и за рубежом. Модель информационной системы для поддержки научно-педагогической деятельности описана в работе А.М. Федотова с соавторами [Федотов А.М. и др., 2014], технологии информационного обеспечения научных исследований в ИАС «Природные ресурсы Карелии» в работе Вдовицына В.Т. и Лебедева В.А. [Вдовицын, Лебедев, 2012].

Основной целью данной работы является разработка подходов и программных средств виртуальной интеграции, распределенных данных для создания информационной инфраструктуры по геологии Дальнего Востока России, предназначенной для виртуализации доступа к данным из различных технологических систем с использованием единых правил и международных стандартов. На основе разрабатываемых авторами подходов предполагается создание информационной инфраструктуры, включающей в себя единую точку доступа к разнотипной территориально распределенной геологической информации.

Проектирование Системы проведено на основе анализа мирового и отечественного опыта создания и развития территориально распределенных систем и электронных каталогов. На этом этапе нами были разработаны некоторые основные требования:

1. Система должна предоставлять пользователям наиболее достоверную геологическую информацию для использования в научных целях. К такой информации мы относим следующую информацию:

- научные публикации, в том числе и диссертации);
- количественная информация, извлеченная из научных публикаций;
- результаты геологического картирования геологических служб мира, в том числе и Геологической службы РФ;
- результаты Международных проектов, опубликованные в открытых отчетах (например, U.S.G.S. Open-File Report);
- материалы ГИС-порталов;
- спутниковая информация из открытых источников NASA, и центров спутникового мониторинга РФ, предоставляющих доступную и достоверную информацию.

2. Источники информации Системы – территориально распределенные Интернет-ресурсы, информация в которых основана на стандартизованных метаданных, и программные решения которых допускают применение стандартизованных протоколов для ее автоматической интеграции в создаваемую инфраструктуру, а также научные материалы научных организаций, библиотек, центров данных и личные материалы сотрудников Дальневосточного геологического института ДВО РАН.

3. Территориальные границы Инфраструктуры: территория Дальневосточного федерального округа РФ: 42°с.ш., 105°в.д. – 77°с.ш., 170°з.д.

4. Интерфейс пользователя – тематический, т.е. он должен использовать понятия и сервисы, которые может понять и к которым может быстро адаптироваться пользователь-геолог.

5. В основе предлагаемого подхода лежит слабосвязанная блочная инфраструктура, основанная на различии в типах геологических данных: пространственных, количественных, библиографических и основанных на экспертных знаниях. В каждом отдельном информационном блоке инфраструктуры для интеграции, хранения и поиска данных применяются различные подходы и технологические решения

6. В Системе должна быть реализована единая точка доступа ко всем типам данных через единый поисковый интерфейс.

Концептуальная схема инфраструктуры представлена на рисунке 2.

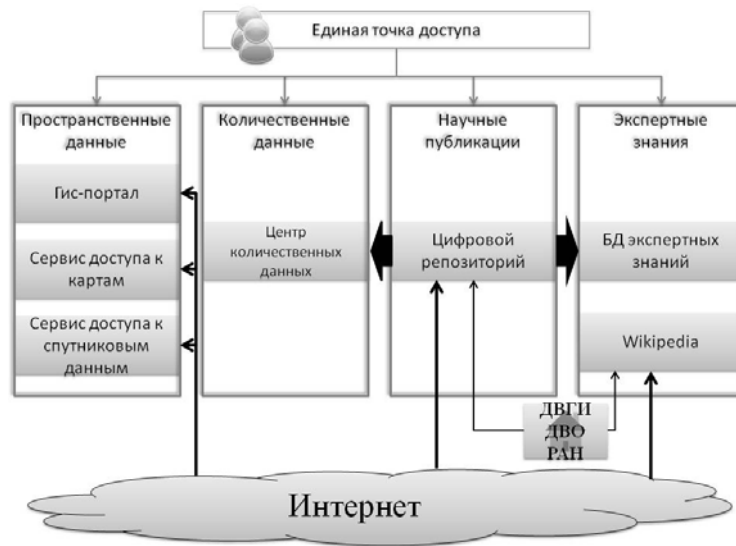


Рисунок 2 – Концептуальная схема информационной инфраструктуры для поддержки и сопровождения научных геологических исследований на Дальнем Востоке России



Рисунок 3 – Главная страница Портала

Единая точка доступа к виртуальной информационной инфраструктуре по геологии Дальнего Востока России реализована на основе Портального решения <http://fareastgeology.ru> (рисунок 3).

Геологические данные – один из видов информационных ресурсов, имеющих свои особенности, которые определяют специфику их размещения в Интернет, поиска, отображения, обмена и использования. К этим особенностям относятся: графическое представление геологических карт, их координатная привязка к земной поверхности и множество характеристик, связанных с геологическими объектами. Для работы с этой информацией необходимы инструменты, позволяющие оперировать одновременно информацией из различных систем на ПК пользователя, при этом сами системы и данные принадлежат и территориально размещены на ресурсах разработчиков, в связи с этим возникает задача интеграции территориально распределенных геологических данных.

Для организации доступа к пространственным данным в инфраструктуре реализовано три блока: ГИС-портал, сервис доступ к картам и сервис доступа к спутниковым данным.

### **1 ГИС-портал – <http://gis.fareastgeology.ru>.**

Портал представляет собой развитый web-интерфейс для организации единой точки входа к территориально распределенным ГИС-данным по геологии Дальнего Востока России и сервисам их обработки [Наумова, Горячев, 2013].

Объекты портала – ГИС-системы, представленные метаданными, которые описаны в одном из стандартных международных форматах (ISO 19115/19139, FDGC, ГОСТ) и доступны в сети Интернет по стандартным протоколам OGC (WMS, WFS).

Технологическая платформа: ГИС-портала: GeoNetwork (каталог GeoNetwork 2.6.4 и GeoServer 2.1.3) + собственные модули.

### **2 Сервис доступа к картам – <http://map.fareastgeology.ru>.**

Сервис осуществляет доступ к следующим пространственным данным различных масштабов и проекций как на всю территорию Дальнего Востока, так и на отдельные его фрагменты, представленным как в растровом, так и в числовом форматах [Naumova V.V. and ets., 2014]:

- а) топографические карты;
- б) базовые географические карты;
- в) государственные геологические карты;
- г) авторские геологические карты;
- д) геофизические карты.

В настоящее время на Сервисе организован доступ к картографической информации следующих организаций и Международных проектов (рисунок 4):

- Всероссийского научно-исследовательского геологического института им. А.П. Карпинского (ВСЕГЕИ);
- Международного проекта «OneGeology»;
- Международного проекта «Тектоника, минеральные ресурсы и металлогенезис Северо-Восточной Азии» и другим картографическим материалам Дальневосточного геологического института ДВО РАН;
- Институтов Дальневосточного отделения РАН (Северо-Восточного комплексного научно-исследовательского института ДВО РАН (СВКНИИ), Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН (ИВИС), Тихоокеанского института географии ДВО РАН (ТИГ).
- Геологической службы США (USGS).

### **3 Сервис доступа к спутниковым данным – <http://sputnik.fareastgeology.ru>.**

Сервис осуществляет доступ к данным, находящимся на серверах Центра спутникового мониторинга Института автоматизации и процессов управления ДВО РАН, а также на серверах Геологической службы США: к данным спутниковой топографии; данным ИК-каналов радиометров TIRS, AVHRR, MODIS; данным измерений видимых каналов спутников Aqua, Terra, Suomi NPP, спутников серии Landsat. Система содержит сервисы обработки спутниковых данных: атмосферной коррекции, преобразования систем координат в

систему координат ГИС пользователя, объединения спутниковых снимков и т.п. [Naumova V.V. and ets., 2014].

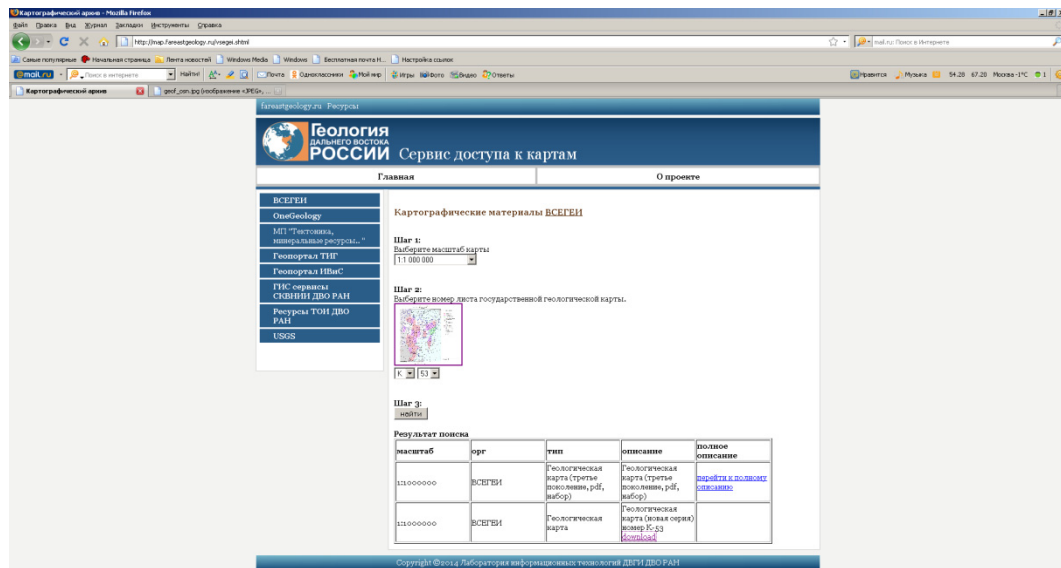


Рисунок 4 – Сервис доступа к картам

Особый тип данных в научных исследованиях – это научные публикации. Нами реализован цифровой репозиторий для интеграции метаданных о территориально распределенных научных публикациях по геологии Дальнего Востока, организации их хранения и предоставление их пользователю в максимально доступной для него форме.

#### 4 Цифровой репозиторий – <http://repository.fareastgeology.ru>.

Цифровой Интернет-архив (репозиторий) (рисунок 5) интегрирует метаданные о публикациях из различных территориально распределенных источников, научных публикаций по геологии Дальнего Востока России [V.V. Naumova and A.V. Belousov, 2014]. Необходимые для репозитория публикации находятся в цифровых репозиториях научных институтов и университетов; в электронных библиотеках, в том числе и в Научной электронной библиотеке E-Library.ru; в полнотекстовых научных базах данных; в каталогах научных библиотек, в том числе и в каталоге Центральной научной библиотеки Дальневосточного отделения РАН и на других ресурсах.

Технологическое решение основано на портале метаданных. В качестве базовой программной среды выбран Dspace, который обладает достаточной для наших целей функциональностью. Портал собирает метаданные публикаций из других репозиторий (по протоколу OAI-PMH), а также из библиотечных каталогов (по протоколу Z39.50 или используя функцию экспорта системы управления библиотекой). На Портале реализована технологическая возможность сбора метаданных из полнотекстовых научных баз данных, таких как Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU и ScienceDirect.

Для научных геологических исследований всегда большой интерес представляли базы количественных данных. Однако по геологии Дальнего Востока в настоящее время таких научных баз данных не существует. Причин для этого много: нежелание научных сотрудников – геологов расставаться со своим материалом; отсутствие формализованных понятий в геологии, что не дает возможность однозначно описывать количественную информацию для корректного ее хранения, интеграции и представления; различная точность методов анализа, зависящая от аналитических лабораторий, приборов, где анализа и др.

Исходя из нашего предыдущего опыта построения баз данных количественной геологической информации, нами было принято решение извлекать, хранить и предоставлять нашим пользователям достоверную количественную информацию из научных публикаций вместе с полным описанием этих данных.



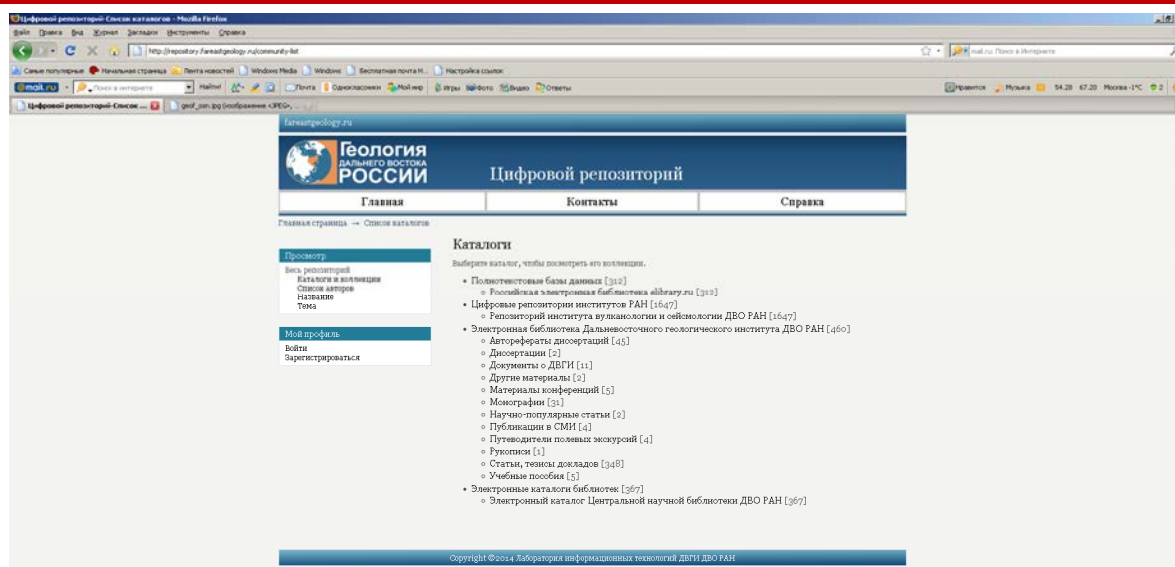


Рисунок 5 – Цифровой репозиторий. Каталоги

### 5 Центр количественных данных – <http://data-center.fareastgeology.ru>.

В качестве источника научных публикаций для этой Системы мы рассматриваем Цифровой Репозиторий из описываемой инфраструктуры, который интегрирует метаданные о научных публикациях из различных источников [Naumova V.V. and etc., 2014].

На этапе занесения данных в Систему используются как метаданные, так и полный текст статьи в формате pdf, из которого извлекается следующая информация: таблица с количественными данными, заглавие, примечание, абзац ссылки. В заглавиях и примечаниях к геологическим таблицам содержится важная тематическая информация, связанная с количественными данными, такая как: название геологических пород и минералов, название и расположение геологических тел и месторождений полезных ископаемых и т.п., методы анализа и лаборатории, в которых они проводились.

Система осуществляет хранение и поиск данной информации.

Для организации геологических сообществ и обмена геологической информацией в настоящее время применяются различные технологические решения. Одна из них Wiki. Это – веб-сайт, структуру и содержимое которого пользователи могут самостоятельно изменять с помощью инструментов, предоставляемых самим сайтом. Форматирование текста и вставка различных объектов в текст производятся с использованием вики-разметки.

### 6 Портал геологического сообщества «Геология Дальнего Востока» – <http://wiki.fareastgeology.ru>.

Основой информационного материала для Портала сообщества (рисунок 6) служит монография «Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России» [Геодинамика, ..., 2006].

Сущность концепции Wiki [Ward Cunningham and Bo Leuf, 2005]:

- Wiki предлагает всем пользователям редактировать любую страницу или создавать новые страницы на вики-сайте, используя обычный веб-браузер без каких-либо его расширений;

- Wiki поддерживает связи между разными страницами за счет почти интуитивно понятного создания ссылок на другие страницы и отображения того, существуют данные страницы или нет;

- Wiki не является тщательно изготовленным сайтом для случайных посетителей. Напротив, Wiki стремится привлечь посетителей к непрерывному процессу создания и сотрудничества, который постоянно меняет вид сайта.

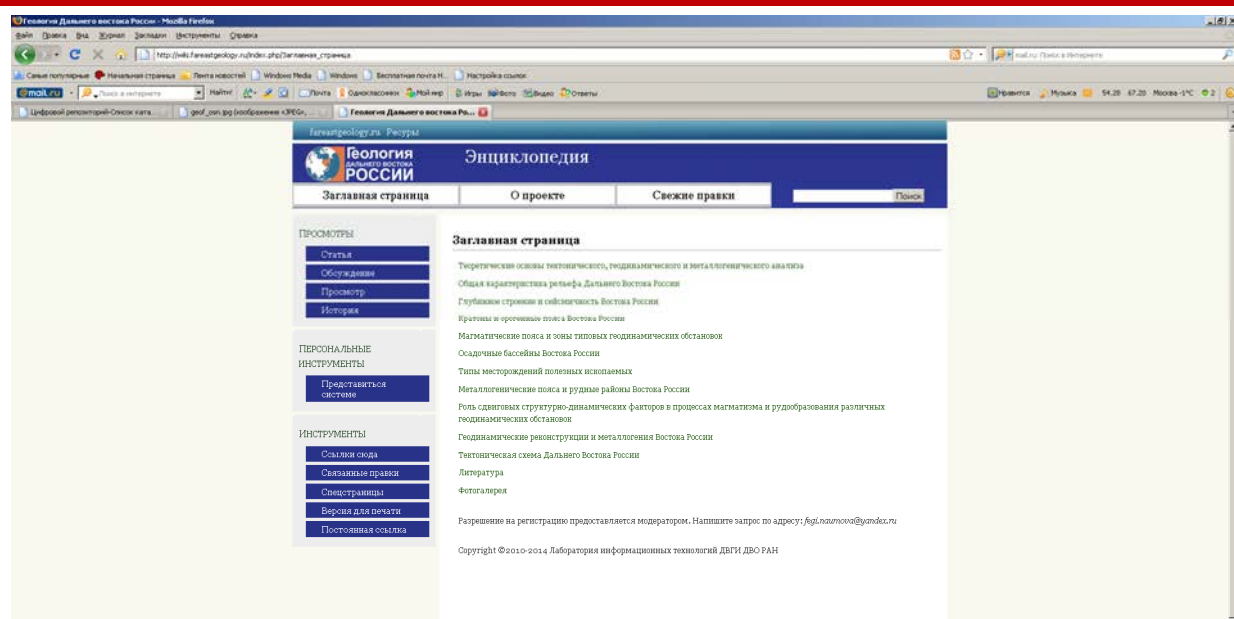


Рисунок 6 – Заглавная страница Портала геологического сообщества «Геология Дальнего Востока»

### 7 Сайт «Геологи-Дальневосточники» – <http://people.fareastgeology.ru>.

Этот инициативный проект направлен на предоставление наиболее полной информации о выдающихся геологах-исследователях Дальнего Востока. В настоящее время сайт содержит информацию о 25 выдающихся геологах. Сайт посвящается светлой памяти геологов-дальневосточников, заложивших фундамент наших знаний о недрах восточной окраины России.

Инфраструктура построена на основе ряда слабосвязанных подсистем, обеспечивающих интеграцию территориально распределенных данных и информационных систем: ГИС, картографической информации, спутниковых данных, научных публикаций, количественных данных и экспертных знаний (Wiki) из различных источников, а также доступа к этим данным на основании тематического запроса [Наумова и др., 2015].

Создаваемая информационная инфраструктура для поддержки и сопровождения научных геологических исследований на Дальнем Востоке России представляет собой блочную платформу для интеграции неоднородных источников геологической информации и сервисов их обработки, доступных как мировому научному сообществу, так и сотрудникам институтов Дальневосточного отделения РАН. Инфраструктура имеет единую точку входа (WWW-портал), которая предоставляет пользователям и ученым в области геологии следующие возможности:

- доступ к разнотипным научным геологическим ресурсам Дальнего Востока России через Интернет: научным публикациям, картам, спутниковым данным, количественным данным, фото- и видеоинформации; информации о научных конференциях и др.;
- легкость нахождения специализированных данных с использованием тематических запросов, а также сервисов их обработки;
- визуализация результатов поиска, в том числе и на картографической основе;
- удобство в распространении геологических данных и сервисов на уровне данных (метаданных), соответствующих международным стандартам и протоколам.

Информационная инфраструктура для поддержки и сопровождения научных геологических исследований на Дальнем Востоке России в настоящее время находится на стадии дальнейшей разработки и развития, а также наполнения информационным материалом.

Предполагается, что пользователями инфраструктуры будут научные сотрудники, которым необходимо использовать предлагаемые ресурсы и сервисы Портала при реше-

нии научных задач по геологии и геофизике Дальнего Востока, а также преподаватели университетов для использования в образовательном процессе.

Дальнейшее развитие информационной инфраструктуры для поддержки и сопровождения научных геологических исследований на Дальнем Востоке России предполагается сосредоточить на реализации сервисов для тематической обработки пространственной, спутниковой информации и количественной информации, а также на разработке технологий поиска и систематизации разных типов геологической информации в данной инфраструктуре с использованием онтологий геологических понятий.

### Литература

1. Вдовицын В. Т., Лебедев В.А. Технологии информационного обеспечения научных исследований в ИАС «Природные ресурсы Карелии» // Информационные ресурсы России. № 1. 2012. С. 7–12.
2. Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России. Кн. 1. Владивосток: Дальнаука, 2006. С. 1-572+цв. карта.
3. Геодинамика, магматизм и металлогения Востока России. Кн. 2. Владивосток: Дальнаука, 2006. С. 573-981, [10 с.] + 5 л. цв. вкл.
4. Наумова В.В., Горячев И.Н., Платонов К.А. Web-интеграция неоднородных научных данных и сервисов по геологии Дальнего Востока России на основе портального решения // Геоинформатика. 2011. № 1. С. 56-62.
5. Наумова В.В., Горячев И.Н. ГИС-портал «Геология Дальнего Востока России»: интеграция пространственных данных и сервисов // Геоинформатика. 2013. № 2. С. 12–19.
6. Наумова В.В., Горячев И.Н., Дьяков С.В., Белоусов А.В., Платонов К.А. Современные технологии формирования информационной инфраструктуры для поддержки и сопровождения научных геологических исследований на Дальнем Востоке России // Информационные технологии. 2015 (в печати).
7. Федотов А.М., Барахнин В.Б., Жижимов О.Л., Федотова О.А. Модель информационной системы для поддержки научно-педагогической деятельности // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии. 2014. Т. 12. Вып. 1. С. 89–101.
8. Naumova V.V., Belousov A.V. Digital repository «Geology of the Russian Far East» – an open access to the spatially distributed online scientific publications // Russian Journal of Earth Sciences. 2014. Vol. 14. No. 1. P. 1–8.
9. Naumova V.V., Goryachev I.N., Dyakov S.V., Belousov A.B., Platonov K.A. Modern Technologies for Development of the Information Infrastructure Supporting Scientific Geological Investigations in the Russian Far East // Modern Information Technologies in Earth Sciences: Proceedings of the International Conference, Petropavlovsk on Kamchatka, September 8–13, 2014. Vladivostok: Dalnauka, 2014. P. 129.
10. Ward Cunningham and Bo Leuf, The Wiki Way: Quick Collaboration on the Web. Addison-Wesley, 5th Printing 2005. 464 p.

### **Information Infrastructure supporting Scientific Investigations in Earth Science in Russian Far East: current state and prospects of development**

*Vera Viktorovna Naumova, Prof., head of laboratory, Far East Geological Institute FEBRAS*

*In article is described information infrastructure for support supporting scientific geological investigations in the Far East of Russia. Infrastructure represents a block platform for integration of non-uniform sources of geological information and services of their processing. The system provides access to geographically-distributed scientific data on geology of the Russian Far East, such as: scientific publications, maps, satellite data, quantitative data, photo and video information, information about scientific conferences and so on.*

*Key words: Information infrastructure, integration of non-uniform sources of information, geological information, geology of the Russian Far East.*

## АНАЛИЗ МЕТОДОВ СЕМАНТИЧЕСКОГО ПОИСКА ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ

**Валентин Викторович Нечаев**, д-р физ.-мат. наук (ВМАКК),  
канд. техн. наук, проф., зав. кафедрой  
E-mail: [nechaev@mirea.ru](mailto:nechaev@mirea.ru)

**Всеволод Михайлович Трофименко**, аспирант кафедры  
Интеллектуальных технологий и систем  
E-mail: [trofsev@mail.ru](mailto:trofsev@mail.ru)

Московский государственный технический университет радиотехники,  
электроники и автоматики  
<https://www.mirea.ru>

*Описывается методика смыслового отбора пертинентных информационных ресурсов на основе бионического подхода и метода онтологий. В ее основу положены методы семантического анализа лексических единиц, методы статистического анализа и технологии интеллектуального анализа данных. Рассматриваются биологические особенности мыслительной деятельности головного мозга. Работа ориентирована на реализацию проблемы автоматизации процесса повышения компетенции эксперта в предметно-ориентированной области знаний.*

*Ключевые слова: смысловой отбор информационных ресурсов, бионический подход, пертинентные информационные ресурсы, семантический поиск информации, показатель релевантности информационного ресурса, показатель пертинентности информационного ресурса.*

### Введение

Проблема поиска и извлечения необходимой информации возникла задолго до появления интернета [1]. Актуальность проблемы целенаправленного поиска информации, соответствующей запросам и потребностям пользователя, т.е. релевантной и пертинентной информации, в последние годы существенно возросла. Многократное увеличение информационных потоков, циркулирующих между пользователями<sup>1</sup>, динамичное развитие информационных ресурсов приводит к тому, что пользователь уже не в состоянии самостоятельно, без технической поддержки, находить требуемую информацию. Интенсивный рост информационных потоков также свидетельствует о необходимости постоянного совершенствования методов, приемов и технологий обработки данных. Следовательно, для обеспечения быстрого поиска необходимой информации пользователю необходимо применять все более совершенные навигационные сервисы и приемы поиска соответствующих его потребностям информационных ресурсов.



**В.В. Нечаев**



**В.М. Трофименко**

### Релевантность и пертинентность информационных ресурсов

На современном этапе развития информационных технологий в качестве одного из основных инструментальных средств проведения навигации и поиска в сети интернет необходимыми информационными ресурсами являются поисковые системы. Их работа основана на использовании ключевых слов. Под ключевыми словами подразумеваются наиболее важные термины, которые загружаются в поисковую систему в качестве аргумента поиска. Поисковая система составляет и хранит предметный указатель сети Интернет и при формировании запроса пользователем находит в нем заданные ключевые слова. Результатом поиска является список ресурсов Интернета, подлежащих детальному рассмотрению пользователем.

<sup>1</sup> По оценкам, объемы созданных во всем мире данных уже измеряются в зеттабайтах.



При этом современные поисковые системы работают таким образом, что при определении смысла запроса система ограничивается только лишь введенным пользователем словом или словосочетанием. Однако в информационном поиске не учитываются семантические аспекты понятий, включенных в запрос. При этом следует иметь в виду, что главной задачей при работе поисковой системы является нахождение и выдача пользователю максимально *релевантных* результатов [2].

**Релевантность** – это показатель степени соответствия найденного документа (ресурса), сформированному пользователем запросу. Показатель релевантности определяется путем сравнения образа поискового запроса с поисковым образом документа по определенному алгоритму.

Так как пользователь формирует запрос на естественном языке, то релевантная запросу информация может не соответствовать информационной потребности пользователя. Из-за того, что одно и то же понятие может быть многозначным, существует большая вероятность того, что поисковая система не правильно «поймет» что от нее требуется найти и выдаст пользователю хотя и релевантные данные, но не удовлетворяющие задуманному пользователем смыслу. Релевантных запросу данных в лучшем случае несколько сотен, а в худшем случае миллионы, из которых пользователю приходится выбирать наиболее подходящие по смыслу. Отсюда и возникает необходимость использования иного, более «тонкого» критерия, благодаря которому можно оценить соответствует ли результат поиска заданному смыслу запроса. Такой критерий называется *пертинентностью*.

**Пертинентность** (в информационном поиске) – соответствие полученной информации информационной потребности пользователя. Пертинентность характеризуется степенью соответствия между тем, что необходимо получить пользователю и непосредственными результатами поиска, т.е. определяется как отношение объема полезной для пользователя информации к общему объему полученной информации, найденной поисковой системой.

На данный момент достижение высокой степени пертинентности информационного ресурса – основное поле конкурентной борьбы современных поисковых систем. Требуемой степени пертинентности можно добиться, используя в поисковой системе в качестве ключевых слов – понятия, учитывающие такие характеристики как словоизменение, полисемию (одно слово имеют несколько значений), синонимию, омонимию. При этом необходимо выявлять смысловые связи между понятиями и формировать семантическую сеть понятий.

По мнению Ф. де Соссюра<sup>1</sup> [3], языковые знаки состоят из двух компонентов: означающего и означаемого. Означающее – это звуковой или графический образ знака, а означаемое – соответствующее ему понятие [3]. Согласно [4], наиболее устойчивыми единицами смысла являются понятия. *«Центральной процедурой любых систем автоматической смысловой обработки текстов должна быть процедура семантико-синтаксического концептуального (понятийного) анализа. Она должна быть реализована, прежде всего, как процедура фразеологического концептуального анализа на основе мощных словарей наименований понятий»* [4].

Таким образом, для пертинентного поиска, как и для поисковых систем сети Интернет, необходимо предварительно составить словарь из слов, встречающихся в документах, в котором при каждом слове будет храниться список документов, из которых взято данное слово. Таким образом, при создании системы, которая на запрос пользователя выдавала бы пертинентный результат, предварительно должен быть составлен не просто словарь из слов, а словарь, состоящий из понятий, в котором они связаны в рамках некоторой семантической сети. Первой при разработке подобной системы является задача извлечения и представления понятий. Под понятием в данной работе подразумевается некоторое знание, сформированное при анализе текстовой информации. Очевидно, что знание необходимо рассматривать в динамике [5]. В семантической сети знание должно рассматриваться как системная категория, выполняющая определенную функцию формирования идеального результата на основе наследст-

<sup>1</sup> Ф. де Соссюр является одним из основоположников современной науки семиотики.

венного и эволюционно накопленного опыта. Таким образом, в системном знании должен фиксироваться опыт о прошлом, настоящем и возможном будущем системы и ее среды [5].

Для решения задачи получения из данных знаний используют различные типы интеллектуальных систем. Кроме информационно-поисковых к подобным системам относятся системы поддержки принятия решений и экспертные. Системы, предназначенные для оперирования знаниями (сбора, хранения, поиска и выдачи знаний) называют базами знаний. На основе баз знаний создаются системы, основанные на знаниях. Системы, основанные на знаниях, могут быть как монодисциплинарными, так и мультидисциплинарными.

Понятия, отражающие предметы реального мира – первичные понятия, находятся в сложной взаимосвязи. Исходя из того, что характеристики понятий, описывающих внешний мир, весьма многообразны, следует, что при целевом описании необходимо выделять наиболее существенные характеристики такой предметной области. С учётом вышесказанного, в рамках данной работы рассматривается возможность построения предметно-ориентированной системы, основанной на знаниях.

### **Формирование модели предметной области**

Основные трудности при конструировании концептуальной модели предметной области связаны с невозможностью работы в компьютерной среде на естественном языке. Прежде чем начать анализ информации необходимо ее представить в пригодном для компьютерного распознавания виде. На первом этапе необходимо выделить нужную информацию, на втором выделенная информация определенным образом абстрагируется и формализуется. Другими словами, возникает необходимость выделить понятийную модель предметной области.

Для дальнейшего, уже формального описания предметной области введем определение понятийной модели предметной области. Понятийная модель предметной области – это совокупность понятий (концептов, терминов) и отношений между ними, которым соответствуют сущности из реального мира. Такая модель реализуется в форме ориентированного помеченного графа<sup>1</sup>  $G_d = \langle V_d, E_d, M_d, L_d \rangle$ , у которого любая метка также является вершиной:  $L_d \subset V_d$ . Каждая вершина граф-модели является понятием, каждая дуга из вершины  $v_1$  в вершину  $v_2$  с меткой  $l$  описывает отношение  $l$  понятия  $v_1$  к понятию  $v_2$ . Таким образом, любое отношение является понятием. Для построения понятийной модели предметной области необходимо решить следующие задачи: выделить понятия предметной области, установить отношения между этими понятиями. Подобного представления информации можно добиться с помощью онтологического описания.

### **Представление предметной области на основе онтологического описания**

В настоящее время в области искусственного интеллекта разработан ряд средств представления знания. К наиболее эффективным из них, по мнению многих разработчиков программного обеспечения, относится онтология.

*Под онтологией подразумевается система понятий (концептов, сущностей, классов), отношений между ними и правил операций над ними в определенной предметной области [6].*

В качестве концептов в онтологических описаниях должна присутствовать большая часть понятий, характеризующих возможные запросы на поиск решений и фигурирующие в метаданных документов хранилищ данных. В общем виде структура онтологии представляет собой набор элементов четырех категорий: понятия, отношения, аксиомы и отдельные экземпляры [6].

### **Лексемы в проблемно-ориентированных текстах**

Онтологии строятся в форме тезаурусов, содержащих терминосистему и категориально-понятийный аппарат предметной области. Под терминосистемой понимается система-

<sup>1</sup> Ориентированный помеченный граф – это четверка  $G = \langle V, E, M, L \rangle$ , где  $V$  – множество вершин,  $E$  – множество дуг  $e = (v_1, v_2)$  из вершины  $v_1$  в вершину  $v_2$ ;  $M: E \leftarrow L$  – функция разметки дуг, которая каждой дуге сопоставляет элемент из множества меток  $L$ .

тизированной совокупности терминов.

В данной работе предполагается, что знания для создания терминосистемы будут извлекаться из текстовых документов, касающихся определенной предметной области. Поэтому необходимо, чтобы до формирования тезауруса был проведен анализ существующих текстов на предмет выявления среди них таких, которые относятся к рассматриваемой предметной области. После первичного отбора текстовых документов должен происходить их терминологический анализ, целью которого является первичное выделение «терминов-кандидатов». Термины-кандидаты – это слова, которые извлекаются непосредственно текста путем первичной обработки текста.

Основные этапы терминологического анализа:

1. Выделение предложения из текста, определение границ слов предложения.  
2. Выполнение лингвистической обработки. Выделенные лексические единицы (слова и словосочетания) приводятся к именительному падежу единственного числа и накапливаются в терминосистеме. Если выделенное словосочетание имело уже вхождение в терминосистему, то увеличивается счетчик количества его появления.

3. Определение частей речи слов и определение «стоп-слов». Слова, имеющие часть речи, отличную от прилагательных, причастий, порядковых числительных, выступающих в роли определений, существительных, номинирующих объект, процесс, состояние и т.д., а также предлогов и союзов, связывающих между собой номинативные группы, определяются как «стоп-слова». «Стоп-слова» назначаются границами фрагментов предложения.

4. Выполнение синтаксического анализа. К каждому фрагменту предложения последовательно применяется следующий набор правил:

4.1. В фрагменте предложения определяются анафорические местоимения<sup>1</sup> типа «он» и восстанавливаются анафорические конструкции до полных (на основании предыдущих предложений или других фрагментов анализируемого предложения).

4.2. В фрагменте находятся союзы «и» и «или» и устанавливается сочинительная связь между ними и примыкающими к ним справа словом.

4.3. Устанавливаются связи между существительными и согласованными определениями, а также устанавливаются связи между однородными определениями. Применяется правило установления связи предлога с существительным.

4.4. В фрагменте определяются предлоги и находятся существительные, к которым они относятся. Согласование предлога с существительным позволяет снять омонимию<sup>2</sup>.

4.5. Устанавливаются подчинительные связи между существительными:

а) родительный падеж без предлога (генетивные цепочки);

б) творительный падеж без предлога;

в) предложное управление во всех косвенных падежах.

4.6. Восстанавливаются анафорические конструкции типа «этот».

При реализации терминологического анализа можно воспользоваться системой порождения грамматических парсеров<sup>3</sup> AGFL. AGFL (affix grammars over a finite lattice) – свободно распространяемое программное обеспечение для решения задач автоматической обработки текстов на естественном языке, использующее формализм AGFL [7]. Система AGFL позволяет генерировать эффективные парсеры для анализа морфологических и синтаксических структур естественных языков, при этом формат последовательности парсеров на выходе можно задавать при помощи трансдукций в правилах формализма. Помимо парсеров, система AGFL дает возможность подключить лексические базы данных большого объема. В конечном итоге, система AGFL позволяет создавать парсеры на основании лингвистических описаний, которые легко создаются и видоизменяются.

Для составления терминосистемы предметной области из выделенных терминов

<sup>1</sup> Анафорическая связь – это отношение, возникающее между словами в фразе или в тексте, когда смысл одного слова или выражения содержит отсылку к другому при отсутствии синтаксической связи между ними.

<sup>2</sup> Омонимия – это звуковое совпадение разных языковых единиц, значения которых не связаны друг с другом.

<sup>3</sup> Парсер – это программа или часть программы, выполняющая синтаксический анализ.

должно происходить автоматическое выделение наиболее важных терминов. Для этого необходимо назначить вес каждой лексической единице. При этом используются как статистические, так и семантические методы выделения ключевых слов из текстов. Комбинируя методы статистического и семантического анализа текстового документа можно выделить наиболее важные лексические единицы для составляемого тезауруса.

Во всех созданных человеком текстах можно выделить статистические закономерности. Для статистического анализа можно воспользоваться законами Ципфа (или Ципфа–Мандельброта) и выводами, которые можно сделать из этих законов. Ципф предположил, что слова с большим количеством букв встречаются в тексте реже коротких слов. Основываясь на этом постулате, он вывел два универсальных закона:

1. Если измерить количество вхождений каждого слова в текст и взять только одно значение из каждой группы, имеющей одинаковую частоту, расположить частоты по мере их убывания и пронумеровать (порядковый номер частоты называется рангом частоты), то наиболее часто встречающиеся слова будут иметь ранг 1, следующие за ними – 2 и т.д. Вероятность встретить произвольно выбранное слово будет равна отношению количества вхождений этого слова к общему числу слов в тексте.

2. Если построить график, отложив по одной оси (оси X) частоту вхождения слова, а по другой (оси Y) – количество слов в данной частоте, то получившаяся кривая будет сохранять свои параметры для всех без исключения созданных человеком текстов.

Исследования показывают, что наиболее значимые лексические единицы лежат в средней части описанного Ципфом графика. Лексемы, которые попадают слишком часто, в основном оказываются предложениями, местоимениями, а в английском языке – артиклями и т.п. Редко встречающиеся лексемы в большинстве случаев не имеют решающего смыслового значения. Сделать выделение наиболее значимых лексических единиц качественнее помогает предварительное исключение из исследуемого текста некоторых слов, которые априори не могут являться значимыми и поэтому являются «шумом».

Во многих современных поисковых системах используются законы Ципфа в преобразованном виде. Например, для оценки весов терминов можно воспользоваться статистической мерой TF-IDF (term frequency – inverse document frequency). Алгоритм статистического анализа, использующего меру TF-IDF следующий.

1. Выполняется вычисление частоты конкретной лексической единицы TF (term frequency). При этом оценивается важность лексической единицы  $t_i$  в пределах конкретного документа.

$$TF = \frac{n_i}{\sum_1^k n_k},$$

где  $n_i$  – число вхождений слова в документ, ;  
 $\sum_1^k n_k$  – общее число слов в данном документе.

2. Выполняется вычисление обратной частоты документа IDF (inverse document frequency). При этом оценивается инверсия частоты, с которой некоторая лексическая единица встречается в документах коллекции.

$$IDF = \log \frac{|D|}{|(t_i \in d_i)|},$$

где  $|D|$  – количество документов в корпусе,  
 $|t_i \in d_i|$  – количество документов,  
 в которых встречается  $t_i$  (когда  $n_i \neq 0$ ).

3. Вычисление меры TF-IDF (веса лексической единицы).

$$TF - IDF = TF \cdot IDF.$$

Таким образом, последовательно анализируя каждую лексическую единицу текстового документа, можно сделать вывод о том, какой вклад она внесла в анализируемый документ, а при повторной встрече данной лексической единицы в других текстах можно сделать вывод о ее весе в рассматриваемых документах. Однако нельзя ограничиваться только статистической обработкой. Необходимо также применить метод семантического анализа текстовой информации, так как семантический анализ позволяет не только распо-



знать наиболее важные термины в тексте, но и классифицировать термины по семантическим признакам с учетом синонимических и гипонемических (общее – частное) классов.

**Семантический анализ** – процесс выявления смыслового содержания слов и словосочетаний в предложении. Тематику любого понятия или текста можно представить комбинацией ассоциирующихся с ним базовых семантических категорий, число которых уже гораздо меньше, чем число слов. Таким образом, семантическое описание использует вместо слов укрупненные понятия – категории, каждая из которых характеризуется своим набором терминов. Поэтому семантическое представление содержания текстов сопровождается существенным сжатием информации. Сжатие информации при переходе от лексического к семантическому описанию документов происходит за счет использования некоторого знания о структуре языка. Прежде всего, изучив выделенный экспертом документ, должна формироваться сеть основных (наиболее значимых) понятий, содержащихся в анализируемом тексте. Такая сеть служит представлением смысла текста и основой для всех видов дальнейшего анализа.

**Семантическая сеть понятий** – это множество терминов из текстов – слов и словосочетаний, связанных между собой по смыслу. В сеть включены не все термины текста, а лишь наиболее значимые, несущие основную смысловую нагрузку. Аналогичным образом должны представляться и смысловые связи между понятиями текстов – отражаются лишь наиболее явно выраженные из них. Поэтому, с одной стороны сеть достаточно полно описывает смысл текстов, а с другой – позволяет отбросить несущественную информацию и представить содержание в сжатом виде, так называемым «смысловым портретом». При этом каждое понятие, повторявшееся в различных местах текстов множество раз, оказывается представлено в единственном узле сети. В этом узле также собирается разбросанная информация, касающаяся понятия – формируется список предложений, в которых оно употреблялось. А различные формы слов приводятся к общей грамматической форме для отображения в один элемент сети. Аналогичным образом собирается информация по смысловым связям каждого понятия – в виде списка всех связанных с ним в тексте понятий, дополненного предложениями, в которых отражаются данные связи.

Таким образом, возникает возможность сразу увидеть всю информацию по каждому понятию. В результате, передвигаясь по смысловым связям от понятия к понятию, появляется возможность находить и исследовать лишь интересующие места текстов, не затрудняя себя просмотром всей попавшейся на пути информации.

Каждый элемент семантической сети понятий – это понятие, характеризующееся числовой оценкой – смысловым весом. Связи между парами понятий, в свою очередь, также характеризуются весами. Эти оценки позволяют сравнить относительный вклад различных понятий и их связей в семантику текста. Согласно ГОСТ 7.25-2001 «Тезаурус информационно-поисковый одноязычный. Правила разработки, структура, состав и форма представления» можно установить следующие связи между лексическими единицами: род – вид; часть – целое; причина – следствие; сырье – продукт; административная иерархия; процесс – объект; функциональное сходство; процесс – субъект; свойство – носитель свойства; антонимия.

Данные отношения могут быть разделены на два класса: *иерархические и ассоциативные*. *Родовидовая связь* устанавливается между двумя дескрипторами, если объем понятия нижестоящей лексической единицы входит в объем понятия вышестоящей лексической единицы. Связь «*часть – целое*» устанавливается между двумя лексическими единицами в том случае, если нижестоящая лексема определяет компонент объекта, обозначаемого вышестоящей лексемой. Если для одной лексической единицы можно указать более одной непосредственно вышестоящей лексической единицы, то в иерархических отношениях должны быть установлены связи со всеми лексическими единицами. При установлении иерархических отношений должны быть указаны связи со всеми нижестоящими лек-

сическими единицами независимо от аспекта деления. Аспект деления может быть указан в примечании при ссылке.

*Ассоциативное отношение* является объединением отношений, не входящих в иерархические отношения или в отношения синонимии. Допускается включать в ассоциативное отношение все виды отношений, кроме синонимии и отношения «род – вид». В целях обеспечения ведения информационно-поискового тезауруса и индексирования документов для каждой ссылки, указывающей связь заглавной лексической единицы с другой лексической единицей, в другой лексической единице должна быть обратная ссылка. Если нецелесообразно использовать обратную ссылку при поиске информации, то следует применять технологическую обратную ссылку «сравни», обеспечивающую ведение информационно-поискового тезауруса. В термосистеме указывают все синонимы заглавной лексической единицы. Для лексических единиц, иерархически связанных отношением «часть – целое», допустимо давать иерархическую ссылку только от вышестоящего к нижестоящему или наоборот. Построение некоторого *семантического поля терминов* дает возможность применить принцип ассоциативно связанных цепочек при поиске информации.

*В памяти головного мозга человека информация в целях компактной упаковки хранится в виде ассоциативных структур, а в целях экономии памяти пересекающиеся элементы и связи не дублируются, а имеют один и тот же след* [8]. В этом случае информация сильно сжимается, и возникает эффект легкого вытаскивания по цепочке ассоциативно связанных структур. Воспроизведенный один элемент облегчает воспроизведение следующего. Таким образом, в процессе формирования модели окружающего мира ассоциативные нейронные цепочки пересекаясь, переходят из одной структуры головного мозга человека в другие. То есть в этом смысле они взаимно связаны, а попадание в определенный участок какой-либо структуры зависит от того, в каком месте мы находились до этого.

После выполнения терминологического, семантического и частотного анализа лексических единиц для оценки правильности выделенных терминов из текста эксперт предметной области может воспользоваться предметным указателем документа (при его наличии), который принимается за список терминов, выделенных автором. После проведения успешной оценки с помощью методов математической статистики производится подсчет объема выделенной терминов. При этом вычисляется минимальный объем выборки по формуле:

$$N = \frac{Z}{\sigma^2 f},$$

где N – объем выборки;  
f – относительная частота (не менее 3,19);  
Z – коэффициент доверия;  
σ – относительная ошибка.

Если количество терминов не обеспечивает достаточную надежность результатов, эксперту должен направляться запрос на предоставление системе дополнительных текстов с целью дальнейшего анализа и расширения сформированного тезауруса. Если терминов было выделено достаточно и проведена экспертная оценка, возможно сделать вывод об успешно сформированном тезаурусе, который в дальнейшем разрешается использовать при построении онтологии предметно-ориентированной области знаний.

### **Иерархия онтологии**

Наряду с указанными элементами онтологии в нее также входят так называемые «экземпляры» или «инстанции». Экземпляры (инстанции) – это отдельные представители класса сущностей или явлений, т.е. конкретные элементы какого-либо понятия (например, экземпляром понятия «Компьютерная техника» будет «Системный блок») [6]. Составляющие онтологии подчиняются своеобразной иерархии. На нижнем уровне этой иерархической лестницы находятся экземпляры, конкретные индивиды, выше идут понятия, т.е. категории. На уровень выше располагаются отношения между этими понятиями, а обобщающей и связующей является ступень правил или аксиом. В рамках данной работы для

отнесения экземпляров к тому или иному понятию предлагается использовать метод *k*-ближайших соседей [9].

### Метод *k*-ближайших соседей

Человек, сталкиваясь с новой задачей, использует свой жизненный опыт, вспоминает аналогичные ситуации, которые когда-то с ним происходили. О свойствах нового объекта можно судить, полагаясь на похожие знакомые наблюдения. Смысловое сходство объектов лежит в основе алгоритма *k*-ближайших соседей (*k*-nearest neighbor algorithm – KNN). Такой алгоритм способен выделять среди всех наблюдений *k* известных объектов (*k*-ближайших соседей), похожих на новый неизвестный ранее объект [9]. На основе классов ближайших соседей выносится решение касательно нового объекта. Важной задачей данного алгоритма является подбор коэффициента *k* – количество записей, которые будут считаться похожими. Отметим, что алгоритм *k*-ближайших соседей широко применяется в интеллектуальном анализе данных.

В методе *k*-ближайших соседей для классификации нового наблюдения  $X_{N+1}$  проводится упорядочивание исходные элементов выборки по какой-либо метрике. При этом определяется не один ближайший сосед, а группа наблюдений, наиболее близких к  $X_{N+1}$ , причем каждый из соседей имеет равный вес. Число соседей *k* является настраиваемым параметром метода на стадии обучения, или задаваемым экспертом. Решение об отнесении  $X_{N+1}$  к классу  $Q_k$ , где  $k = (1, \dots, K)$  принимается путем голосования его *k*-ближайших соседей с помощью простого подсчета голосов. Если более половины *k*-ближайших соседей принадлежат классу  $Q_k$ , то  $X_{N+1}$  также относится к этому классу. Таким образом, при использовании правила *k*-ближайших соседей строится гиперсфера объема *V* с центром в точке, соответствующей новому (нераспознанному) наблюдению  $X_{N+1}$ . Это наблюдение относится к тому классу, к которому принадлежит большинство элементов, оказавшихся внутри гиперсферы. Алгоритм *k*-ближайших соседей устойчив к аномальным выбросам, так как вероятность попадания такой записи в число *k*-ближайших соседей мала. Если же это произошло, то влияние на голосование (особенно взвешенное) (при  $k > 2$ ), скорее всего, будет незначительным, а, следовательно, малым будет и влияние на итог классификации.

### Аксиоматика для выделенных терминов

В рамках искусственного интеллекта можно описать онтологию программы, определив множество объектов, связав их с описаниями, а также введя формальные аксиомы, которые ограничивают интерпретацию и совместное употребление этих терминов [6]. Аксиомы онтологии представлены в форме утверждений и правил, объединение которых вместе определяет конкретную проблемно-ориентированную область. Аксиомы задают условия, определяющие взаимосвязь между понятиями и их отношений и выражают очевидные утверждения, связывающие понятия и отношения. Под аксиомой подразумевается утверждение (правило), вводимое в онтологию в готовом виде, из которого могут быть выведены другие аксиоматические утверждения (правила). Благодаря аксиомам становится возможным выразить информацию, которая не может быть представлена в онтологии посредством построения иерархии понятий и установки различных отношений между понятиями. Ниже приведены примеры аксиом:

1. «Если *x* является мужем *y*, то *x* и *y* женаты» или  $(\forall x, y) \text{ муж}(x, y) \rightarrow \text{женат}(x, y)$ ;
2. «Если *x* человек, то количество биологических родителей равно 2» или  $\forall x \in \text{человек} \rightarrow \text{кол-во биологические родители} = 2$ ;
3. «Если *x* – это свойство агрегатного состояния вещества, то оно может выражаться только одним из трех состояний (твердое, жидкое или газообразное)» или  $\forall x \in \text{агрегатное состояние вещества} \rightarrow \text{агрегатное состояние}(h, w, g)$ .

Из приведенных примеров следует, что на основании аксиом посредством метода *k*-ближайших соседей онтология может автоматически добавлять новую информацию о понятиях, экземплярах и отношениях между ними. Аксиомы могут представлять собой понятийные или числовые ограничения, накладываемые на какие-либо отношения, делающие возможным выведение умозаключений [6]. В заключении настоящего раздела отме-

тим: авторами проведен анализ и описание процессов построения различных категорий предметно-ориентированной онтологии. Структура онтологии представляется набором элементов – понятий, отношений, аксиом и отдельных экземпляров.

### **Заключение**

Таким образом, в статье рассмотрены основные аспекты построения предметно-ориентированной онтологии, позволяющие создавать такие онтологии в автоматическом режиме. При формировании онтологии формируется семантическая сеть понятий, которую в дальнейшем можно использовать в поисковых системах сети Интернет для выдачи пользователю pertinentных запросу результатов. По ходу изложения приведены практические рекомендации и описания методов формирования новых понятий и отношений. При построении онтологии используются косвенные аналогии подобного рода процессов, реализуемых головным мозгом человека, т.е. бионический подход.

### **Литература:**

1. *Михеев А.С.* Когнитивная система экстрагирования концептуальных знаний из научно-технических текстов: автореф. / науч. рук. В.В. Нечаев. М.: МИРЭА, 1990. 23 с.
2. *Ашманов И., Иванов А.* Оптимизация и продвижение сайтов в поисковых системах. СПб.: Питер, 2008. 400 с.
3. *Сосюр Ф., де.* Курс общей лингвистики / под ред. и с примеч. Р.И. Шор. 3-е изд., стер. М.: КомКнига, 2006. 256 с.
4. *Белоголов Г.Г.* Теоретические проблемы информатики. Т. 2. Семантические проблемы информатики / под общ. ред. К.И. Курбакова. М.: РЭА им. Г.В. Плеханова. 2008. 342 с.
5. *Шемакин Ю.И., Ломако Е.И.* Основы систематики. М.: Финансы и статистика, 2009. 401 с.
6. *Константинова Н.С.* Онтологии, как системы хранения знаний / Н.С. Константинова, О.А. Митрофанова. СПбГУ, 2006. URL: <http://window.edu.ru/window/catalog/files/r58795/68352e2-st08.pdf>
7. *Азарова И.В.* Морфологическая разметка текстов на русском языке с использованием формальной грамматики AGFL // Компьютерная лингвистика и интеллектуальные технологии. Труды Международной конференции. Диалог. 2003 (Протвино, 11–16 июня 2003 г.). М., 2003. С. 51–55.
8. *Синицын Е.* Теория творчества. Структурный анализ мышления. Теория интегрированного обучения. Новосибирск: НГАХА, 2001. 440 с.
9. *Kozma L.* K-algorithm Nearest Neighbours A, Helsinki University of Technology, 2008. URL: <http://www.lkozma.net/knn2.pdf>.

### **Analysis of the methods of semantic search of information resources**

*Valentin Viktorovich Nechayev, Dr. of physical and mathematical Sciences (UMACC), the candidate technology. Sciences, Professor, head of the Department, Moscow state technical University of Radioengineering, electronics and automation*

*С.М. Трофименко, graduate student, Moscow state technical University of Radioengineering, electronics and automation*

*This article describes the technique of semantic pertinence selection of information resources on the basis bionic approach and ontologies. It is based on the method of semantic analysis of lexical units, methods of statistical analysis and data mining technology. This article describes the biological characteristics of mental activity of the human brain. The article focused on the implementation problems of automation process of improving the competence of an expert in a subject-oriented field of knowledge.*

*Keywords: semantic pertinence selection of information resources bionic approach, pertinent information resources, semantic information resources, indicator of the relevance, indicator of the pertinence.*



## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СТАТИСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБЛАЧНОСТИ НА ИНСОЛЯЦИЮ ФОТОБАТАРЕЙ

*Разия Махмудовна Кубова, канд. физ.-мат. наук, доц.*

*E-mail: rkubova@miiv.ru*

*Московский университет им. С.Ю. Витте*

*http://www.miiv.ru*

*Кира Владимировна Кубова*

*E-mail: kirilla02@gmail.com*

*Алена Андреевна Павленко, магистрантка*

*E-mail: pavlenkoalen@yandex.ua*

*Черноморский государственный университет им. П. Могилы (г. Николаев)*

*http://www.chdu.edu.ua*

*Приводятся результаты сравнительного исследования балла облачности по метеорологическим данным и ослабления инсоляции по данным экспериментальных измерений фототока солнечных фотоэлектрических батарей. Даются рекомендации по построению аналитической зависимости функции ослабления от балла облачности, с учетом статистических характеристик облачности.*

*Ключевые слова: облачность, инсоляция, фотоэлектрические батареи, эмпирическая модель.*

### Введение

Актуальность освоения экологически чистых возобновляемых источников энергии (ВИЭ) приобретает все более важное значение в условиях антропогенного загрязнения окружающей среды и истощения дешевых запасов ископаемого органического топлива. Технологии эксплуатации ВИЭ совершенствуются и уже сегодня достигли уровня конкурентоспособности, уверенно выходя на рынок. Одной из самых пер-



**R.M. Кубова**



**K.V. Кубова**

спективных отраслей возобновляемой энергетики является солнечная энергия как неисчерпаемый, возобновляемый и экологически чистый источник энергии. Энергетические характеристики солнечной фотоэлектрической батареи определяются двумя основными составляющими: технологическими параметрами самой батареи и составляющих ее фотоэлементов и величиной потока солнечного излучения в данном географическом положении и в конкретных условиях. В настоящей работе рассматривается составляющая, определяемая гелиогеофизическими условиями. В основу работы положены данные измерений тока солнечной фото-батареи и пересчета его к батарее с требуемыми параметрами по коэффициенту преобразования энергии, площади и ориентации на базе экспериментального комплекса, установленного в г. Николаеве на юге Украины. Описание комплекса приведено в работах [1, 2].



**A.A. Павленко**

### Постановка задачи

В работе [1] описан экспериментальный стенд на базе небольшой солнечной батареи размером  $2 \times 4$  см и автономного микроконтроллерного регистратора с записью результатов во Flash-память [3, с. 45–51]. Впоследствии был создан комплекс из двух батарей P02512 из поликристаллического кремния размерами  $64 \times 33$  см [2, 4]. Обе батареи размещены на поворотной оси в так называемой полярной монтажке (ось

направлена параллельно оси вращения земли – 47° от горизонта), и направленных одна на Юг (стандартная ориентация), другая на Запад. Моделирование сложных систем допускает применение различных подходов. Использование принципов [5, 6] позволяет проследить логические связи составляющих системы. Для практического использования удобно применять феноменологический метод. По результатам экспериментальных данных по измерению тока солнечных батарей в непрерывном режиме на интервале исследований сентябрь 2012 – апрель 2014 г. разработана модель сезонно-суточных вариаций тока фотоэлектрических батарей [1, 2, 4].

Результаты проведенных исследований указывают, что значительное влияние на энергетическую эффективность солнечных батарей оказывает реальная облачность. В соответствии с этим для оценки эффективности применения солнечной энергетики в конкретном регионе большую роль играют непосредственные характеристики облачности этого региона. В настоящей работе приведены результаты оценки облачности региона расположения экспериментального комплекса. С целью изучения перспектив размещения солнечных установок проведен статистический анализ распределения облачности в других регионах Украины и Европейской части России.

### Оценка ослабления солнечного потока облачностью

Для анализа использовались общедоступные архивы метеорологических данных [7]. В ежедневных сводках этого ресурса указывается общий балл облачности без указания как взаимного расположения облаков, так и направления на солнце. Таким образом, неясно, экранирует облачность солнечное излучение, или нет. Следовательно, для каждого конкретного времени влияние облачности носит вероятностный характер. Баллы облачности измеряются по шкале, которая соответствует относительной площади поверхности небесной полусферы, затененной облаками, согласно которой 0 баллов соответствует ясному небу, 10 баллов – сплошной облачности. Для количественного описания ослабления инсоляции и фототока батарей в работах [1, 2] подобрана аналитическая зависимость для коэффициента ослабления облачностью:

$$K_{Cld} = 1 - (1 - K_{min}) \cdot \frac{B}{B_{max}} \cdot \left[ \left( \frac{B}{B_{max}} \right)^{P_{Cld}-1} + A_L \right] \cdot \frac{1}{1 + A_L},$$

где B-балл облачности;

$B_{max} = 10$  – максимальный балл облачности;

$P_{Cld}$  – показатель степени;

$A_L$  – линейный коэффициент;

$K_{min}$  – минимальное значение коэффициента ослабления.

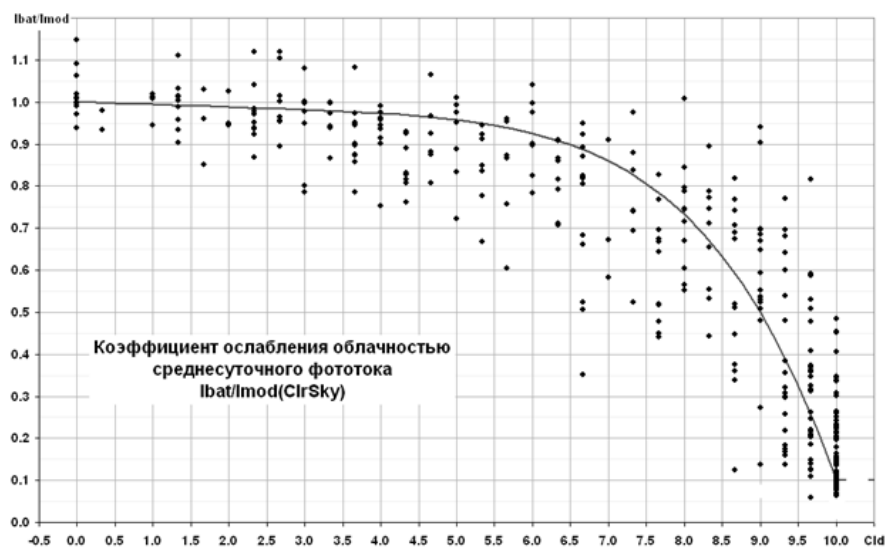
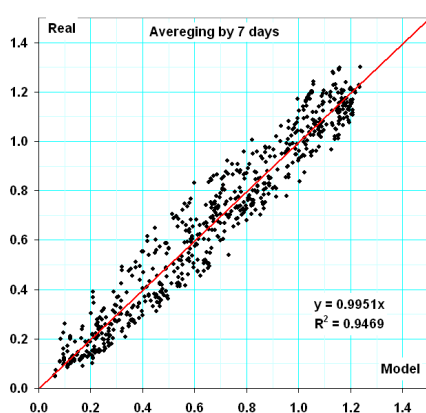


Рисунок 1 – Эмпирическая зависимость коэффициента ослабления облачностью для ежедневных значений

На рисунке 1 приведен пример ослабления инсоляции облачностью в зависимости от среднего дневного балла облачности на интервале сентябрь 2012–август 2014 г. Ослабление считалось как отношение реального среднесуточного тока солнечных фотоэлектрических батарей к модельным значениям для безоблачных условий.

График приведенной эмпирической зависимости явно показывает значительный разброс значений ослабления при увеличении облачности более 5 баллов. Казалось бы, при таком значительном разбросе трудно ожидать приемлемых результатов. Тем не менее, при рассмотрении усредненных данных облачности и фототока по нескольким дням, обнаружилось, что распределение облачности для разных интервалов усреднения значительно отличается от распределения ежедневных значений. При этом разброс экспериментальных данных относительно рассчитанных по модели с учетом облачности, заметно сужается. Между расчетом по модели и данными при усреднении по 7-ми дням наблюдается значимая регрессионная связь с коэффициентом детерминации  $R^2=0,95$ . Зависимость между модельными и экспериментальными значениями при усреднении на недельном интервале приведена на рисунке 2.



**Рисунок 2 – Регрессионная связь модельных и экспериментальных значений при усреднении на недельном интервале**

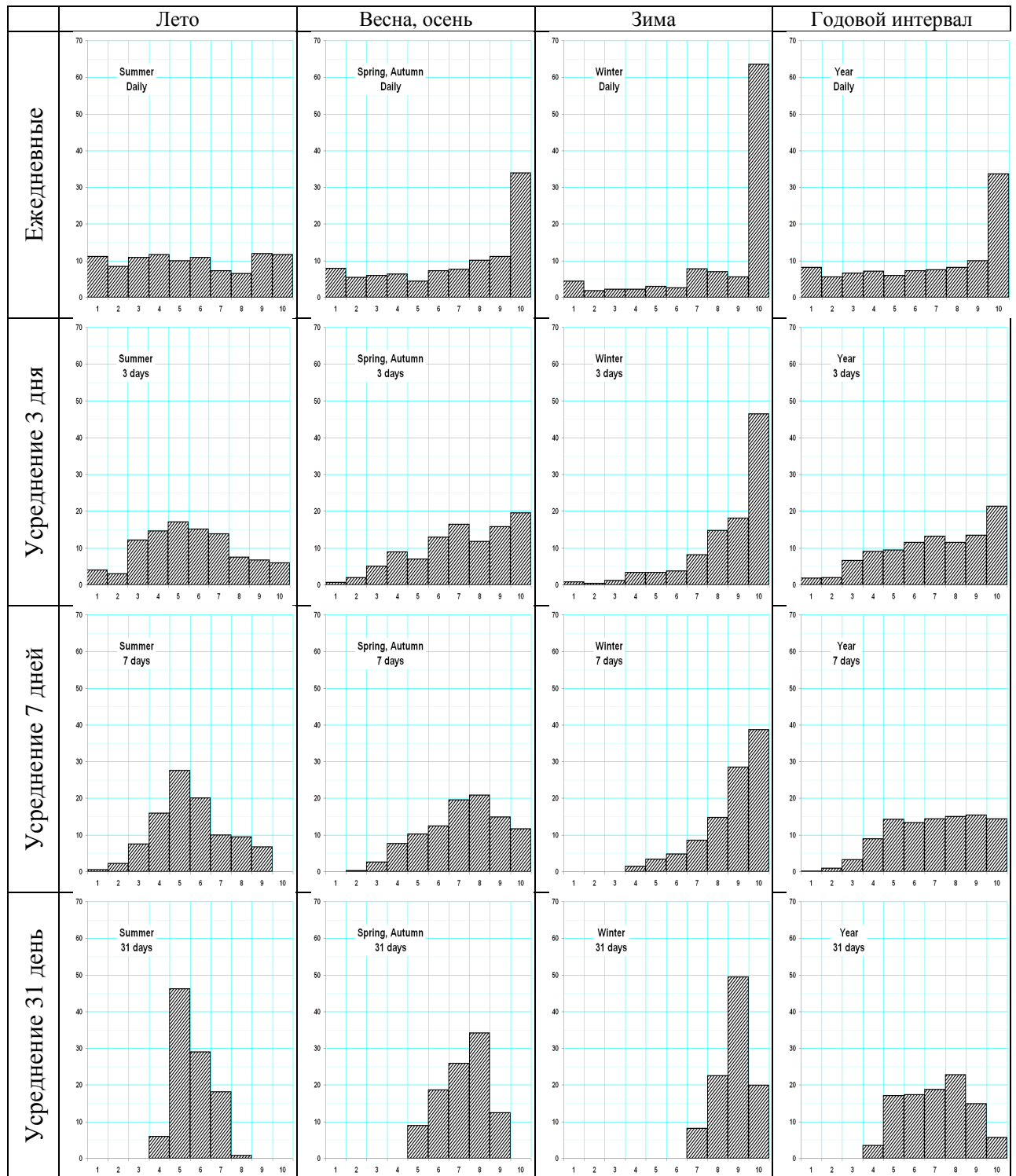
Проведен анализ статистических характеристик облачности на различных интервалах усреднения для трех характерных сезонных условий: летний, переходной (весна, осень), зимний и в целом за год. Результаты для ежедневных данных и периодов усреднения 3 дня, 7 дней и 31 день представлены на рисунке 3.

В верхнем ряду приведены гистограммы относительной вероятности (в %) для ежедневных значений облачности. В следующих рядах – для облачности, усредненной за 3, 7 и 31 день. В ежедневных значениях выделяются две составляющие – одна ближе к равномерному распределению от 0 до 10 баллов, и другая – с максимумом в окрестности высоких значений облачности – 10 баллов. При переходе от лета к зиме амплитуда 10-балльной составляющей облачности существенно возрастает. В частности, очень сильная облачность наблюдается более чем в 50% случаев. При увеличении интервала усреднения гистограммы существенно изменяются. Обе составляющие постепенно сближаются, и остается одна мода с единственным максимумом, положение которого смещается от 5 баллов летом до 10 баллов зимой.

Можно предположить, что соответствующие изменения обусловлены тем, что случаи сильной облачности, как правило, идут сплошными сериями, т.е. длятся несколько дней подряд. Поэтому эффект влияния сильной облачности усиливается. В таком случае модель ослабления можно существенно упростить, представив ее в виде ступенчатой функции с параметром фиксированной облачности, в наиболее простом случае оставить только два параметра: граничное значение существенной облачности (ориентировочно 9) и соответствующее значение коэффициента ослабления для этой облачности (ориентировочно 0,1).

Почему же наряду с низкой достоверностью воспроизведения ежедневных данных, получается вполне приемлемый результат для усредненных данных? Для ответа на эти вопросы была сформулирована следующая гипотеза. На ослабление облачностью при усреднении на многодневных интервалах мало влияет конкретный вид зависимости ослабления от балла облачности, а влияет количество дней с высокой облачностью на интервале усреднения. В этом случае средний балл облачности характеризует частоту появления сильной, сплошной облачности.

### Статистические характеристики распределения облачности



**Рисунок 3 – Распределение статистики (%) бала дневной облачности по сезонам в зависимости от интервала усреднения**

### Особенности регионального распределения облачности

Для внесения возможных поправок при расчетах эффективности использования фотоустановок в других географических условиях проведен анализ распределения потока солнечной энергии и облачности по европейской части России и Украины. С этой целью рассмотрены годовые изменения облачности в широтном диапазоне от 44 до 60° северной широты по городам, находящимся в разных условиях континентальности и климата за период 2012–2013 гг. Для анализа выбраны значения облачности, взятые из доступного ис-



точника [7] по следующим городам: Сочи, Ялта, Николаев, Одесса, Волгоград, Киев, Оренбург, Воронеж, Москва, Казань, Санкт-Петербург.

Для оценки потенциальных возможностей приходящего потока солнечной радиации для выбранных городов проведены расчеты теоретических значений освещенности территорий по формулам, учитывающим географическое положение, сезон, время суток, ослабление в атмосфере и оптимальный угол наклона поверхности солнечной батареи. Полученные результаты представлены в виде графика зависимости теоретических значений светового потока, приходящего в местный полдень, на годовом периоде (рисунок 4).

По оси X расположены дни года в виде дат, по оси Y – световой поток для коэффициента прозрачности атмосферы 0,8 при вертикальном падении ( $AM = 1$ ). Система обозначения линий графиков для разных городов приведена в поле рисунка.

Расположение графиков освещенности для разных городов демонстрирует явную широтную зависимость. После перехода через осеннее равноденствие к зимнему сезону прослеживается уменьшение освещенности с увеличением широты к северу. Эта тенденция продолжается до весеннего равноденствия. После перехода через весеннее равноденствие ситуация меняется, и количество светового потока для городов высоких широт увеличивается по сравнению с низкоширотными городами.

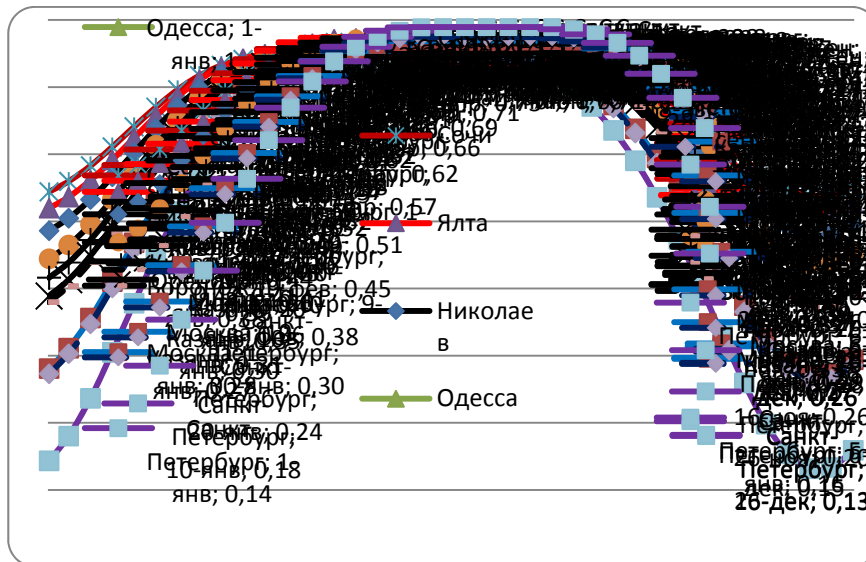


Рисунок 4 – Графики освещенности на разных широтах в течение года

Прослеживается следующая особенность: в летний сезон значения приходящего солнечного потока близки для всех рассмотренных городов. Более того, не наблюдается падение освещенности с увеличением широты. Например, в Сочи в период с середины мая по середину августа наблюдается уменьшение солнечного потока по сравнению с Санкт-Петербургом до 5%.

В зимний сезон изменения солнечного потока имеют закономерное распределение с ослаблением потока при увеличении широты. Например, в Сочи в течение декабря значение солнечного потока примерно в 4 раза выше, чем в Санкт-Петербурге.

Полученные значения рассчитаны на конкретный час (полдень), поэтому следует учесть разную продолжительность светового дня для разных широт. В этом контексте высокие значения освещенности в совокупности с большей продолжительностью светового дня в летний период могут частично компенсировать недостаток энергии в остальные сезоны высоких широт.

В соответствии с архивными данными сайта «Погода в мире» [8], рассматривалось распределение облачности в следующей градации: количество ясных дней, малооблачных дней, количество облачных дней, количество пасмурных дней, которым присвоены соот-

ветствующие значения балла облачности от 0 до 3. Балл облачности, соответствующий оценке 0, означает ясно, 1 – малооблачно, 2 – облачно, 3 – пасмурно.

По этой шкале рассчитаны среднемесячные полуденные значения степени облачности для каждого из выбранных городов. Для выбранного периода ход степени облачности в течение года имеет сложный характер. Однако имеются общие для большинства городов тенденции, такие как повышение облачности к осени и ее снижение после середины весны. Расположенные у берега моря Ялта и Сочи имеют некоторые схожие закономерности хода облачности в течение года: с апреля по май облачность повышается, тогда, как у других городов в основном понижается. Далее к июлю степень облачности большинства городов стремится к одним из самых низких в году, а в августе снова возрастает. В сентябре у многих низкоширотных городов, таких как Николаев, Воронеж и Волгоград, наблюдается скорее малооблачный характер, а для Сочи и Ялты это – наиболее ясный месяц в году. В октябре–ноябре заметен рост облачности повсеместно, причем в наименьшей степени в Сочи. На фоне довольно облачных условий в декабре заметно выделяются Казань и Оренбург с наиболее низкими значениями облачности, что, возможно, объясняется их значительно большей континентальностью по сравнению с остальными городами. В течение остальной части зимы во всех городах наблюдаются близкие друг к другу и максимальные значения облачности. Наибольшие амплитуды смены облачности в течение года имеют южные и прибрежные города: Сочи, Ялта, Одесса, Воронеж, а также Казань с наиболее континентальными условиями.

Для большего удобства анализа все города поделены на три группы по возрастанию их широт и сходству условий (рисунки 5–7).

Прибрежные южные города – Одесса, Николаев, Ялта и Сочи – имеют определенные сходства в закономерностях распределения степени облачности в течение года (рисунок 5). Весной среднемесячная степень облачности колеблется от 2 до 2,45 баллов, в течение лета в среднем от 1 до 2 баллов с минимумом в июле и максимумом в августе, затем в сентябре наблюдается второй минимум облачности в году со значениями 0,93–1,57. С октября по февраль среднемесячная степень облачности достигает максимума и колеблется между 2 и 3 баллами. Такое распределение объясняется схожими климатическими условиями территорий, находящихся под влиянием Черного моря.

В свою очередь, города Волгоград, Киев и Воронеж, которые находятся в средних широтах и удалены от прибрежной зоны, выделены в отдельную группу. Распределение степени среднемесячной облачности в этой группе имеет более равномерный, сглаженный ход в течение года, что проиллюстрировано на рисунке 6. В Волгограде и Киеве амплитуда колебаний облачности в течение года незначительна, усредненная степень облачности колеблется в пределах от 1,6 до 2,7 баллов с минимумом в июле для обоих городов, и максимумами в течение осени-зимы. Для Воронежа амплитуда колебаний среднемесячной облачности в течение года имеет более выраженный характер со значениями средней облачности от минимальных 1,16 баллов в июле и максимальными 2,8 баллов в ноябре и январе.

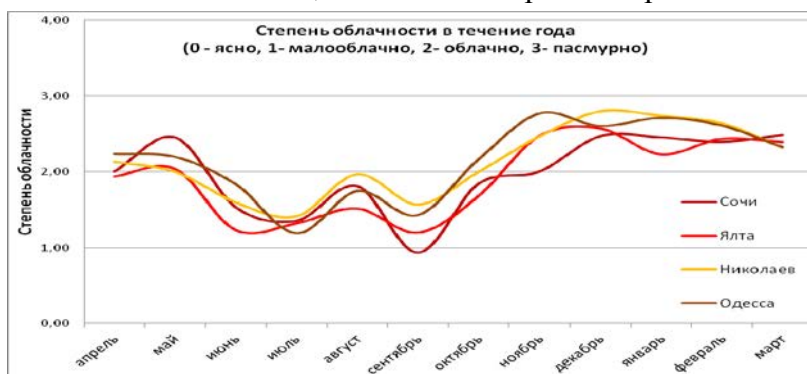


Рисунок 5 – Изменения среднемесячной степени облачности в течение года для городов: Сочи, Ялта, Николаев и Одесса

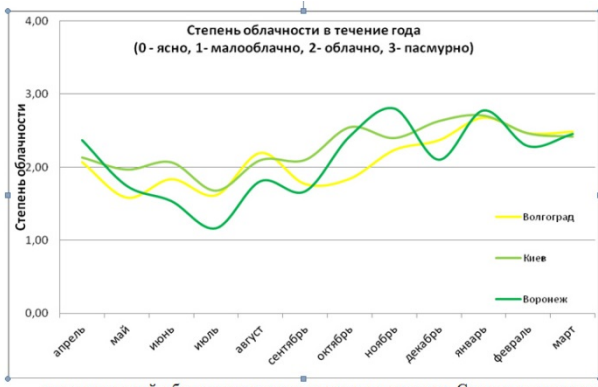


Рисунок 6 – Изменения среднемесячной степени облачности в течение года для городов: Волгоград, Киев, Воронеж

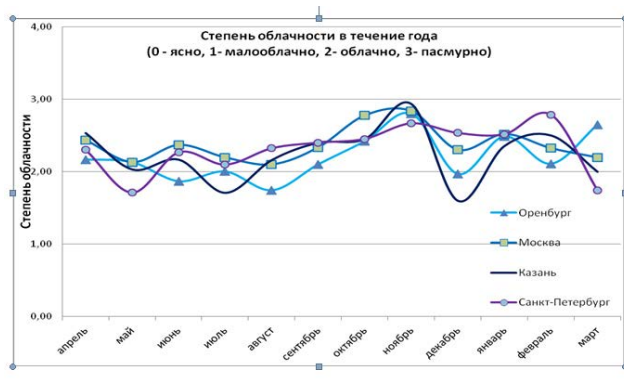


Рисунок 7 – Изменения среднемесячной степени облачности в течение года для городов: Оренбург, Москва, Казань, Санкт-Петербург

Города Москва, Казань, Оренбург и Санкт-Петербург находятся в более высоких широтах и в разных условиях континентальности, что отражается на амплитуде колебаний среднемесячной облачности в течение данного периода. Сезонное изменение облачности показано на рисунке 7. Для наиболее континентальных городов Оренбурга и Казани характерны более выраженные амплитуды среднемесячной степени облачности по сезонам, тогда как облачность в Москве и Санкт-Петербурге распределяется более равномерно и сглажено. В целом эти города характеризуются повышенной степенью облачности, колеблющейся практически от 2 до 3 баллов в течение рассматриваемого периода.

Чтобы оценить интегральный вклад облачности, способствующий ослаблению потока солнечной энергии, для каждого из выбранных городов подсчитано общее количество дней с разной степенью облачности: для ясных и малооблачных дней, облачных и пасмурных дней.

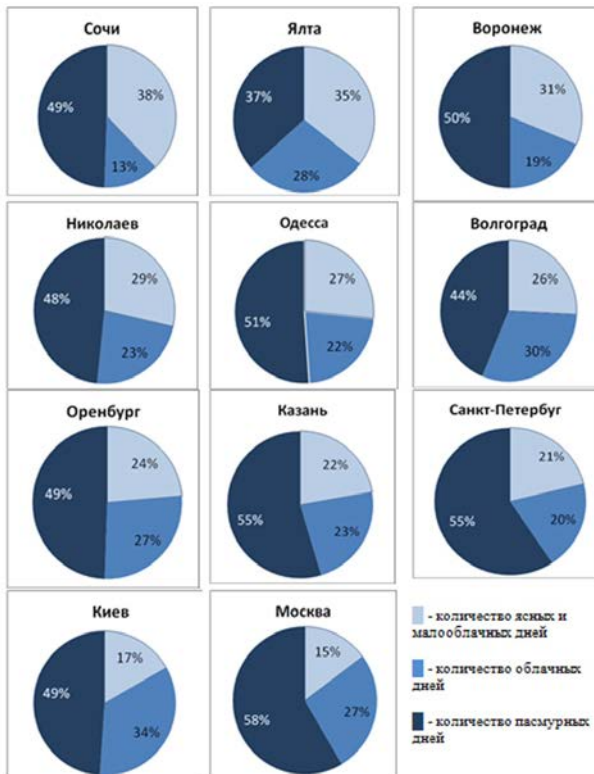


Рисунок 8 – Соотношение количества дней в году по характеру облачности

### Заключение

Авторы считают, что в данной работе новыми являются следующие положения и результаты:

1. Проведена оценка ослабления инсоляции поверхности солнечных батарей для разных интервалов усреднения. Получено, что с ростом облачности до значений, соответствующих 5 баллам по 10-балльной шкале, разброс значений невелик, а инсоляция уменьшается достаточно медленно. При дальнейшем увеличении облачности, как разброс значений, так и ослабление усиливается.

2. Анализ экспериментальных значений среднесуточного фототока и статистического распределения облачности на разных интервалах усреднения позволяет предположить, что случаи сильной облачности, как правило, идут сплошными сериями, длятся несколько дней подряд. В этом случае, с учетом статистических характеристик реальной облачности, функциональную зависимость ослабления инсоляции облачностью можно значительно упростить, оставив только два параметра: граничное значение существенной облачности и соответствующее ослабление для этой облачности.

3. Для оценки возможности экстраполяции полученных результатов на другие регионы проведен анализ статистических характеристик распределения облачности по территории Украины и Европейской части России в широтном интервале от 44 до 60° северной широты по городам, находящимся в разных условиях континентальности и климата. Для оценки подходящего потока солнечной энергии проведены теоретические расчеты распределения потока солнечной энергии с учетом географического положения, сезона, время суток, ослабления в атмосфере и оптимального угла наклона поверхности солнечной батареи.

4. Авторы считают, что проведенное исследование позволит повысить точность оценки эффективности использования солнечной энергетики.

#### Литература:

1. Кубов В.И., Кубова Р.М. Моделирование тока солнечных фото-батарей с учетом вариаций освещенности и облачности // Математика, информатика, естествознание в экономике и обществе (МИЕСЭКО-2014). Труды Всероссийской научной конференции / отв. ред. А.Ю. Байков. М.: МФЮА, 2014. С. 137–143. URL: [http://conf.mfua.ru/documents/2014\\_sbornik.pdf](http://conf.mfua.ru/documents/2014_sbornik.pdf)

2. Кубов В.И., Кубова Р.М., Павленко А.А. Эмпирическая модель фотоэлектрических батарей с учетом облачности // Фізичні процеси та поля технічних і біологічних об'єктів. Кременчук: КДУ, 2013. С. 155–157.

3. Кубов В.И. Оценка возможности построения автономного регистратора на базе AVR Butterfly для целей мониторинга // Наукові праці. т.49, вип.36. Техногенна безпека. – Миколаїв: МДГУ ім. П. Могили, 2006. С. 45–51.

4. Андреева Н.Ю., Кубов В.И., Кубова Р.М., Павленко А.А. Исследование вариаций солнечной радиации для оценки энергетической эффективности солнечных фотоэлектрических батарей // Наукові праці. Т. 233. Вип. 221. Техногенна безпека. Миколаїв: ЧДУ ім. П. Могили. 2014. С. 126–133.

5. Афанасьев Ю.И. Теория взаимодействия. Анализ в условиях синхронизации процесса // Вестник Московского университета им. С.Ю. Витте. Сер. 3: Образовательные ресурсы и технологии. 2014'3(6). С. 47–52. URL: <http://www.muiiv.ru/vestnik/pp/chitateliam/podshivka-nomerov/28980/>

6. Парфенова М.Я. Методологические аспекты интегративного подхода к управлению на основе конвергенции механизмов классических подходов // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. 2013. № 4. С. 325–328.

7. Погода на Украине и в мире. Прогноз погоды от Meteorprog.UA. URL: <http://www.meteorprog.ua/ru/climate/Mikolaiv/>

8. Погода в мире <http://rp5.ru>

#### Assessment of the statistical characteristics of cloudiness at insolation of solarbatteries

*Raziya Makhmudovna Kubova, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Moscow Vitte University*

*Kira Vladimirovna Kubova*

*Alyona Andreyevna Pavlenko, Black Sea State University after P. Mogila (Nikolaev).*

*The article describes some results of comparative studying of cloudiness-index relative to insolation of solar PV-batteries. Some recommendations for cloudiness absorption analytical model are proposed. Those recommendations take into consideration the statistical nature of cloudiness.*

*Key words: cloudiness, insolation, PV-battery, empirical model.*



## ЗЕЛЕНАЯ ВОЛНА

**Сергей Феофентович Тюрин**, проф., проф. кафедры автоматики и телемеханики

E-mail: tyurinsergfeo@yandex.ru

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

<http://pstu.ru>

**Юрий Александрович Аляев**, доц., доц. кафедры математики и естественно-

научных дисциплин

E-mail: alyr1@yandex.ru

Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ (Пермский филиал)

<http://perm.ranepa.ru>

Анализируются основные цели, направления и технологии «зеленых», энергосберегающих вычислений, исследуемых в Международном образовательном проекте ТЕМПУС. В скором времени с большой долей вероятности «зелёные» дисциплины будут преподаваться в университетах не только для аспирантов и магистров, но и для специалистов и бакалавров.

Ключевые слова: гринкомпьютинг – «зеленые» вычисления, масштабирование напряжения и частоты, энергосберегающие, энергоэффективные технологии в области компьютеринга, процессор, память, образование и наука, международный проект ТЕМПУС.

## Введение

В настоящее время по всему миру идет своего рода «зеленая волна» – бурно продвигаются «экологически чистые», «зеленые» технологии, ресурсосберегающие технологии, в



**С.Ф. Тюрин**

том числе технологии энергосбережения. Сегодня не только производители автомобилей борются за рынок сбыта, улучшая показатели потребления топлива (например, в некоторых продвинутых автомобилях введен режим «start-stop», с целью еще большей экономии топлива и снижения выброса пресловутого углекислого газа во время остановок на светофорах и стоянок в пробках), но и другие производители, например, стиральных машин, улучшают показатели потребления воды и электроэнергии.

А сколько домашней техники часто томится без дела, но под напряжением?! Телевизоры, микроволновые печи, газовые плиты, кондиционеры... Продвинутый домашний компьютер может потреблять до киловатта и больше энергии.

«Зеленая» тема – одна из основных тем, в так называемых цивилизованных странах. И у нас в России буквально у всех еще на слуху недавние дебаты об использовании бытовых ламп освещения с низким энергопотреблением.

По некоторым оценкам в США на питание и охлаждение информационных центров тратится порядка \$4,5 млрд и ожидается, что эти затраты вырастут до \$8 млрд в ближайшие 5 лет [1]. В типовом офисе компьютеры расходуют примерно половину всей электроэнергии, причем серверы потребляют около двух третей, остальное приходится на рабочие станции и периферию. Центры обработки данных потребляют в 100–200 раз больше стандартного офиса, расходы на питание компьютеров в среднем составляют половину цены оборудования, 50% от них – стоимость охлаждения. В США порядка 50% ПК не выключаются ночью, в результате чего, ежегодные потери энергии – около 30 млрд кВтч стоимостью \$3 млрд в год. В Европе потери на порядок меньше, а в России,



**Ю.А. Аляев**

по нашей вековой традиции, – никто не считал...

Активно ведутся научные исследования и в области так называемого «гринкомпьютинга» (Green computing), – эту область также осваивает и образование.

Целью статьи является обзор основных направлений «зелёных» вычислений на практике и анализ основных тенденций их развития в образовании и науке в соответствие с международным проектом ЕС Fostering Innovations on Green Computing and Communications TEMPUS GreenCo project «Технологии зеленых вычислений».

### Основные цели и направления зеленых вычислений

Как справедливо указано в [1] в последнее время борьба за экономию ресурсов в области компьютерной техники начинает преобладать над борьбой за скорость вычислений, за производительность.

Считается, что «зеленая» гонка началась около 1992 г., когда Агентство по охране окружающей среды США запустило проект Energy Star для поощрения добровольных тенденций энергоэффективности при разработке мониторов, оборудования климат-контроля, и в других продуктах и технологиях.

Как предполагается, это и дало толчок широкому распространению «спящего» режима среди потребительской электроники. Энергосберегающие функции теперь имеются на любом компьютере, введены спящий [suspend] и ждущий [hibernate] режимы: в первом случае компьютер остается включенным, но останавливается жесткий диск и процессор; во втором, – содержимое ОЗУ записывается на винчестер, и компьютер выключается полностью.

Итак, «Green computing» – это теория и практика экологически ориентированных информационных компьютерных технологий (ИКТ, ICT), это энергосберегающие, энергоэффективные технологии вычислений и пр. – «зеленые» вычисления – ЗВ [2].

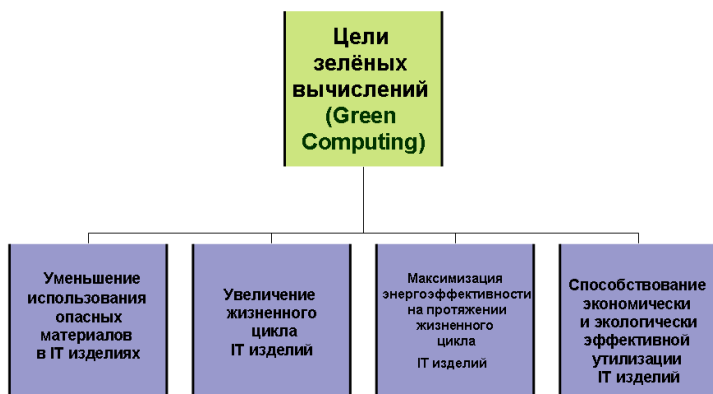


Рисунок 1 – Основные цели ЗВ

Часто используются дополнительные экзотические понятия и термины: энергоориентированные (энергосознательные) компьютерные системы – (Energy-Aware Computer Systems), энергоэкономные (в смысле затрат энергии) компьютерные системы на основе энергосберегающих подходов (Energy-Saving Computer Systems), энергоэффективные компьютерные системы (Energy Efficient Computer Systems) и пр.

Основными целями ЗВ являются: сокращение использования опасных материалов, повышение эффективности энергопотребления на протяжении жизненного цикла IT изделий, а также эффективная в экономическом и экологическом смысле утилизация [3] (рисунок 1).

Вызывает особый интерес такое направление создания экологически ориентированной компьютерной техники, как технологии долговечности (Longevity) – продление срока службы оборудования, в том числе с использованием таких подходов, как модернизирруемости и модульности. Считается, что экологически эффективней обновление, модернизация уже произведенного оборудования, чем производство нового.

Создана соответствующая международная организация – IFG (International Federation of Green ICT) и разрабатываются соответствующие стандарты IFG Standard. Созданы многочисленные организации, борющиеся за энергетическую эффективность с глобальной целью снижения выброса «парниковых» газов, например, Alliance to Save Energy, Climate

Savers Computing Initiative 2Degrees (Low Carbon ITC Network), The Green Grid, Sustainable Electronics Initiative (SEI) и др. Пропагандируется соответствующая добровольная сертификация IT изделий.

С целью минимизации энергозатрат рассматриваются направления использования пониженного напряжения питания, пониженной тактовой частоты, тогда, когда не требуется высокая скорость вычислений, причем предусматриваются специальные стандартизированные режимы управления напряжением и частотой процессора. В этом плане также развиваются новые схемотехнические технологии.

Отдельного разговора требует анализ энергоэффективного программного обеспечения ПО и соответствующих алгоритмов.



Рисунок 2 – Эмблема Energy Efficient Ethernet

Разработан и используется стандарт IEEE 1680, являющийся фактически стандартом зелёных вычислений для компьютеров, ноутбуков и мониторов. Energy Efficient Ethernet (IEEE 802.3az) (рисунок 2), позволяет повысить также энергоэффективность сетевого оборудования. Предусмотрен аналогичный переход в режим пониженного энергопотребления (тоже «сон») или работа на меньшей, по возможности, скорости. Используются помимо оптики и специальные энергосберегающие кабели [4].

Известна также еще одна инициатива – «Один ватт». Это энергосберегающая инициатива Международного энергетического агентства (МЭА), рекомендующая снизить энергопотребление в режиме ожидания использованием любым устройством до одного ватта потребляемой мощности в 2010 г., и 0,5 Вт в 2013 г. Основные направления ЗВ изображены на рисунке 3.

Активно продвигаются технологии, так называемых виртуальных вычислений, в этой связи рекомендуется использование по возможности там, где нет необходимости в «мощных» вычислениях, так называемых барбеонов и Plug компьютеров. Предполагается, что они «энергоэффективнее», да и дешевле.

Основная проблема современных блоков питания персональных компьютеров – «нагревание воздуха», – низкий коэффициент полезного действия (КПД). Мощность современных блоков питания в зависимости от мощности компьютерной системы варьируется в пределах от 50 Вт (встраиваемые платформы малых формфакторов) до 1800 Вт (самые высокопроизводительные рабочие станции, серверы или геймерские машины).

Программа добровольной сертификации, стартовавшая в 2004 г., – 80 Plus – требовала повысить эффективность блоков питания с 70–75 %, по крайней мере, до 80 % при 20 %, 50 % и 100 % от номинальной нагрузки, и до 90 % или выше при 100% нагрузке [5]. Потом требования становились всё жестче. В 2012 г. компании Dell и Delta Electronics достигли уровня 80 Plus Titanium в источнике питания для серверов (рисунок 4).

| 80 Plus test type | 115V internal non-redundant |     |     |      | 230V internal redundant |     |     |      |
|-------------------|-----------------------------|-----|-----|------|-------------------------|-----|-----|------|
|                   | 10%                         | 20% | 50% | 100% | 10%                     | 20% | 50% | 100% |
| 80 Plus           |                             | 80% | 80% | 80%  |                         |     |     |      |
| 80 Plus Bronze    |                             | 82% | 85% | 82%  | 81%                     | 85% | 81% |      |
| 80 Plus Silver    |                             | 85% | 88% | 85%  | 85%                     | 89% | 85% |      |
| 80 Plus Gold      |                             | 87% | 90% | 87%  | 88%                     | 92% | 88% |      |
| 80 Plus Platinum  |                             | 90% | 92% | 89%  | 90%                     | 94% | 91% |      |
| 80 Plus Titanium  | 90%                         | 92% | 94% | 90%  | 90%                     | 94% | 96% | 91%  |

Рисунок 4 – Требования 80 Plus Titanium для блоков питания ПК

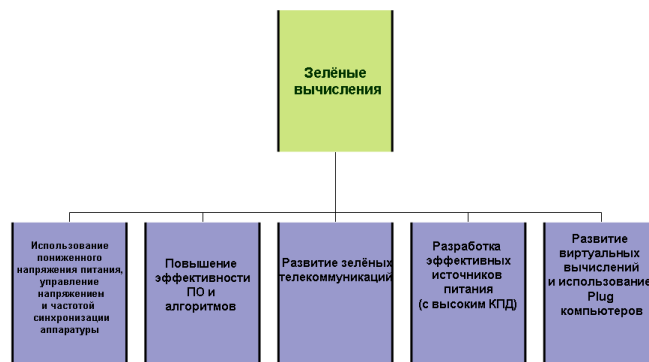


Рисунок 3 – Основные направления ЗВ

### Снижение энергопотребления аппаратного обеспечения компьютеров

Анализ доступных источников позволяет выделить следующие основные направления снижения энергопотребления аппаратного обеспечения (АО) ПК [1, 6–9] – рисунок 5.



Рисунок 5 – Основные технологии ЗВ относительно АО

Однако не следует забывать, что снижение напряжения питания снижает помехоустойчивость и увеличивает интенсивность сбоев. Поэтому предложен соответствующий показатель энергонадёжности (a new metric – the energy-reliability product) [8].

Снижение тактовой частоты увеличивает время выполнения алгоритмов, что может свести на нет экономию энергии.

То есть, как и всегда, «чудо-оружия» и панацеи нет и нужна вдумчивая, скрупулёзная оптимизация при применении всех этих методов «озеленения».

### Обеспечение энергоэффективности процессора

В начале микропроцессорной эры (40 лет с лишним тому назад) большинство процессоров использовали одно и то же напряжение и для процессора, и для схем ввода-вывода, они, как правило, работали при напряжении, равном 5 В, которое позже было снижено до 3,5 В или 3,3 В (в целях уменьшения потребляемой мощности) [6]. Тем не менее, один из первых микропроцессоров – 8080А имел даже три уровня питания: +5 В, –5 В, +12 В, и прошло несколько лет, пока не был разработан микропроцессор 8085 с одним уровнем питания +5 В.

Для повышения энергоэффективности процессоров используется технология уменьшения напряжения (Voltage Reduction Technology – VRT), в начале в портативных вариантах процессора Pentium еще в 1996 г. Далее два уровня напряжения использовались также и в процессорах для настольных систем, например, Pentium MMX был рассчитан на напряжение 2,8 В, а схемы ввода-вывода работали при напряжении 3,3 В [6]. Затем напряжение питания процессора (Mobile Pentium II) еще более снизили – до 1,6 В.

Теперь напряжение питания ядра процессора – от 1,0 В до 1,55 В и даже может быть меньше вольта – 0,98 В и 0,95 В! Память – 1,5 В и 1,35 В. Контроллеры – от 3,3 В до 2,5 В.

Как правило, в ПК имеются средства UEFI (Unified Extensible Firmware Interface) BIOS, которые позволяют менять значение напряжения ядра  $V_{core}$  вручную с шагом 0,005 В в диапазоне от 1 В до 2 В [6]. В настоящее время напряжения  $\pm 5$  В,  $\pm 12$  В, +3,3 В используются материнской платой. Для жестких дисков, оптических приводов, вентиляторов в настоящее время используются только напряжения +5 В и +12 В. Манипуляции с напряжением питания выполняют при так называемом «разгоне» процессора – увеличении его тактовой частоты выше номинальной (Overclocking). Соответственно есть и обратная операция – «торможение» (Underclocking), снижение тактовой частоты ниже номинальной.

В настоящее время для многоядерных процессоров используется технология PAIR (power aware interrupt routing – подача ядрам сигналов о прерываниях с учётом экономии энергии), которая при частичной нагрузке выбирает одно из включенных ядер для обработки всех прерываний, чтобы остальные ядра продолжали спать. Введена приоритезация



прерываний – обработка не требующих немедленной реакции событий может откладываться, пока какое-то из ядер не проснется [6]. Уровни напряжения питания процессора делят на повышенное (XE), нормальное, низкое (LV) и очень низкое (ULV).

Задается показатель теплоотвода (thermal design power, TDP, иногда thermal design point), указывающий требования к производительности системы охлаждения процессора. Компания AMD использует новую энергетическую характеристику под названием ACP (Average CPU Power, «средний уровень энергопотребления») процессоров при нагрузке [7].

Задают также сценарный уровень энергопотребления (Scenario design power, SDP) – уровень энергопотребления процессора, присущий наиболее распространённому сценарию рабочей нагрузки, температуры и частоты [8], он применяется компанией Intel только для своих процессоров серии Y, используемых в ультрабуках и планшетах. Компания AMD также начала использовать эту метрику для сравнения уровня энергопотребления некоторых своих процессоров с процессорами Intel [8].

Энергопотребление современных компьютерных систем определяется значениями токов питания в статическом и динамическом режиме функционирования. Энергопотребление в статическом режиме, определяемое токами утечки, зависит от размеров кристалла и используемых технологией его производства. Таким образом, энергопотребление в настоящее время более всего определяется тактовой частотой, чем она ниже – тем меньше энергии потребляет микросхема, но это приводит к падению производительности.

Метод динамического масштабирования напряжения и частоты (DVFS – Dynamic voltage and frequency scaling) используется для снижения динамического энергопотребления путём уменьшения напряжения питания или частоты [8] в соответствии с ACPI (Advanced Configuration and Power Interface – усовершенствованный интерфейс управления конфигурацией и питанием).

Сама схема тактирования занимает 20–40% общего потребления. Динамическую мощность можно уменьшить за счет уменьшения количества переключаемых элементов, например, путём блокировки некоторых компонентов.

Выявление неиспользуемых элементов и отключение их во время работы программы (стробирование) позволяет сэкономить 15–64% мощности потребления без существенного увеличения задержек или занимаемой площади на кристалле [9]. Такое отключение выполняют в настоящее время даже путем полного отключения питания блоков процессора.

Для оптимизации энергопотребления за счет системы команд предложены также RISP-процессоры с реконфигурируемым набором инструкций [10], ASIP-процессоры со специализированным набором команд, NISC-процессоры без набора инструкций, когда они создаются «на лету» под конкретное приложение. Отдельного рассмотрения заслуживают вопросы энергооптимизации конвейеров процессоров.

### **Обеспечение энергоэффективности памяти**

Для обеспечения энергоэффективности динамической оперативной памяти также используют снижение питающего напряжения. За последние годы энергопотребление оперативной памяти снизилось до 30% [11–13].

Напряжение питания DDR2 (double-data-rate four synchronous dynamic random access memory) – 1,8 В против 2,5 В ранее – DDR. Однако такое напряжение используется для «медленной» памяти, указано, что для обеспечения 800 МГц необходимо 2–2,2 В [11].

У DDR3 еще более уменьшено потребление энергии по сравнению с модулями DDR2, что обусловлено пониженным уже до 1,5 В напряжением питания ячеек памяти [12].

Снижение напряжения питания достигается за счет использования более тонкого техпроцесса (вначале был 90 нм, в дальнейшем 65, 50, 40 нм) при производстве микросхем и применения специальных транзисторов с двойным затвором Dual-gate, что способствует снижению токов утечки.

Существуют вариант памяти DDR3L (L означает Low) с еще более низким напряжением питания, 1,35 В, что меньше традиционного для DDR3 на 10 %. Время передачи бита в настоящее время – доли наносекунды!

В январе 2011 г. компания Samsung представила модуль DDR4. Техпроцесс составил 30 нм, объём памяти 2 ГБ, а напряжение 1,2 В! Минимальный объём одного модуля DDR4 составит 2 ГБ, максимальный – 128 ГБ.

Основное отличие DDR4 заключается в удвоенном до 16 числе банков, что позволило вдвое увеличить скорость передачи – до 3,2 Гбит/с. Пропускная способность памяти DDR4 достигает 34,1 ГБ/с (в случае максимальной эффективной частоты 4266 МГц, определённой спецификациями). Кроме того, повышена надёжность работы за счет введения механизма контроля четности на шинах адреса и команд [13]. Используется так называемое «расслоение» – многоканальная память, что увеличивает пропускную способность и, соответственно производительность ПК.

Ожидается, что использование памяти типа MRAM (magnetoresistive random-access memory) ещё более снизит энергопотребление. Такая память знаменует своего рода возврат на новом уровне к приснопамятным ФТЯ – феррит-транзисторным ячейкам.

Кэш-память, находящаяся во всех современных процессорах на ядре, – это самая быстрая память, в которую помещается информация, необходимая процессору. Первым делом процессор обращается к кэш-памяти 1-го уровня при отсутствии нужной информации, он обращается к кэш-памяти других уровней или берет ее из оперативной памяти.

Для снижения энергопотребления статической оперативной памяти – кэш-памяти – вводят буфер, чтобы брать данные из него напрямую без обращения к общему кэшу. Поскольку этот буфер относительно мал, то расход энергии существенно сокращается при условии, что обеспечивается достаточная частота попаданий [9]. Используется также метод отключения неиспользуемых уровней кэш памяти [9].

Что касается дисковой памяти, то меньшие форм-факторы (например, 2,5-дюймовый) жестких дисков приводят к потреблению меньшей энергии за гигабайт, чем физически больших дисков.

Переход на хранение данных в твердотельных накопителях также часто способствует снижению энергопотребления. Удалось снизить потребление энергии и эксплуатационные расходы центров обработки данных на 80% при одновременном увеличении производительности сверх того, что было достижимо посредством использования нескольких жестких дисков в Raid 0 [14].

Твердотельный накопитель (solid-state drive, SSD) компьютерное *немеханическое запоминающее устройство* на основе *микросхем памяти*. Кроме них, SSD содержит управляющий *контроллер*. Различают два вида твердотельных накопителей: основанных на *оперативной памяти*, и основанных на *флеш-памяти* [14].

С 2012 г. уже выпускаются твердотельные накопители со скоростью чтения и записи, во много раз превосходящие возможности *жестких дисков*. Они характеризуются относительно небольшими размерами и низким энергопотреблением. Однако, имеются и существенные недостатки, например, высокая стоимость проблемы восстановления информации и др.

Поэтому разработаны и так называемые *гибридные жесткие диски*. Такие устройства сочетают в одном устройстве *накопитель на жестких магнитных дисках (HDD)* и твердотельный накопитель относительно небольшого объема, в качестве *кэша* (для увеличения производительности и срока службы устройства, снижения энергопотребления).

В настоящее время твердотельные накопители используются не только в компактных устройствах: ноутбуках, нетбуках, коммуникаторах и смартфонах, но могут быть использованы и в стационарных компьютерах для повышения производительности [1].

Можно с уверенностью констатировать, что технологии памяти и обеспечения её энергоэффективности динамично развиваются, уже созданы экспериментальные образцы

эффективной нано-памяти порядка нескольких терабайтов, как говорится, следите за рекламой!

### Обеспечение энергоэффективности шин и устройств ввода-вывода

В связи с уменьшением размеров транзисторов практически до молекулярных параметров, определяющее значение приобретает энергопотребление соединительных проводников и задержки, вносимые ими [14]. В шинных соединениях рассеивается до трети всей потребляемой мощности [14].

Используют также уменьшение числа переключений шины путем кодирования (коды Хэмминга, Грея). Если передаются адреса, и они идут последовательно, то в дальнейшем может использоваться дополнительный разряд, а остальные разряды «замораживаются», иначе дополнительный разряд отключается и передаётся весь адрес. Кроме того, может использоваться сегментирование шины (по длине и по ширине), когда используется только активный сегмент, что обеспечивает и сокращение длины шины [14].

Предполагается также расширенное использование оптических связей, уменьшающих задержку и снижающих потери при передаче информации (преодоление «бутылочного горлышка» связей – interconnect bottleneck, введение Optical Network-on-Chip – ONoC).

Переход с ЭЛТ-мониторов на ЖК-мониторы также способствовал энергосбережению. Кроме того, ЭЛТ содержат значительные количества свинца. ЖК-мониторы, как правило, используют люминесцентные лампы. Некоторые новые дисплеи используют массив светоизлучающих диодов (LED), что уменьшает количество требуемой электроэнергии. Быстрый графический процессор может быть самым большим потребителем электроэнергии в компьютере. Поэтому разрабатываются технологии не только увеличения производительности, но и энергоэффективности, например, новая версия DirectX (Intel и Microsoft) также будет способствовать снижению уровня энергопотребления системы при сохранении высокой производительности в 3D.

### Энергоменеджмент

Кроме «метрических» стандартов на материнские платы, в последние годы активно вводятся стандарты энергоэффективности. Так, Евросоюз сформулировал требования по энергоэффективности – ErP (Energy-related Products) и EuP (Energy Using Product). По требованию ErP/EuP, система в выключенном состоянии должна потреблять менее 1 Вт энергии. Требования ErP/EuP 2.0 (вступили в действие в 2013 г.) полное энергопотребление компьютера в выключенном состоянии не должно превышать 0,5 Вт.

EPU Engine [16–18] – (Energy Processor/Processing Unit) – программно-аппаратная энергосберегающая технология, разработанная компанией ASUSTeK Computer (ASUS) и предназначенная для регулирования энергоснабжения компонентов персонального компьютера. EPU Engine присутствует на большинстве материнских плат производства ASUS, начиная с 2008 г., и позволяет динамически регулировать количество электроэнергии, потребляемой компонентами персонального компьютера.

EPU-4 Engine поддерживает четыре компонента – CPU, видеокарту, носитель информации и кулер. EPU-6 Engine поддерживает шесть компонентов: центральный процессор (CPU), чипсет, оперативную память, видеокарту, носитель информации (как правило, жёсткий диск), процессорный кулер.

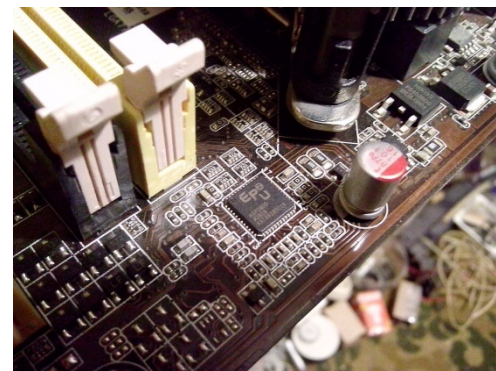


Рисунок 6 – Микросхема EPU на материнской плате ASUS P5Q SE

EPU Engine использует специальную микросхему EPU (рисунок 6), которая встроена в материнскую плату и представляет собой ШИМ-контроллер (ШИМ – широтно-импульсная модуляция) и динамически регулирует число активных каналов питания центрального процессора (CPU) в зависимости от его нагрузки.



Также EPU может изменять частоту системной шины и множители процессора, уменьшая частоту FSB (Front Side Bus – шина, обеспечивающая соединение между x86-совместимым центральным процессором и внутренними устройствами) ниже штатной и снижая до минимума множители в моменты низкой загрузки CPU, а также слегка разгоняя процессор при ее нарастании. Причем интервалы изменения частот можно изменять, а также можно настроить несколько режимов пониженного энергопотребления или разгона, чтобы потом быстро переключаться между ними.

Кроме центрального процессора микросхема EPU способна изменять режимы питания других компонентов ПК. На программном уровне EPU Engine представлена утилитой, которая взаимодействует с микросхемой EPU. В настройках утилиты можно указать режимы энергопотребления, их конфигурации. Так, для режимов можно выставить интенсивность снижения напряжения питания того или иного компонента.

При самом энергоэффективном режиме энергопотребления EPU-6 Engine может снизить частоту процессора до 30%, а его напряжение питания – до 40%. Частота оперативной памяти уменьшается на 30–40% от номинальной частоты. Системная шина между процессором и чипсетом может уменьшить частоту до 10–50% в зависимости от модели процессора. Жесткие диски отключаются, вся необходимая для работы информация хранится в оперативной памяти. Если возникает необходимость в информации из жестких дисков, то они переводятся в номинальный режим работы за 3–5 сек. Видеокарта работает в режиме повышенной экономии энергии, по заявлениям ее энергопотребление снижается на 37% от номинального значения. Процессорный кулер переходит в бесшумный режим [16].

В 2010 г. ASUS представила новую технологию «Dual Intelligent Processors» [19], которая, согласно анонсу, может «мгновенно» ускорить ПК на 37% или уменьшить его энергопотребление на 80%. Эта технология на аппаратном уровне реализуется двумя чипами, «TurboV Processing Unit» (TPU) и EPU, которые отвечают за разгон и энергоэффективность соответственно (рисунок 7).

Ultra Durable (версии 1, 2 и 3) – технология от тайваньской компании Gigabyte, призванная улучшить температурный режим и надежность работы материнской платы за счёт новой технологии, которая, например, обеспечивает удвоенную толщину медных слоев толщиной, как для слоя питания, так и для слоя заземления системной платы, что снижает полное сопротивление платы на 50%.

ACPI (Advanced Configuration and Power Interface – усовершенствованный интерфейс управления конфигурацией и питанием) – открытый промышленный стандарт, впервые выпущенный в декабре 1996 г. и разработанный совместно компаниями HP, Intel, Microsoft, Phoenix и Toshiba, который определяет общий интерфейс для обнаружения АО, управления питанием и конфигурации материнской платы и устройств [20].

ACPI выделяет следующие основные состояния «системы в целом» [20]. Глобальные состояния:

- G0 (S0) (Working) – нормальная работа;

- G1 (Suspend, Sleeping, Sleeping Legacy) – машина выключена, однако текущий системный контекст (system context) сохранён, работа может быть продолжена без перезагрузки. Для каждого устройства определяется «степень потери информации», а также где информация должна быть сохранена и откуда будет прочитана при пробуждении и время на пробуждение;

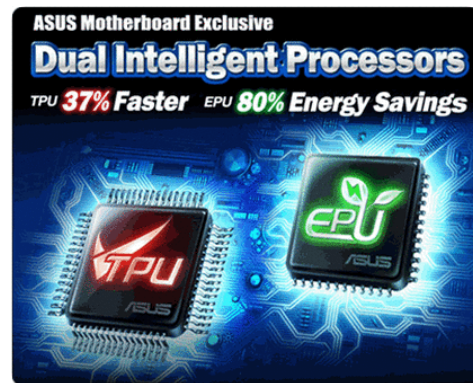


Рисунок 7 – Микросхемы для технологии «Dual Intelligent Processors» (ASUS)



- G2 (S5) (soft-off) – мягкое (программное) выключение; система полностью остановлена, но под напряжением, готова включиться в любой момент. Системный контекст утерян;

- G3 (mechanical off) – механическое выключение системы; блок питания отключен.

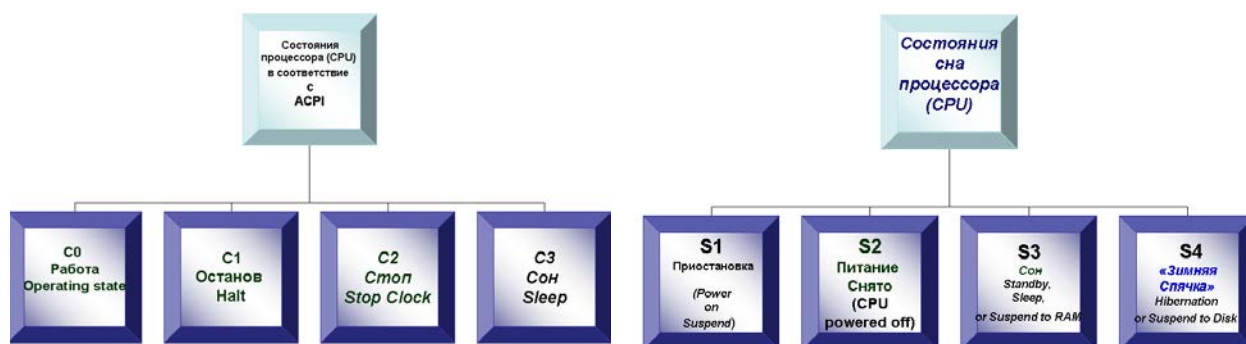


Рисунок 8 – Четыре состояния функционирования процессора

Рисунок 9 – Состояния «сна» процессора

Выделяют четыре состояния функционирования процессора (от C0 до C3) [20] (рисунок 8).

- C0 – оперативный (рабочий) режим;
- C1 (Halt) – состояние, в котором процессор не исполняет инструкции, но может незамедлительно вернуться в рабочее состояние;
- C2 (Stop Clock) – состояние, в котором процессор обнаруживается приложениями, но для перехода в рабочий режим требуется время;
- C3 (Sleep) – состояние, в котором процессор отключает собственный кэш, но готов к переходу в другие состояния.

Выделяют четыре состояния сна [20] (рисунок 9):

1) S1 – состояние, при котором все процессорные кэши сброшены и процессоры прекратили выполнение инструкций. Однако питание процессоров и оперативной памяти поддерживается; устройства, которые не требуются, могут быть отключены;

2) S2 – дополнительное более глубокое состояние сна, чем S1, когда центральный процессор отключен, обычно пока не используется;

3) S3 («Suspend to RAM» (STR) в BIOS, «Ждущий режим» (Standby) – в этом состоянии на оперативную память (ОЗУ) продолжает подаваться питание, и она остается практически единственным компонентом, потребляющим энергию. Так как состояние операционной системы и всех приложений, открытых документов и т.д. хранится в оперативной памяти, пользователь может возобновить работу точно на том месте, где он ее оставил – состояние оперативной памяти при возвращении из S3 то же, что и до входа в этот режим. S3 имеет два преимущества над следующим S4: первое, компьютер быстрее возвращается в рабочее состояние, и, второе, если запущенная программа (открытые документы и т.д.) содержит конфиденциальную информацию, то эта информация не будет принудительно записана на диск. Однако дисковые кэши могут быть сброшены на диск для предотвращения нарушения целостности данных в случае, если система не просыпается, например, из-за сбоя питания;

4) S4 («Спящий режим» (Hibernation) в Windows, «Safe Sleep» в Mac OS X, также известен как «Suspend to disk») – в этом состоянии все содержимое оперативной памяти сохраняется в энергонезависимой памяти, такой как жесткий диск: состояние операционной системы, всех приложений, открытых документов и т.д. Это означает, что после возвращения из S4, пользователь может возобновить работу с места, где она была прекращена, аналогично режиму S3. Различие между S4 и S3, кроме дополнительного времени на перемещение содержимого оперативной памяти на диск и назад, в том, что перебои с питанием компьютера в S3 приведут к потере всех данных в оперативной памяти, включая все несохраненные документы, в то время как компьютер в S4 этому не подвержен.



Рисунок 10 – Масштабирование рабочих состояний процессора

питания и частоты синхронизации показано на рисунке 10.

Международная инициатива – рейтинг Green500 оценивает суперкомпьютеры по показателю MFLOPS/W исходя из количества электроэнергии, необходимого для выполнения фиксированного набора задач [21] (рисунок 11).

Некоторые результаты представлены на рисунке 12.

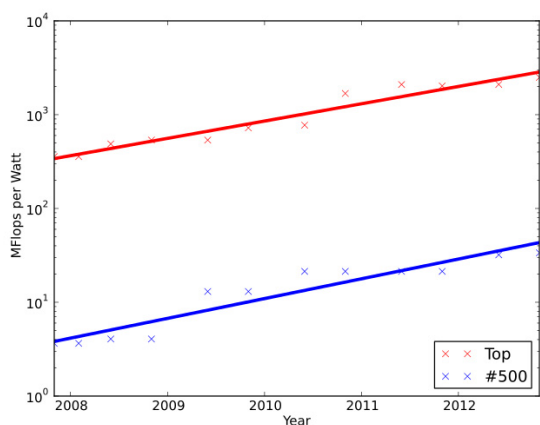


Рисунок 12 – Рейтинг Green500

Выделяют также четыре состояния функционирования других устройств (монитор, модем, шины, сетевые карты, видеокарта, диски, флоппи и т.д.) – от D0 до D3:

- D0 – полностью рабочее (оперативное) состояние, устройство включено;
- D1 и D2 – промежуточные состояния, активность определяется устройством;
- D3 – устройство выключено.

Масштабирование рабочих состояний процессора по используемому напряжению

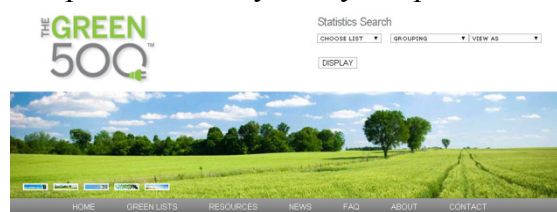
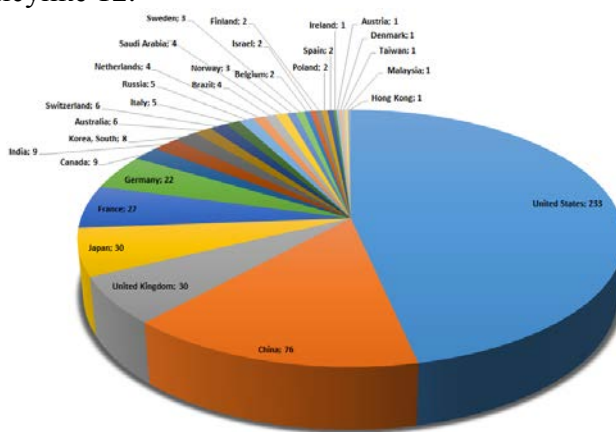


Рисунок 11 – Международная инициатива – рейтинг Green500



Supercomputer Share by Countries (June 2014)  
Source: www.top500.org

В настоящее время на первом месте – TSUBAME-KFC-GSIC1 (Токийский технологический институт) с 4,503 MFLOPS/W и общим энергопотреблением 27,78 кВт. К сожалению, в этом топе РФ представлена всего пятью (!) суперкомпьютерами.

«Зеленые» наука и образование

В настоящее время направление «зеленых» вычислений активно развивается, проводятся масштабные научно-технические конференции [22–23]. Здесь следует упомянуть оптокомпьютинг или оптоинформатику [24], поскольку использование оптической обработки информации (оптокомпьютинг, фотоника и фотонные микросхемы), использования оптических сетей на уровне электронного кристалла ONoC также могут быть отнесены к зеленому компьютерингу. Однако уже существующие сейчас фотонные микросхемы, например, в навигации, по существу пока используют аналоговую обработку информации с последующим преобразованием в электронную форму.

Проектирование микромощных устройств производства и обработки информации (Low Power Design – LPD) является одним из приоритетных направлений современной микроэлектроники [25]. Методы LPD включают совершенствование технологии (сниже-

ние паразитных емкостей за счет уменьшения размеров и снижение питающих напряжений за счет уменьшения пороговых напряжений), оптимизацию топологических размеров, разработку энергетически эффективной архитектуры больших БИС и ультрабольших интегральных схем УБИС, использование новой схемотехники [26].

Большие перспективы, как ожидается, имеет адиабатическая или термодинамически обратимая логика – АТОЛ (Adiabatic circuits) [25]. Такие схемы используют передачу накопленной энергии обратно к источнику, что основано на возможности возврата в систему энергии, затраченной на производство информации, и ее повторного использования для последующих вычислений. Практическая реализация адиабатических устройств производства информации требует создания не только соответствующей элементной базы (адиабатических базовых вентилях – логических элементов), но и адиабатических источников питания [26].

Продвигается также самосинхронная схемотехника, одной из особенностей которой является, помимо повышенного быстродействия, устойчивая работа при сверхнизком напряжении питания [27]. Это направление развивает институт проблем управления (ИПИ) РАН – группа Ю.А. Степченкова. Уже имеются примеры соответствующих микросхем. Так, компания Epsilon заявляет 70% снижение энергопотребления по сравнению с синхронной схемотехникой.

Развиваются также некоторые другие технологии, учитывающие упомянутый выше принцип энергонадежности (energy-reliability) в соответствии с предлагаемым принципом «зелёной» логики [28–33]. Так активно развивается научное направление «зелёных» программируемых логических интегральных микросхем – ПЛИС [34].

Имеются также соответствующие образовательные программы – магистерские и аспирантские, например, в Австралийском Национальном университете, в университете Атабаски (Канада), в Метрополитен университете (Великобритания) и др. [1]. Таким образом, речь идёт о «зеленой» инженерии – Green IT-engineering и даже об энергетической «сознательности» – Energy\_Awareness! Имеются также обширные интернет – ресурсы в этой области (например, [35–36]).

В 2012 г. на Украине, в Харьковском национальном исследовательском аэрокосмическом университете (Харьковском авиационном институте ХАИ) под эгидой ЕС и университета Нью-Касла (Великобритания) успешно дан старт международному проекту «Fostering Innovations on Green Computing and Communications TEMPUS GreenCo project «Технологии зеленых вычислений», финансируемому ЕС (Project Number: 530270-TEMPUS-1-2012-1-UK-TEMPUS-JPCR Grant Holder: University of Newcastle upon Tyne (UK)) [37] (рисунок 13).



**Рисунок 13 – Эмблема TEMPUS GreenCo project**

подавателей и распространение результатов выполнения проекта и запуск пилотного образовательного процесса.

Программа TEMPUS использует широкое международное партнерство – Великобритания (Университет Ньюкасла проф. К. Филипс – координатор, Лидс Метрополитен университет), Украина (Харьковский Авиационный институт (Харьковский Авиационный университет), национальный координатор Заслуженный изобретатель Украины проф. В.С. Харченко, Одесский национальный политехнический университет, Ужгородский национальный университет, Институт моделирования в энергетике им. Г.Е. Пухова НАНУ МОН), Греция (университет Иоанния), Италия (институт информационных наук и техноло-

Целями являются создание центров переподготовки специалистов и подготовки аспирантов и магистров в области «зелёных» вычислений на основе разработки соответствующих учебных программ. Предполагается разработать 4 магистерских и 7 аспирантских дисциплин. Готовятся к публикации соответствующие учебные пособия, планируется закупка оборудования. Планируется также переподготовка пре-

гий), Словакия (университет Жилины), Россия (Саратовский государственный университет им. Н. Чернышевского, Саратовский институт точной механики и проблем управления, Белгородский государственный технический университет им. В. Шухова, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Северо-Кавказский федеральный университет – Ставрополь) и др.

Основными направлениями исследований являются: создание энергоэффективного аппаратного (в том числе разработка ПЛИС типа FPGA – Green FPGA) и программного обеспечения, проблемы энергосбережения в информационно-коммуникационных технологиях, мобильные приложения, «зелёные» высокопроизводительные системы, Гар-анализ Green IT (гар – разрыв между текущим состоянием и желаемым), «зелёные» управляющие системы, Green робототехника, Green IT-технологии в системах жизнеобеспечения и др.

### **Выводы**

Таким образом, «зеленая» волна растет и ширится. Следует ожидать ужесточения соответствующих стандартов и государственного регулирования в этой области.

Современные энергосберегающие технологии компьютеров используют в качестве основного – принцип динамического масштабирования напряжения и тактовой частоты в зависимости от ситуации. Широко используются состояния «сна», которые, так же как и другие состояния, стандартизируются.

Перспективными технологиями являются оптические (фотонные) технологии, технологии создания микромощных устройств производства и обработки информации (LPD), например, изготовления специальных транзисторов 3D tri-gate transistors, которые уже используются в процессоре Haswell фирмы Интел.

Особый интерес вызывает адиабатическая или термодинамически обратимая логика – АТОЛ, а также самосинхронная (self timed) схемотехника, которые пока широко не применяются, но, видимо, их звездный час уже близится.

Тем не менее, пока относительно немногие источники подчёркивают необходимость учёта надёжности, которая входит в противоречие с требованиями снижения логических уровней – целесообразно использовать более «тонкий» показатель энергонадёжности (the energy-reliability product).

Международный образовательный проект ТЕМПУС продвигает «зеленую» тематику, по которой уже есть курсы в зарубежных университетах, в университеты России и Украины. Вероятно, соответствующие «зелёные» дисциплины в скором времени будут преподаваться не только для аспирантов и магистров, но и для специалистов и бакалавров.

### **Литература:**

1. Что такое зеленые вычисления или зеленые информационные технологии. URL: <http://nature-time.ru/2014/07/zelenyie-vyichisleniya-ili-zelenyie-informatsionnyie-tehnologii/> (дата обращения 21.10.14 г.)
2. San Murugesan, «Harnessing Green IT: Principles and Practices» IEEE IT Professional, January–February. 2008. P. 24–33.
3. Donnellan, Brian and Sheridan, Charles and Curry, Edward (Jan–Feb 2011). «A Capability Maturity Framework for Sustainable Information and Communication Technology». IEEE IT Professional 13 (1). P. 33–40.
4. [http://www.tadviser.ru/index.php/Статьи:IEEE\\_802.3az\\_-\\_Energy\\_Efficient\\_Ethernet](http://www.tadviser.ru/index.php/Статьи:IEEE_802.3az_-_Energy_Efficient_Ethernet) (дата обращения 02.11.14 г.)
5. 80 Plus. – URL: [http://www.nix.ru/support/faq/show\\_articles.php?number=684&faq\\_topics=Plus](http://www.nix.ru/support/faq/show_articles.php?number=684&faq_topics=Plus) (дата обращения 29.10.14 г.)
6. Устройство процессоров Intel Ivy Bridge. URL: <http://www.ixbt.com/cpu/ivy-bridge-architecture-2.shtml> (дата обращения 25.10.14 г.)
7. Handbook of Energy-Aware and Green Computing – Two Volume Set. URL: <http://www.crcpress.com/product/isbn/9781466501164>. (дата обращения 26.10.14 г.)



8. The Green Computing Book: Tackling Energy Efficiency at Large. URL: [http://www.crcpress.com/product/isbn/9781439819876?source=crcpress.com&utm\\_source=product\\_page&utm\\_medium=website&utm\\_campaign=RelatedTitles](http://www.crcpress.com/product/isbn/9781439819876?source=crcpress.com&utm_source=product_page&utm_medium=website&utm_campaign=RelatedTitles). (дата обращения 26.10.14 г.)
9. Архитектуры малопотребляющих процессоров и способы оптимизации энергопотребления. URL: <http://www.russianelectronics.ru/leader-r/review/2192/doc/52461/> (дата обращения 26.10.14 г.)
10. *Каляев А.В.* Микропроцессорные системы с программируемой архитектурой. М.: Радио и связь, 1984. 240 с.
11. Оперативная память DDR2 SDRAM. URL: <http://www.ixbt.com/mainboard/ram-faq-2006.shtml> (дата обращения 26.10.14 г.)
12. Оперативная память DDR3. URL: [http://perm.blizko.ru/predl/computer/computer/accessority/operativnaya\\_pamyat/DDR3](http://perm.blizko.ru/predl/computer/computer/accessority/operativnaya_pamyat/DDR3) (дата обращения 27.10.14 г.)
13. Оперативная память DDR4. URL: <http://faqhard.ru/articles/4/11.php> (дата обращения 27.10.14 г.)
14. Материнская плата. URL: <http://www.thg.ru/mainboard/> (дата обращения 27.10.14 г.)
15. DirectX 12 повысит энергоэффективность совместимых графических решений. URL: <http://www.3dnews.ru/900110/?feed> (дата обращения 29.10.14 г.)
16. EPU Engine. URL: <http://admindoc.ru/121/ePU-6-part1/> (дата обращения 27.10.14 г.)
17. IT energy management. URL: <http://www.scotthyoung.com/blog/2006/07/14/energy-management/> (дата обращения 29.10.14 г.)
18. Central processing unit power dissipation. URL: [http://www.cpu-world.com/Glossary/M/Minimum\\_Maximum\\_power\\_dissipation.html](http://www.cpu-world.com/Glossary/M/Minimum_Maximum_power_dissipation.html) (дата обращения 29.10.14 г.)
19. ASUS Dual Intelligent Processors ускоряет работу ПК и позволяет экономить энергию. URL: <http://www.ferra.ru/ru/system/news/2010/07/05/asus-dual-intelligent-processors-uskoryaet-rabotu-pk-i-razvolyaet-ekonomit-energiyu/> (дата обращения 07.11.14 г.)
20. Advanced Configuration and Power Interface (ACPI). URL: <http://www.acpi.info/> (дата обращения 07.11.14 г.)
21. Green500. URL: <http://www.green500.org/> (дата обращения 07.11.14 г.)
22. International Conference on Energy Aware Computing (ICEAC) 2011. URL: <http://www.bvents.com/event/401773-international-conference-on-energy-aware-computing-iceac> (дата обращения 25.10.14 г.)
23. The International Conference on Green Computing, Intelligent and Renewable Energies (GCIRE2015). URL: <http://www.clocate.com/conference/The-International-Conference-on-Green-Computing-Intelligent-and-Renewable-Energies-GCIRE2015/47730/> (дата обращения 26.10.14 г.)
24. Оптоинформатика. URL: <http://edu.glavsprav.ru/spb/vpo/journal/506/> (дата обращения 26.10.14 г.)
25. Adiabatic circuits. URL: <http://www.adv-radio-sci.net/1/247/2003/ars-1-247-2003.pdf> (дата обращения 02.11.14 г.)
26. *Лосев В.В.* Исследование и разработка элементной базы цифровых устройств обработки информации на основе принципа термодинамической обратимости. URL: <http://tekhnosfera.com/issledovanie-i-razrabotka-elementnoy-bazy-tsifrovyyh-ustroystv-obrabotki-informatsii-na-osnove-printsipa-termodinamicheskoy-obratimosti> (дата обращения 02.11.14 г.)
27. *Соколов И.А.* и др. Самосинхронная схемотехника – перспективный путь реализации аппаратуры / И.А. Соколов, Ю.А. Степченков, В.С. Петрухин [и др.]. URL: <http://uchebana5.ru/cont/1639604.html> (дата обращения 02.11.14 г.)
28. *Tyurin S.F.* Retention of Functional Completeness of Boolean Functions under «Failures» of the Arguments (1999) Automation and Remote Control 60 (9 PART 2). P. 1360–1367.
29. *Tyurin S.* Redundant Bases for Critical Systems and Infrastructures General Approach and Variants of Implementation [Text] / S. Tyurin, V. Kharchenko // Proceedings of the 1st International Workshop on Critical Infrastructures Safety and Security, Kirovograd, Ukraine 11–13, May, 2011 / V. Kharchenko, V. Tagarev (eds). Vol. 2. 2011. P. 300–307.
30. *Tyurin S.F., Grekov A.V., Gromov O.A.* The Principle of Recovery Logic FPGA for Critical Applications by Adapting to Failures of Logic Elements (2013) World Applied Sciences Journal 26 (3). P. 328–332. URL: 10.5829/idosi.wasj.2013.26.03.13474
31. *Tyurin S.F., Gromov O.A.* A residual basis search algorithm of fault-tolerant programmable logic integrated circuits (2013) Russian Electrical Engineering 84 (11). P. 647–651. URL: 10.3103/S1068371213110163

32. *Kamenskih A.N., Tyurin S.F.* Application of Redundant Basis Elements to Increase Self-timed circuits Reliability Proceedings of the 2014 IEEE North West Russia Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering Conference, ElConRusNW, 2014.

33. *Шалтырев В.А.* Средства и методы повышения производительности и снижения энергопотребления систем на кристалле, реализуемых на базе программируемых логических интегральных схем: дис. ... канд. технич. наук: 05.13.05 / Шалтырев Владимир Алексеевич. [Место защиты: Нац. исслед. ядер. ун-т «МИФИ»]. М., 2009. 149 с.: ил. РГБ ОД, 6110–5/537

34. Green it is as much about people as it is about technology! URL: <http://ygreenit.wordpress.com/> (дата обращения 26.10.14 г.)

35. Green Team for Green IT URL: <http://greenteamforgreenit.blogspot.com.es/> (Дата обращения 26.10.14 г.)

36. Зеленый компьютеринг и коммуникации. URL: [http://csn.khai.edu/projects/-/asset\\_publisher/9yWh0PD4WOL9/content/tempus-greenco](http://csn.khai.edu/projects/-/asset_publisher/9yWh0PD4WOL9/content/tempus-greenco) (дата обращения 30.10.14 г.)

### Green wave

*Sergey Tyurin, professor, professor of the pulpit of the automation and tele mechanical engineers, Perm national research polytechnic university*

*Yuri Alyaev, assistant professor, assistant professor of the pulpit mathematicians and naturally-scientific discipline, The Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration (Permskiy branch)*

*They are analysed main purposes, directions and technologies «green», energy saving calculations, under investigation in International educational project TEMPUS. In a short time with big share of probability «green» discipline will be taught in university not only for graduate students and masters, but also for specialists and bachelors.*

*The Keywords: green computing – «green» calculations, scaling the voltage and frequencies, energy saving, energy efficient to technologies in the field of computing, processor, memory, formation and science, international project TEMPUS.*

УДК 165.12

## КОНВЕРГЕНТНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ТРАНСФОРМАЦИЯ СТРУКТУРЫ ПОЗНАНИЯ

*Елена Александровна Никитина, д-р филос. наук, проф.*

*E-mail: nikitina@mirea.ru*

*Московский государственный технический университет радиотехники,  
электроники и автоматики*

*<http://www.mirea.ru>*

*Вступление передовых стран в общество, основанное на знаниях, развитие конвергентных технологий (нано-, био-, информационных, когнитивных и социальных технологий) свидетельствуют о формировании качественно иного уровня проектно-конструктивной деятельности человека и возрастании роли субъекта. В статье исследуется проблема единства индивидуального, коллективного (микросоциального) и социального (макросоциального) субъектов в аспекте растущей информатизации общества и автоматизации интеллектуальной деятельности человека.*

*Ключевые слова: конвергентные технологии, эпистемологии, познание, субъект, информационные технологии.*

Создание общества и экономики, основанных на знаниях, конвергентное развитие технологий влияют на гецивилизационные, геоэкономические процессы, существенно меняют жизненный мир человека [1, 2]. Обостряются проблемы, связанные с совершенствова-



Е.А. Никитина

нием и развитием среды, в которой создаются и используются знания, и, прежде всего, проблема развития системы образования как социального института, в котором формируются и развиваются интеллектуальные и профессиональные ресурсы общества, интеллектуальный капитал общества. Вместе с тем, познавательная деятельность индивида и образование с необходимостью сопряжены, соотношены с развитием культуры и социума, коллективных и социальных структур, на основе которых формируется, воспроизводится, и развивается познание человеком мира, закрепляется и передается следующим поколениям знание [1, 3, 4, 5].

Проблематика познания, знания, информации становится острой, связанной с судьбами общества, культуры, человека, поэтому эпистемология как философская теория познания, играет особую роль в культуре формирующегося общества знаний. Современная эпистемология существенно обновилась и включает в настоящее время множество методологических подходов, позволяющих исследовать различные аспекты познания, при этом в решении современных проблем познания эпистемология взаимодействует когнитивными дисциплинами [3, 4, 5, 8].

### **Технонаука, конвергентные технологии и жизненный мир человека**

Взаимодействие науки, технологий и общества в последней трети XX–начале XXI в. вступило в качественно новый этап, возникла технонаука как новая форма взаимодействия науки, производства, бизнеса и общества. Современная наука встраивается в социальный контекст, в процесс принятия социально значимых решений; научное знание становится не только конституирующим фактором экономики, но и принципом организации повседневной жизни. Технонауку нередко называют «онаученной» технологией, технологизированной наукой, ориентированной на запросы рынка. Технонаука нацелена на получение результата, который может быть воплощен в пользующуюся спросом технологию, опирается на постоянную поддержку бизнеса, инвестирующего исследования, приносящие прибыль (инновации, инновационная экономика, коммерциализация науки, «онаученный» бизнес).

С технонаукой ассоциируются, прежде всего, высокие технологии (Hi-tech), и, в последнее десятилетие конвергентные технологии. НБИК-конвергенция (конвергенция нанотехнологий с биомедицинскими технологиями, информационными технологиями и когнитивной наукой) как концепция была выдвинута в 2001 г. под эгидой Национального научного фонда США. Авторы НБИК-концепции, М. Роко и В. Бэйнбридж, полагают, что данные технологии как сложившиеся практики познания, изобретения и конструирования, по сути, эволюционно объединяются в проектно-конструктивной человеческой деятельности, и в перспективе существенно изменяют цивилизацию, культуру, экономику, управление, природу человека [1, 9, 10].

В последние годы вместо НБИК все чаще употребляется аббревиатура НБИКС (на-, био-, инфо-, когнитивные и социальные технологии), что свидетельствует об институционализации социального и гуманитарного знания в системе конвергентных технологий и социализации конвергентных технологий. Действительно, развитие технонауки, конвергентных технологий, сопровождается гуманитарными и социальными технологиями, такими как PR-технологии, реклама, и др., ведь эффективность Hi-tech зависит от общественных и потребительских ожиданий, которые не только выявляются, но и, во многом, формируются. Конвергентное развитие НБИКС-технологий представляет собой новый этап интеграции научного знания, на котором формируются принципиально новые объекты познания и деятельности, включающие физические, химические, биологические, психологические, технические, социальные составляющие [10].

Технонаука, конвергентное развитие нанотехнологий, биотехнологий, информационных и когнитивных технологий создают мощные средства для трансформации окружающей среды, социума и человека, преобразуют жизненный мир человека, который насыщается научно-техническими достижениями («умный дом», «Интернет вещей», «обо-

гашенная, дополненная реальность» и т.п.). Данные процессы характерны, прежде всего, для стран с развитой экономикой и высоким научно-технологическим потенциалом.

**«Жизненный мир» человека – это историческое и культурное понятие, в котором фиксируются определенные инварианты бытия человека, это «Я»** вместе со своей конкретной жизнью, вместе с действительной и возможной жизнью сознания каждого из нас, это мир человеческих смыслов, мир, к которому принадлежим мы все. В середине XX в. немецкий философ Э. Гуссерль, основатель феноменологии (одного из наиболее широко распространенных направлений современной философии) в своем последнем, незаконченном произведении «Кризис европейских наук и трансцендентальная феноменология» (опубликована в 1945 г.) обратил внимание на разрыв, существующий между универсальным миром идеализированных интерсубъективных объектов науки и жизненным миром, т.е. миром повседневной целеполагающей деятельности человека, являющимся «смысловым фундаментом» науки. Под кризисом наук Гуссерль понимал не кризис научного знания в принципе, а удаление науки от проблем человеческого существования. Опытнo-математическое естествознание, созданное в Новое время, по его мнению, стало наукой фактов. Оно выделило из жизненного мира научное, физико-математическое измерение, которое стало считаться главным измерением жизни и исключило проблемы человеческого существования.

Современная технонаука, и с этим сложно спорить, приближает науку к потребностям человека; в таком случае теряют смысл слова об использовании человеком науки и технологий как чего-то внешнего и чуждого, ведь технонаука, по сути, становится неотъемлемым аспектом жизненного мира. Более того, есть основания утверждать, что идентичность современного человека (соответственно, и субъекта познавательной деятельности) формируется в немалой степени под влиянием технологий [5, 6], которые определяют способы предметно-практической деятельности человека, инструментально опосредуют восприятие мира и т.д. Социализация становится техносоциализацией [5].

Современный жизненный мир формируется как активная инфо- и техносреда повседневного человеческого существования. Достаточно отметить, что, в соответствии с прогнозами, к 2020 г. к Интернету будет подключено от 30 до 50 млрд объектов. Исследователи подчеркивают при этом, что такие тенденции развития Интернета, как Интернет вещей (Internet of Things) К. Эштон, промышленный Интернет (Industrial Internet), Интернет сервисов (Internet of Services) Интернет медиаконтента (Internet of Media), Интернет всего (Internet of Everything) революционным образом изменят социум, экономику, жизненный мир человека [7].

Создание интеллектуальной, адаптивной окружающей среды, объединяющей гетерогенные системы и разнородные ресурсы [10, 11, 14], безусловно, радикально изменит жизненный мир человека: **разрушатся (и уже разрушаются)** привычные способы ориентации человека в мире, традиционные человеческие ценности, привычные представления о свободе, смысле жизни, реальности; возникнут новые риски [1, 5]. Вместе с тем, и это важно, появятся новые возможности для сохранения культурного разнообразия, разнообразия стилей жизни (благодаря диверсификации спроса и предложения).

Интенсивное развитие конвергентных технологий побуждает философию и науку к активному диалогу, взаимодействию для осмысления философско-методологических проблем, возникающих в научно-технологической сфере. Одна из проблем состоит в том, что для реализации новой функциональности Интернета необходимо обеспечить совместимость гетерогенных систем и разнородных ресурсов, что возможно в случае реализации семантической совместимости – возможности компьютерных систем обмениваться смыслами передаваемых сообщений с однозначным их пониманием вне зависимости от форм представления. Есть основания полагать, что семантическая теория информации является одним из методологических подходов, на основе которого возможна интеграция исследований НБИКС-конвергенции [1].

Соответственно, перед эпистемологией и когнитивными дисциплинами, методологией информационных наук возникают новые задачи, касающиеся разработки концептуальных средств интеграции, и, прежде всего, общего языка, понятного всем исследовате-



лям, участвующим в развитии конвергентных технологий. Данная проблема по существу является междисциплинарной и ее решение возможно на пути интеграции усилий эпистемологии, когнитивной науки и информационных наук.

### **Эпистемология и когнитивная наука**

Эпистемология как философская дисциплина, теория познания играет особую роль в культуре формирующегося общества знаний [1, 3, 4, 5]. В современной эпистемологии существует несколько крупных направлений: натуралистическое, гуманитарное, социальное, информационно-технологическое [1, 3, 5], при этом продолжается интенсивный рост разнообразия методологических подходов и концепций, что следует оценивать как положительный процесс, в результате которого расширяются объяснительные и прогностические возможности эпистемологии. Методологический инструментарий и категориально-понятийный аппарат различных направлений современной эпистемологии трансформировался под влиянием методологии специально-научного знания, дополнился понятиями из различных научных дисциплин. Процесс дифференциации эпистемологического знания нередко становился предметом острых философских дискуссий о кризисе классической теории познания, релятивизме, новых основаниях объединения наук и т.д. [5, 8].

В целом спектр методологических подходов к исследованию познания в эпистемологии достаточно широк: эволюционный, конструктивистский, феноменологический, аналитический, структуралистский, экзистенциально-антропологический, коммуникативный, информационный, вычислительный и ряд других подходов. Отметим, что некоторые подходы, в частности, информационный, применяются в различных направлениях эпистемологии, способствуя интегративным процессам в философском исследовании познания [1, 5, 8, 9].

На основе отдельных методологических подходов в эпистемологии сформировались специализированные эпистемологии (прикладное эпистемологическое знание): эволюционная эпистемология, социальная эпистемология, информационная эпистемология, компьютерная эпистемология, конструктивистская эпистемология, кибернетическая эпистемология и т.д. В них познание трактуется под влиянием определенной частно-научной парадигмы, включающей теорию, на основе которой осуществляется системное описание и объяснение функционирования объектов, относящихся к данной научной области. Посредством специализированных эпистемологий в контекст эпистемологического знания включаются и интерпретируются результаты экспериментальных исследований познания и объектно-формируемый спектр проблем. Данная функция специализированных эпистемологий важна, так как непосредственное включение экспериментальных данных в философский дискурс не всегда возможно в условиях возросшей сложности современной науки и технологии, некорректно без учета теоретической нагруженности эмпирических фактов и неэффективно без соответствующей методологической интерпретации фактов.

Одновременно, практически во всех направлениях эпистемологии, хотя и в разной степени, происходят также интегративные процессы, проявляющиеся в формировании междисциплинарных научных комплексов, исследующих познание. Наиболее зрелым междисциплинарным комплексом наук, объединенных исследованием познания, является когнитивная наука. Нацеленная на применение строгих, точных научных методов к исследованию познавательных процессов, когнитивная наука строилась по образу и подобию естественных наук, на основе гипотетико-дедуктивной модели, обеспечивающей возможность экспериментальной проверки гипотез о познании. Методологической платформой, объединившей на начальных этапах такие направления научных исследований как искусственный интеллект, когнитивная психология, компьютерная лингвистика в когнитивную науку, сформировавшуюся в 70-е гг. XX в. в США, стал вычислительный подход, на основе которого осмысливались и моделировались мышление и познание; аппаратно-техническая реализация, по сути, являлась своеобразной опытной проверкой гипотез [8]. Позже в структуру когнитивной науки вошли нейронаука, философия. Отметим, что в отечественной когнитивной науке философские дисциплины изначально входили в структуру когнитивной науки. В настоящее время методология когнитивной науки эволюционирует, как представляет-

ся, в направлении интегративного видения человека; моделирование интеллекта ориентировано на учет деятельностной природы человека и социокультурных контекстов интеллектуальной деятельности, что способствует более широкому включению в когнитивную науку философских дисциплин [1, 3, 5, 8, 9].

Соответственно, поле приложений эпистемологических исследований расширяется, устанавливаются новые отношения эпистемологии с когнитивными дисциплинами, изучающими познавательные процессы, появляется необходимость нового понимания и формулировки ряда эпистемологических проблем [1, 9, 12], в частности, проблемы субъекта познания.

### **Субъект познания в современной эпистемологии**

Границы субъектной парадигмы в современной эпистемологии, открытой для взаимодействия с другими научными дисциплинами, изучающими различные аспекты познания, существенно расширились. В современной философии субъект – это конкретный телесный индивид, существующий в пространстве и времени, включенный в определенную культуру, имеющий биографию, находящийся в коммуникативных, социальных и иных отношениях с другими людьми. Субъект познания принадлежит природе и социуму, он деятелен и рефлексивен, отражает и конструирует мир, понимает и интерпретирует его, принимает решения, действует и достигает поставленных целей [13].

Свойство «быть субъектом» возникло как инструмент адаптации и развития в условиях меняющейся, вероятностной среды познания. Основу данного свойства составляет способность осуществлять синтез самой различной, разноприродной информации из внешнего и внутреннего мира познающего человека, объединять информацию о прошлом, настоящем и будущем и превращать в знание, на основе которого осуществляется деятельность.

Изучение различных концепций субъекта в основных направлениях эпистемологии показало, что можно выделить группу представлений, в которой субъект трактуется как совокупность устойчивых, воспроизводимых реакций, функциональных систем, установок, стереотипов, социальных ролей и группу представлений, в которых субъект предстает как активно конструирующий реальность, творческий, интерпретирующий, причем во всех вариантах деятельность субъекта носит целеполагающий характер.

Формирование и динамика устойчивого и изменчивого в познавательной деятельности субъекта осуществляется на основе *сознания и бессознательного как социокультурно детерминированных, взаимосвязанных и взаимодополнительных способов познания*. Под способами познания при этом понимаются способы формирования, функционирования, использования и передачи знания. Трактовка сознания и бессознательного как способов познания позволяет интегрировать данные понятия в эпистемологию и исследовать функционирование познания в культуре и социуме на основании таких принципов как *принцип единства сознания, бессознательного и деятельности* [5].

Осознанный/неосознанный характер познания обеспечивает формирование требуемых обществу установок и стереотипов поведения, деятельности человека, находящихся в отношении корреляции к устойчивым социокультурным структурам, социокультурным нормам, стереотипам, стандартам и т.п., которые подлежат усвоению индивидом в онтогенезе и превращаются в процессе образования и воспитания в систему неосознаваемых установок и стереотипов поведения личности, а также в соответствующие функциональные системы.

Вместе с тем, осознанный/неосознанный характер познания создает возможности для свободного творчества и личностного роста.

Осознание – это рефлексивная активация субъект-объектного (субъектного) отношения с целью получения знаний для решения текущих задач жизнедеятельности. Сознание как рефлексивность – это перерыв постепенности, выведение познания за пределы непрерывного когнитивного взаимодействия человека со средой. Эволюционный смысл сознания, частью которого является самосознание, в том и состоит, что создается возможность оценки субъектом своей собственной деятельности и изменения ее для достижения тех или иных целей и удовлетворения потребностей. Благодаря сознанию, субъект познания

получает возможность моделировать потенциально осуществимые сценарии деятельности, а также возможность, опираясь на декларативную память, вербальные и невербальные средства, передать информацию вовне.

Двойственный осознанный/неосознанный характер познания, соответствующий социализированной «программе» жизнедеятельности человека, является фактором оптимизации деятельности человека в условиях вероятностной среды, обеспечивающим решение задач адаптации и развития, социализацию человека.

### **Единство индивидуального, коллективного (микросоциального) и социального (макросоциального) субъектов**

Познавательная деятельность индивида с необходимостью сопряжена, соотнесена с развитием культуры и социума. Изучение формирования и функционирования осознаваемых и неосознаваемых, явных и неявных пластов знания невозможно вне исследования коллективных и социальных структур, на основе которых формируется, воспроизводится, и развивается познание человеком мира, закрепляется и передается знание, невозможно вне анализа деятельности, взаимодействия, коммуникации, языка. Данная проблематика исследуется на основе *принципа единства индивидуального, коллективного (микросоциального) и социального (макросоциального) субъектов* [5].

Существенный интерес для понимания соотношения индивидуального и коллективного субъектов представляет исследование когнитивных функций коллективных социальных институтов и социальных структур, получившее развитие во второй половине XX в. в структурном функционализме, постструктурализме (Ж. Лакан, Р. Барт, М. Фуко, Ж. Лиотар, Ж. Делез и Ж. Гваттари и др.), феноменологической социологии Шютца, теории структуризации Э. Гидденса, концепции социального конструирования реальности Бергера и Т. Лукмана, социальной эпистемологии (Фуллер, И.Т. Касавин и др.). Вместе с тем, нельзя не отметить, что ранее, в марксистской философской традиции, в диалектическом материализме были сформулированы положения об относительности истины, зависимости общественного сознания от общественного бытия и т.д.

М. Фуко подчеркивал, что функционирование власти в обществе предполагает существование структур, не всегда осознаваемых человеком, но, тем не менее, влияющих на производство истины, постановку проблем, мышление и т.д. Структуры «исторического бессознательного», функционирующие подобно архетипам К. Юнга, получили у Фуко название «эпистемы». Эпистемы функционируют по отношению к человеку анонимно и автоматически, выполняя функцию конструирования коллективного тела государства.

Существенный интерес представляет теория структуризации Э. Гидденса, в соответствии с которой социальные структуры формируют социальные практики, а социальные практики, в свою очередь, оказывают определяющее воздействие на познание. Эффективность в контексте изучения коллективных структур, формирующих и поддерживающих индивидуальную познавательную деятельность субъекта, представляют исследования социального распределения знания, проводимые в феноменологической социологии А. Шютца. Феноменологическая модель А. Шютца основана на полагании реальной единицей познавательного процесса индивида, коллективного субъекта, общество, группу, которые на основе совокупности сохраняемых и развиваемых знаний могут обеспечить эффективное функционирование индивидов, решающих определенные жизненные задачи, исходя из поставленных целей.

Одним из сложных вопросов социального направления эпистемологии является вопрос о способах конструирования устойчивой структуры жизненного мира индивида как части социальной реальности. В концепции социального конструирования реальности П. Бергера и Т. Лукмана анализируются способы, с помощью которых социальная реальность приобретает для индивида естественный, объективный, привычный характер [15].

Четыре способа социального конструирования реальности, которые выделяют П. Бергер и Т. Лукман, таковы: первый – «опривычивание», хабиитуализация посредством автоматического воспроизведения реальности путем усвоения традиций, знаний, пред-

ставлений, накопленных предшествующими поколениями. Второй способ социального конструирования реальности связан с выделением повторяющихся образцов взаимодействия с людьми, способов предметно-практической деятельности с определенными классами объектов, т.е. с типизацией. Данный способ конструирования опирается на классификацию, типизацию, т.е. все то, что позволяет структурировать реальность и выделить в ней повторяющееся, воспроизводимое, которое можно представить в интегрированном виде каких-либо типичных сценариев. Повседневность трактуется в социальном аспекте как совокупность типизаций, создающих повторяющиеся образцы поведения и типичные сценарии. При этом разрушение привычной повседневности в случае резких социальных переориентаций (революций, кризисов) разрушает типизацию, образцы взаимодействия и, следовательно, социальную структуру. Как представляется, такое разрушение повседневности происходит в настоящее время в связи с широким распространением информационных и информационно-коммуникационных технологий, которые начинают выполнять функции коллективного субъекта (принятие решений, рационализация и т.п.).

Третий способ социального конструирования реальности – воплощение идей в соответствующем обществе, сделавшем эти идеи коллективными представлениями – это институционализация, которая закрепляет типизацию. Любая типизация уже есть социальный институт, но не все институты являются типизациями. Помимо типизированных коллективных представлений, социальные институты включают в себя роли и статусы, уставы и образцы поведения (нормы), учреждения и т.п. Но без коллективных представлений, достигнутых в результате типизации, и усилий, направленных на достижение типизации и формирование коллективных представлений в вечно меняющемся обществе (через СМИ, деятельность ученых, общественные организации, литература, образцы деятельности выдающихся людей и т.п.) устойчивость социальной структуры и стабильная деятельность социальных институтов не может быть обеспечена.

Четвертый способ социального конструирования – легитимация, обоснование правильности созданных социальных конструкций, которая необходима для передачи сложившихся институтов новым поколениям, для их обоснованности в глазах тех, кто не участвовал в их создании.

Таковы основные способы, посредством которых, по мнению П. Бергера и Т. Лукмана в результате социального конструирования окружающий мир приобретает в восприятии субъекта устойчивость и реальность. Важно также, что стремление к типизации и интеграции не устраняет культурного многообразия и даже идеологического плюрализма, так как разные социальные группы конструируют различающиеся социальные реальности.

Подводя некоторые итоги, отметим эффективность подхода, в соответствии с которым социальная реальность трактуется как конструктивная среда, содержащая необходимые структуры, институты, типизации, в которых закреплены знание и информация, передающиеся индивиду в процессе его социализации. Социум и культура – это не только внешняя среда, которую познает человек, но и непосредственный фактор когногенеза.

Индивидуальный субъект является, по сути, открытой системой, взаимодействующей со средой, поэтому в индивидуальном «Я» и индивидуальных формах человеческой деятельности и мышления субъективируется, сохраняется, воспроизводится всеобщее, коллективное, совокупное человеческое знание и культура, а также опыт человеческой деятельности. Одновременно существование культуры и социума поддерживается и развивается на основе целеполагающей, преобразующей деятельности индивида.

Устойчивыми, эпистемологически значимыми структурами социальной реальности являются социальные институты, стереотипы поведения, деятельности, нормы, дисциплинарные рамки и т.п., которые осознанно/неосознанно осваиваются индивидуальным субъектом, становятся его личностными когнитивными установками и одновременно значимым фактором функционирования социума, влияют на содержание и форму знания. Часть структур усваивается индивидом без осознания, без рефлексии и таким же способом



функционирует в виде сложившихся у индивида когнитивных функциональных систем и установок, которые могут реализоваться в деятельности индивида автоматически, под влиянием привычных «запросов» среды и потребностей человека. Социум является не просто средой, а скорее непосредственным участником процессов познания, без которого вся полнота взаимодействия сознания и бессознательного не может быть развернута, реализована и объяснена. Важно подчеркнуть, что сознание и бессознательное также формируются и функционируют в социокультурном и историческом контексте деятельности индивида.

В процессе индивидуального когногенеза у человека формируется определенный *когнитивный стиль*, который включает в себя не только инструментальную составляющую (приемы познания и т.п.), но и содержательные моменты. Основой когнитивного стиля субъекта является конкретный, онтогенетически сформированный познавательный «инструментарий», функционирующий на основе биографически обусловленного и структурированного запаса знаний, существенная часть которого функционирует на основе неосознаваемых когнитивных установок и стереотипов, функциональных систем и автоматизмов.

Когнитивный стиль можно трактовать как сочетание осознаваемых и неосознаваемых компонентов познания, а также, по мнению автора, биографически обусловленное сочетание явного и неявного знания, сформированного осознаваемым и неосознаваемым способом. В онтогенезе каждый человек вырабатывает свойственную только ему индивидуальную технологию работы с информацией, технологию превращения ее в знание, не всегда осознавая этот процесс или осознавая его с разной степенью ясности. Во многом данный процесс автоматизируется, становясь основой когнитивного стиля. Особенности когнитивного стиля проявляются также в индивидуальной динамике сознания и бессознательного, в способности дифференцировать «Я» от «не-Я», в самооценке, самосознании, самоощущении.

*Когнитивная культура личности* – это эффективная технология преобразования информации в знание в соответствии с целями человеческой деятельности. Формирование когнитивной культуры является одной из существенных задач системы образования, ведь от сферы высшего профессионального образования общество должно получать не просто профессионала, но и человека, обладающего навыками аналитического, критического, рефлексивного мышления, знающего методологию и умеющего применять методы, владеющего навыками коммуникации, диалога, взаимодействия с другими людьми на основе этических норм [17], умеющего принимать обоснованные решения, т.е. человека высокой духовной, интеллектуальной культуры. Под духовностью при этом понимается деятельный, просвещенный, жизнеутверждающий, человеколюбивый, нравственный и экологический разум.

### **Информационные технологии и проблема неявного знания**

Вместе с тем, в последние десятилетия внимание исследователей познания привлекает феномен неявного, личностного знания субъекта, которое, выступая как целостный, неартикулируемый контекст явного, рационального познания, во многом не осознается субъектом познания, не поддается полной рефлексии, что и составляет проблему при его изучении [16]. Неявное знание присутствует в структуре самых различных видов познания: научного, художественного, повседневного и т.п. Многочисленные исследования научного познания свидетельствуют о том, что неявное знание, включающее личный профессиональный опыт ученого (в том числе опыт постановки и решения проблем, опыт классификации, исследования и экспериментирования), а также знание, полученное в процессе совместной, коллективной исследовательской и экспериментальной работы (знание, передающееся «из рук в руки», усвоенное при непосредственных личных контактах, общении с другими учеными) существенно влияет на эффективность и результаты научной деятельности. Неявное знание является важным компонентом интеллектуального капитала [18].

Принятие решений также в немалой степени обусловлено неявным знанием. Разработчики экспертных систем отмечают высокий «удельный вес» неявных знаний в интеллектуальном ресурсе эксперта.

Проблема формирования и функционирования неявного знания является одной из актуальных проблем современной теории познания, а также прикладных исследований познания. Соответственно, возникает ряд вопросов: как формируется и функционирует неявное знание? Какой должна быть эффективная методология исследования неявного знания?

Феномен неявного знания проявляется в контексте более общих тенденций развития общества знаний [18]. Так, необходимость совершенствования и развития среды, в которой создаются, функционируют, хранятся и передаются знания, используемые в различных сферах деятельности человека, формирует комплекс задач, связанных с управлением знаниями, менеджментом качества, развитием информационного образовательного пространства и т.д. Все чаще задачи данного типа трактуются как разработка интеллектуальных технологий, сочетающих рациональное совместное использование интеллектуального капитала, включающего, в том числе, неявное знание, и информационных технологий для обеспечения качественного функционирования тех или иных видов деятельности человека – ведь постепенно среда существования человека насыщается информационными технологиями и сложными человеко-машинными системами, требующими эффективного управления.

Как трансформируется неявное знание, та часть человеческих знаний, которая функционирует неосознаваемым для человека способом в данном смешанном типе «субъекта», где многие функции рационального мышления автоматизированы, вынесены вовне и переданы информационным системам?

Но, вместе с тем, можно предположить, исходя из гипотезы о социокультурном способе формирования неосознаваемых установок познания и деятельности, что возрастание количества видов познания, в которых используются информационные технологии и технологии искусственного интеллекта меняет структуру неосознаваемой части познания. Одним из следствий данной тенденции является феномен «фрагментарности» сознания, наблюдающийся в настоящее время и порождающий дискуссии о «смерти» субъекта, исчезновении «Я», подобно исторически известным дискуссиям об исчезновении материи в связи с новыми научными открытиями конца XIX–начала XX в.

Вместе с тем, широкое распространение интеллектуальных компьютерных систем в различных сферах жизни общества постепенно приводит к изменению структуры познания: формируется смешанный, человеко-машинный познавательный инструментальный и комплексный тип рациональности. Действительно, в повседневной и профессиональной информационно-технологической среде жизнедеятельности человека стало привычным сочетание мышления человека и машинных вычислений, биологической памяти человека и внешней памяти на информационных носителях, коммуникации «лицом к лицу» и коммуникации, опосредованной информационными технологиями, телесного опыта в реальной жизненной среде и среде виртуальной, человеческого и машинного зрения и т.п. Разнообразные компьютерные системы, имеющие функции памяти, навигации, принятия решений и т.п., систематически используемые человеком для поиска, обработки и хранения информации, для управления, фактически становятся частью когнитивной системы человека, превращаются во внешний компонент внутреннего мышления человека.

В этой связи необходимо обратить внимание на тот факт, что в условиях компьютеризации различных сфер общества, функции коллективного субъекта начинают выполнять различные виды информационных систем, интеллектуальных систем управления и обработки информации. Данные тенденции требуют организации специальных исследований.

### **Заключение**

В заключение отметим, что эффективное формирование когнитивной культуры в современной интегрированной учебно-научной информационной среде возможно на пути

проектирования данной среды как открытой системы, включенной в культуру. Принципиально важной является трактовка данной среды именно как открытой развивающейся системы, содержащей, благодаря интернет-технологиям, информационный инструментарий для активного взаимодействия со средой и постоянного обновления (посредством ссылок) содержания, благодаря чему создается возможность открытого диалога с современной культурой и социумом, реализации межличностной и специализированной коммуникации, а также интеграция в учебный процесс социальных сетей. Ведь субъект, будь то индивидуальный, коллективный или социальный субъект – это открытая система, и формирование современного образовательного пространства и информационных ресурсов как открытых систем, включенных в культуру, обеспечит их совместное нормативное функционирование. Открытая структура интегрированной учебно-научной среды позволит выполнять исследовательские, образовательные, проективные, коммуникативные функции и соиздать такую универсальную для человека компетенцию как когнитивная культура.

#### Литература:

1. Лекторский В.А., Кудж С.А., Никитина Е.А. Эпистемология, наука, жизненный мир человека // Вестник МГТУ МИРЭА. 2014. № 2(3). С. 1–12.
2. Герасимов А.В., Герасимов В.Б., Кудж С.А., Соловьев И.В. Долговременные стратосферные платформы связи и наблюдения. Новый этап развития // Вестник МГТУ МИРЭА. 2014. № 2 (3). С. 1-12.
3. Эпистемология: перспективы развития / отв. ред. В.А. Лекторский. М.: Канон+, РООИ «Реабилитация», 2012. 536 с.
4. Lektorski V.A. Activity-Based Conceptions in Soviet Philosophy and Cognitive Science // Russian Studies in Philosophy. 2013, Summer. Vol. 52. № 1. P. 53–69.
5. Никитина Е.А. Познание. Сознание. Бессознательное. М.: Либроком, 2011. 224 с.
6. Никитина Е.А. Проблема формирования сознания и бессознательного в условиях техносоциализации // Вестник гуманитарного факультета Ивановского государственного химико-технологического университета. Вып. 7. Иваново, 2014. С. 45–51.
7. Бородин В.А. Интернет вещей – следующий этап цифровой революции // Образовательные ресурсы и технологии. 2014. № 2 (5). С. 178–182.
8. Когнитивный подход: философия, когнитивная наука, когнитивные дисциплины / под ред. В.А. Лекторского. М., 2008.
9. Информационный подход в междисциплинарной перспективе (материалы круглого стола) // Вопросы философии. 2010. № 2. С. 84–112.
10. Конвергенция биологических, информационных, нано- и когнитивных технологий: вызов философии (материалы круглого стола) // Вопросы философии. 2012. № 12. С. 3–23.
11. Лохин В.М., Романов М.П. Интеллектуальные системы управления – перспективные технологии для создания техники нового поколения // Вестник МГТУ МИРЭА, 2014. № 1(2). С. 1–24.
12. Искусственный интеллект: философия, методология, инновации // сборник трудов VIII Всероссийской конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 20–22 ноября 2014 г. / под ред. Е.А. Никитиной. В 2-х ч. М.: Радио и связь, 2014. Ч. 1. 212 с.; Ч. 2. 184 с.
13. Лекторский В.А. Эпистемология классическая и неклассическая. – М.: Канон+, 2001.
14. Никитина Е.А. и др. Новые формы взаимодействия технонауки и общества / Е.А. Никитина, А. Строганов, Г.М. Рыкова, Г.С. Епифанова // Вестник Российского философского общества. 2011. № 2. С. 131–133.
15. Бергер П., Лукман Т. Социальное конструирование реальности. Трактат по социологии знания. М.: Медиум, 1995. 323 с.
16. Никитина Е.А. Неявное знание: к проблеме формирования и извлечения знаний эксперта // Естественный и искусственный интеллект: методологические и социальные проблемы / под ред. Д.И. Дубровского и В.А. Лекторского. М.: Канон+, 2011.
17. Виттих В.А., Моисеева Т.В. Концепция интерсубъективного обучения // Образовательные ресурсы и технологии. 2014. № 3(6). С. 4–8.
18. Морковкин Д.Е. Организационное проектирование системы управления знаниями // Образовательные ресурсы и технологии. 2013. № 2(3). С. 74–80.

#### Convergent technologies and transformation of the structure of cognition

*Elena Alexanrovna Nikitina, Doctor of Philosophy, Professor, Moscow State Technical University of Radioengineering, Electronics and Automation.*

*The introduction of the advanced countries in a society based on knowledge, the development of converging technologies (nano-, bio-, informational, cognitive, and social technologies) indicate the formation of a qualitatively different level design and engineering of human activity and the growing role of the subject. The article analyses the problem of the unity of the individual, collective (micro) and social (macro-social) subjects in the aspect of the growing information society and the automation of human intellectual activity.*

*Keywords: convergent technologies; epistemology; cognition; subject of cognition; information technologies.*

УДК 37

## НОВОЙ РОССИИ – НОВОЕ ГУМАНИТАРНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

*Василий Александрович Потатуров, канд. ист. наук, доц., профессор  
кафедры психологии, педагогики и социально-гуманитарных дисциплин*

*E-mail: VPotaturov@muiv.ru*

*Московский университет им. С.Ю. Вумме*

*<http://www.muiv.ru>*

*«Главное богатство человечества – не его земные недра, не технико-экономические достижения и сопутствующие инфраструктуры.*

*Главное его богатство – богатейшие кладовые культуры, которая содержит в себе источники разнообразных альтернативных практик, до поры до времени сберегаемых в резерве, а потом оказывающихся затребованными и спасительными».*

*А.С. Панарин*

*Предметом работы является анализ возникшего глубокого противоречия, сущность которого – глубокий конфликт между культурой и цивилизацией в силу различного назначения (функций) двух составляющих деятельности общественного человека и рассогласования этих составляющих человеческой деятельности на этапе индустриального и постиндустриального развития современного общества.*

*Ключевые слова: культура, цивилизация, стратегический проект, образование, высшее образование, гуманитарное образование, общественный прогресс, научно-технический прогресс, технократизм, гуманитарные критерии образования, информация, знания, гуманитарная ответственность.*

На крутых поворотах истории, а Россия сегодня, несомненно, переживает такой сложный и драматический этап своего развития, перед обществом встает острый и мучительный вопрос – какой общественный проект необходим для успешного развития нашей страны, который бы позволил ей стать действительно суверенной державой. События последних месяцев, происходящие на Украине и вокруг Украины, не оставляют сомнений в необходимости смены стратегического курса нашей страны. Курса на превращение ее из «бензоколонки с ракетами» в подлинно суверенную державу, способную к саморазвитию. Исходные контуры такого проекта перестройки российской экономики и общества в целом были сформулированы президентом России В.В. Путиным в ряде его недавних выступлений. Прежде всего, этим можно объяснить необычайную нервозность и ожесточенность нападков со стороны стран Запада на Россию и введение ими санкций против нашей страны. Гигант, находившийся в историческом анабиозе последнюю четверть века, – зашевелился – и именно это оказалось неприемлемым с позиций стратегического доминирования, которую проводят США в современном мире.



**В.С. Потатуров**

Реализация такого проекта неразрывно связана с правильно выработанной стратегией, целями задачами ее составляющими, ресурсным обеспечением ее реализации. Успешные преобразования на путях ее осуществления зависят не только от наличия материальных



ресурсов, но и прежде всего, интеллектуального капитала, тех, кто будет осуществлять это преобразования. Мало того, именно интеллект в решающей степени формирует эту ресурсную базу и стремится эффективно ее использовать. Известный тезис о том, что «кадры решают все» как никогда актуален с позиций требований переживаемого момента. Уже сама проблема формулирования адекватного целям проекта задач, поиска и нахождения ресурсов, технологий и практик в решающей степени обусловлена наличием (или отсутствием) этого интеллектуального капитала.

Исторический опыт свидетельствует, что подлинно неисчерпаемым ресурсом общественного развития выступает только сам человек, способный к производству подлинной новизны, которую он создает на основе знаний и культурных проектов. Накопление, развитие и трансляция общественного опыта, в виде знаний и практик, как известно, осуществляется посредством институтов культуры, среди которых, важнейшим на сегодняшний день, является институт науки и образования. Материальным телом (куматоидом), посредством которого осуществляется в социокультурном пространстве и времени такая передача, выступают поколения. Поэтому в обществе сам феномен поколений, их смена – это не просто факт биологической эволюции, а важнейший инструмент развития общества как социокультурной системы, развивающейся по законам присущим только этой системе.

Отсюда непреложный вывод о месте, роли и значении образования в обществе. В условиях его трансформации, развивающейся на основе принципов сформулированных в проекте, функция института образования, значительно расширяется и усложняется. Образование, помимо всего прочего, должно выполнять свою историческую миссию по реализации этого стратегического курса – подготавливая соответствующие кадры, способные понимать глубокие метафизические смыслы преобразований, быть на высоте тех задач, которые им придется решать. Мало того, само образование играет роль стратегического компаса, по которому сверяется развитие страны, оно само выступает важнейшим критерием верности этого курса.

Развивая дальше разговор о реализации стратегического проекта необходимо поставить важнейший вопрос: «чему и как учить» молодые поколения. Какой образовательный продукт необходим для подрастающего поколения на конкретном этапе исторического развития, какие человеческие и профессиональные качества и характеристики мы стремимся получить в ходе образовательного процесса. Сегодня этот вопрос с особой остротой стоит перед российским обществом.

Из вышеизложенного можно сделать вывод, что успешная реализация такого масштабного проекта неизбежно меняет место и роль образования, его содержание, методику и методологию преподавания. Без учета этих обстоятельств образование, как общественный институт, не сможет выполнить своего историческую миссию.

Это особенно актуально в отношении гуманитарного образования. Анализ составляющих гуманитарное образование, его содержание и функции выступают предметом исследования данной проблемы. Важность и актуальность такой постановки вопроса определяется тем, что современная эпоха полна глубоких и, увы, не всегда успешно разрешаемых противоречий, которые в сильнейшей степени определяют вектор общественного развития, причем далеко не всегда в желательном для общества направлении.

Сегодня общество быстро вступает в эпоху информационного общества. Это происходит буквально на наших глазах. Техническая составляющая общественного развития буквально потрясает. Однако научные исследования этих процессов не дают нам основания для оптимизма. В чем же дело. На наш взгляд, суть дела состоит в том, что сама природа, и все что связано с материальной инфраструктурой общества являются лишь ресурсом материальных составляющих и инструментарием, они не несут в себе ни блага, ни зла. Они амбивалентны. Поэтому только от человека зависит – чему будут служить эти разбуженные человеком силы и созданные им техники и технологии добру и созиданию, или злу и разрушению.

Восторгаясь достижениями научно-технического прогресса, теми положительными результатами, которые были достигнуты человечеством на этом поприще, мы как-то мало обращаем внимание на то, что в мире уже давно произошел закат оптимистической веры в

общественный прогресс, выраженный в философии модерна. Мир сегодня пребывает в сумерках постмодерна, доминантой которого является пессимизм.

В чем глубинная причина таких фундаментальных изменений парадигмы общественного сознания. На наш взгляд, истоки ее коренятся в недооценке эвристических возможностей культуры и в переоценке цивилизационного потенциала развития человечества. Одним словом они коренятся в противоречивой деятельности самого исторического общественного человека, которая выступает в двух взаимосвязанных формах: культуры и цивилизации. Через них он выражает свою социальную природу.

В своем исследовании автор придерживается точки зрения, согласно которой цивилизация и культура выступают синхронными составляющими общественной природы человека. Начало человеческого творения проходило в сложном симбиозе культурных проектов очеловечивании того, что постепенно превращалось в человека, подкрепленных «умелыми руками» формирующейся цивилизационной составляющей. Этот процесс достаточно полно описан и обоснован в орудийно-трудовой теории культуры.

Под цивилизацией автор понимает не только материальный мир артефактов, создаваемых человеком, к ней относится вся совокупность общественных техник и технологий, а также связанных с ними организационных принципов, структур и социальных институтов, позволяющих более эффективно функционировать обществу, создавая более или менее сносные условия пребывания человека в социуме. В цивилизации выражается, прежде всего, рациональная составляющая человеческой природы и все, что связано со стремлением человека освоить материальный мир, опредметить его. В культуре человек отражает самого себя, свое отношение к миру и к себе подобным через смыслы, символы и системы ценностных координат, которые и выражают собственно мир человека.

Многие тысячелетия в процессе взаимодействия культуры и цивилизации доминировала культура, она определяла не только духовные, религиозные смыслы, но и устанавливала направления и границы человеческой деятельности в материальном мире. Однако по мере развития инструментально-орудийной деятельности и возникшего на этой основе общественного разделения труда, появления городов и ремесла, цивилизационная составляющая, стала все больше выходить из-под контроля культуры, все более приобретала самодовлеющее начало. Именно с этого, как мы знаем, начинается в школе изучение феномена цивилизации.

С развитием общества и дальнейшим процессом углубления гетерогенности, общество во все большей степени начало нуждаться в материальных благах и инструментарии, которые услужливо предоставляла человеку цивилизация. Особенно это ярко выразилось в процессе рождения индустриального общества, фундаментом которого является машинная техника и технологии. С сожалением приходится констатировать, что в современных условиях, в обществе все более явно доминируют цивилизационные начала, которые детерминируют всю ткань и характер общественных отношений, вытесняя культуру на задворки, объявляя ее архаикой. Общественные условия все более подчиняют человека голой рациональности, превращая его самого в функцию. Общественное бытие, все более трансформируясь под воздействием цивилизационной составляющей, делает человека составным элементом современной «мегамашины» (Л. Мэмфорд). Можно сказать, что культура, как человекотворящее пространство смыслов и ценностей, была привнесена в жертву цивилизационным соблазнам. Как отмечал Ж.Ф. Лиотар, в отличие от живого организма, такая мегамашина не может развиваться, т.е. совершенствоваться в силу внутренней потребности достигнуть своего телоса (цели). Функция этой машины сводится к внешней, прикладной, в основе которой лежит не саморазвитие, а увеличение эффективности и производительности. Поскольку у машины не может быть целей, то выполнение этой функции и есть целевое назначение такой машины, т.е. сохранение ее устойчивости. В этой технократической модели нет места историческому развитию. Проедая ресурс развития, такая система рано или поздно погибает. Строго говоря, мир качественной новизны по своим лекалам красоты, добра и истины творит только культура, техника и технологии выполняют лишь функции инфраструктурного обеспечения в рамках реализации того или иного культурного проекта.

Можно сказать, что культура, как основополагающий базис развития человека и общества, в период развития машинной цивилизации была принесена в жертву индустриальному рывку, которое сейчас переживает человечество. Поэтому и плата за это немалая.

Создав этот могущественный и одновременно сложнейший механизм, человек, освободив себя от многотрудных обязанностей, невольно стал пленником созданной им же системы, превратившись при этом в «винтик», в совокупную функцию этого механизма. В этой связи, как отмечал Ж.-Ф. Лиотар, целью высшего образования становится не формирование национальной элиты, носительницы метанарратива об освобождении нации, а производство винтиков для общества-машины. Развивая дальше мысль, Лиотар подчеркивает: «В контексте утраты легитимности (делегитимации) университеты и институты высшего образования подчиняются отныне требованию формирования компетенций, а не идеалов: столько-то врачей, столько-то преподавателей той или иной дисциплины, столько-то инженеров, столько-то администраторов и т.д. Передача знаний не выглядит более как то, что призвано формировать элиту, способную вести нацию к освобождению, но поставляет системе игроков, способных обеспечить надлежащее исполнение роли на практических постах, которые требуются институтам».

Одним из феноменов такой трансформации общества стал феномен отчуждения, замеченный и описанный еще в XIX в. К. Марксом. А в XX в. Г. Маркузе обнаружил в обществе новую социальную реальность в виде «одномерного человека».

Опыт общественного развития двух последних столетий, и особенно XX века, ставит под сомнение оптимистическую идею поступательного развития общества на путях общественного прогресса, сущностью которого, по мысли творцов этой доктрины, является творческое саморазвитие человека, а высшим критерием – мера его свободы. Но парадокс как раз и состоит в том средства и цели были неадекватными. Монтировался только внешний по отношению к человеку мир, цивилизация услужливо представляла человеку свои достижения. Отсюда возникла иллюзия, что на путях научно-технического прогресса общество сможет достичь таких параметров, в рамках которого будет достигнута известная социальная гармония. Однако технократическая подоплека этой идеи стала отчетливо обнаруживаться уже в начале XX в. Практика показала, что без активнейшего участия в этом процессе культуры, человек не мог обрести ни свободы, ни новых смыслов, ни новых ценностей. Даже попытка создания нового общественного строя в нашей стране, целью которого были объявлены справедливость, свобода и социальное равенство, на деле обернулись игнорированием этих главных ценностных смыслов и закончились всем тем же инструментальным оптимизмом, который похоронил, без сомнения, великий проект. Таким образом, можно констатировать, что недооценка человекотворящей функции культуры значительно обедняла и обедняет содержание общественного процесса. А ведь еще мудрость нашего народа сформулировала глубокую мысль, что «не хлебом единым жив человек».

Конечно в рамках представленного анализа, явно недостаточно видеть истоки доминирования цивилизационной составляющей только в этом. Отставание темпов культурного развития и даже деградации культуры в немалой степени, а возможно и большей, объясняются тем, что цивилизационная составляющая общественного развития обладает значительно большим кумулятивным эффектом. Продукты и достижения цивилизации, обладают способностью быстро накапливаться, и новые поколения получают их в готовом виде, не затрачивая при этом больших духовных усилий по их освоению и использованию. Эти продукты обладают несомненной, наглядной прагматической ценностью. Поэтому они быстро усваиваются и занимают важное место в системе ценностных ориентаций и предпочтений человека. Они как бы замещают в процессе удовлетворения человеком его потребностей, вытесняя при этом и культуру.

Совсем другое дело освоение культуры, ее основополагающих смыслов и ценностных парадигм. Этот процесс требует больших интеллектуальных и душевных затрат. Освоение культуры начинается практически с «белого листа» в процессе инкультурации и социализации. Каждое поколение, вступающее в общественную жизнь, приходится заново

приобщать к ценностям культуры, воспитывать, закладывать основы нравственности. Таким образом, приобщение к культуре воспитание человека, является крайне сложным, затратным процессом общественного производства, скорость которого определяется некими объективными параметрами человеческой природы. Это в немалой степени объясняет возникающую асинхронность и динамический разрыв между темпами культурного и цивилизационного развития общества.

В немалой степени это можно объяснить и тем, что освоение культуры идет через сложный процесс ее духовного освоения, тогда как плоды цивилизации такого освоения не требуют. Яркий пример: когда человек хочет освоить какой-либо музыкальный инструмент, то это требует от него, помимо таланта, больших духовных усилий. И совсем другое дело воспроизвести музыку, нажав рычаг магнитофона.

Отставание культурного развития от цивилизационного, как показывает практика, весьма опасно для общества. Сегодня накоплен громадный энергетический и технический потенциал и общество в целом далеко не всегда способно распорядиться этим амбивалентным богатством. Ярчайшим подтверждением этого является развитие научно-технического прогресса, который подчинен не высшим метафизическим ценностям человечества, а узкокорыстным интересам власть имущих, и предержавших собственность, которые реализуют свой интерес посредством «невидимой руки» рынка. Отсюда все более участвующие техногенные катастрофы. Таким образом, вектор общественного развития определяется все тем же цивилизационным средством – какой из себя представляет рынок.

Недооценка культурной составляющей в развитии общества дорого обходится обществу. В свое время академик В. Легасов, анализируя причины Чернобыльской катастрофы, отмечал, что они в немалой степени были порождены тем, что люди, управлявшие этой станцией, не читали Толстого, Достоевского, Чехова. Этот парадоксальный вывод, сделанный известным советским ученым-физиком, заставляет по-новому взглянуть на многие проблемы современного общественного развития. Техника по природе вещей не может обуздать дикость, варварство, эгоизм. Это может только культура. Необходимость дальнейшего развития гуманитарного знания и образования сегодня является насущной проблемой дня. Только гуманитарное измерение достижений научно-технического прогресса и потенциальных опасностей, которые он несет, позволят сделать его эффективным средством в достижении материальных благ, или в противном случае он сможет стать источником неисчислимых бедствий. На это недвусмысленно указывали великие учёные современности (А.И. Пригожин, Н.Н. Моисеев).

Особый характер диалектики взаимодействия культуры и цивилизации нашел свое отражение и ярко проявился в образовании: и в средней и в высшей школе. Изгнав из школы церковное образование, мы, к сожалению, не заменили его по-настоящему глубоким гуманитарным воспитанием и образованием. В нашей школе, в рамках гуманитарной подготовки, до сих пор определяющей остаётся знаниевая парадигма. Гуманитарное знание, по своей природе направленное на постижение человеком себя и преобразование самого себя и мира людей, в сущности, остается внешним по отношению человеку знанием. Оно не связано с системой воспитания. У нас до сих пор в школах висят плакаты, что «математика является царицей наук». Не имея ничего против математики, тем не менее, стоит напомнить, что этимология термина «образование» восходит к идее образа бога.

Сегодня в системе образования широко используется компьютер. Однако большинство преподавателей с тревогой отмечают резкое падение когнитивных способностей учащихся средней и высшей школы. Дело в том, что современные электронные поисковые системы услужливо и необычайно эффективно предоставляют нам информацию. На этом, как правило, процесс познания и заканчивается. А ведь процесс познания с поиска и накопления информации только начинается. Студент должен освоить эту информацию, преодолеть возникающие пороги интеллектуального затруднения, решить ту или иную задачу и превратить информацию, в системное образование – знание. Однако, как правило, информация так и остается информацией. А поскольку она не пропускается через интеллект,



не осмысливается, то никакого приращения знания нет. Интеллектуальное развитие при такой учебе не наблюдается. Отсутствует и кумулятивный эффект, поскольку знание не прибывает, и накапливать нечего, а значит, и нет приращения новой качественности и в системе знаний. В отношении гуманитарного знания автор обращает особое внимание, на процесс формирования важнейшего компонента личностной характеристики – уровень мировоззрения. Автор работает в высшей школе тридцать пять лет и его преподавательская практика и опыт позволяют говорить о чрезвычайно узком, стремящемся к нулю мировоззренческом горизонте многих современных студентов, которые весьма преуспели в использовании информационных технологий.

Для современного образовательного процесса характерна его мощнейшая информационная составляющая, которая ярчайше представлена в компьютеризации. Компьютер, можно сказать, вошел в плоть и кровь современного общества. Это мощное средство сегодня, в решающей степени определяет, характер и содержание современных образовательных технологий. Казалось бы – живи и радуйся. Однако образовательное сообщество все больше проявляет по этому поводу не радость, а тревогу. И прежде всего в том, что процесс информатизации все больше подменяет образовательный, воспитательный и педагогический процесс, который неразрывно связан с формированием такого продукта образовательного производства – как гармонически сформированная, богато и разносторонне развитая современная личность, умеющая сопереживать, творить и созидать. Особенно это остро проявляется в сфере гуманитарной подготовки, где помимо простого восприятия информации требуется эмоциональное, духовно-нравственное восприятие, без которого теряется гуманитарный смысл и педагогический эффект. Поскольку это знание если и можно назвать инструментальным, то предметом его воздействия выступает не окружающий мир, а человек, общество. То есть это знание направлено на познание и совершенствование нас самих. В процессе освоения гуманитарной информации и трансформации ее в гуманитарное знание, в отличие от других типов знания, ведущим и определяющим является некий диалог, дискурс, без которого это знание остается пустой формальностью, в сущности все той же информацией, которая так и не превращается в убеждения, нравственную и гражданскую позицию. Недаром существует точка зрения, согласно которой информация – это знания лишённое смысла.

К сожалению, сегодня сам информационный инструментарий, который стремится к тотальности, подчиняет своей логике цели и смыслы образования. Знания все более подменяются, замещаются информацией. Мышление будущих выпускников все более оснащается технологичностью и инструментальностью. Однако такие технологии создают серьезные затруднения у обучающихся в понимании гуманитарных смыслов. Они оказываются не способными понимать их и отвечать на гуманитарные запросы человека и общества. По данным Академии Образования за минимально короткий пятилетний период, начиная с 2008 г., резко снизилось, например, когнитивное развитие детей дошкольного возраста. У 25% детей младшего школьного возраста отмечается недостаточная социальная компетентность, беспомощность в отношениях со сверстниками, неспособность разрешать простейшие конфликты. При этом прослеживается опасная тенденция, когда более 30% самостоятельных решений, предложенных этими детьми, имеют явно агрессивный характер. И это, к сожалению, видимо еще не предел. Значит, в сущности, возникает мощная тормозящая сила, все более сдерживающая процесс социального развития страны. Поэтому далеко не случайно, что в современной России информатизационная составляющая крепнет, а общество, в культурном смысле, все больше дичает.

Если это перевести на более высокий уровень, то формирующаяся современная элита России, все более утрачивает гуманитарные ориентиры общественного развития. Уже не высокие гуманитарные цели определяют развитие общества и его перспективы, а инфраструктурная составляющая, становится сама по себе определяющая вектор общественного развития.

Таким образом, можно сделать вывод, что современные образовательные технологии, основанные на информатизации и компьютеризации в сфере производства гуманитарного знания и образования, дают совсем не тот образовательный и педагогический эффект, который от него ждет образовательное сообщество и социум в целом.

Задача науки состоит в том, чтобы понять объективную и субъективную природу данного противоречия, выработать соответствующие образовательные технологии, соответствующие природе гуманитарного знания и образования. В этом автор видит смысл такой постановки вопроса и соответствующего ответа на вызовы, которые ставит общественная практика перед современным образованием.

Созданное усилиями современной цивилизации общество потребления сегодня упорно диктует свои вызовы и определяет поведение миллионов людей. Это ярко проявляется в поведенческой парадигме современной молодежи. Значительная часть современных студентов рассматривает образовательную услугу через призму рыночной процедуры: «пришел – заплатил – получил». Следует отметить, что сама природа знания несовместима с таким подходом. Знания нельзя купить, или получить. Студенты получают только методически обработанную информацию вербально, с помощью поисковых систем или книг. И только интенсивные интеллектуальные усилия самих учащихся превращают эту информацию в знания. Задача преподавателя – методически правильно подавать учащимся эту информацию, формировать направления их поисков, направлять энергию их самоактуализации на развитие интеллекта, культуры мышления, расширение мировоззренческих горизонтов. Однако следует это признать, ценности общества потребления упорно воспроизводятся в сознании молодого поколения.

Все перечисленные выше факторы и факты свидетельствуют о наличии неких объективных причин, которые затрудняют повышение эффективности образования, в том числе и гуманитарного. Однако хотелось бы обратить внимание и на субъективные моменты, затрудняющие реализацию целей, заложенных в образовательный процесс. Прежде всего, хотелось бы обратить внимание на то, что в рамках современной образовательной политики образовательный процесс стремится удовлетворить не столько потребности в образовании самих студентов, сколько потребности бизнеса в необходимых ему агентах производства – менеджерах, экономистов, юристов, инженеров и т.д. Поскольку количество профессий в современном общественном производстве стремится к бесконечности, то ширится и растет количество направлений подготовки кадров. Одновременно лавинообразно нарастает количество учебных дисциплин, которые должны обеспечивать те или иные направления подготовки. В этой ситуации особой деформации подвергается гуманитарное образование, страдает процесс формирования культуры познания. Дробность предметов не позволяет студентам ухватывать их суть. В их головах формируется (если формируется!) мозаичное панно из различных потоков информации, мало связанное между собой. Дело доходит до курьезов. Такие основополагающие науки гуманитарного блока как история, философия, логика, психология, педагогика, социология раздроблены на множество мелких фрагментов, которые изучаются в рамках спецпредметов. Например, история России, читается в рамках учебной дисциплины «История», «Отечественная история» и «История России». Та же тенденция просматривается в рамках психологии, педагогики и других учебных дисциплин. На мой взгляд, нельзя объять необъятное. Задача высшей школы состоит в том, чтобы помочь студентам, будущим специалистам и гражданам нашей страны овладеть, прежде всего, культурой мышления. Что предполагает выработку навыков системного анализа, способности к обобщениям и выработки выводного знания, поиску и нахождению алгоритмов решения тех или иных задач. Целостное гуманитарное знание при этом предполагает наличие широкого научного кругозора, и мировоззренческой составляющей, без которой человек не сможет выработать важнейшего гуманитарного качества как убежденность. Без этого нельзя говорить о наличии гражданской позиции. Гуманитарное образование должно стать инструментом самопознания, самовоспитания, самоактуализации в процессе формирования личности. В рамках гумани-

тарного образования должна формироваться гуманитарная ответственность. В этом автор видит важнейшее предназначение гуманитарного знания.

В этой связи необходимо вновь поставить вопрос о широко используемых сегодня методах контроля. Введение в систему итогового контроля тестов резко снижает уровень гуманитарной подготовки, поскольку гуманитарное знание с большим трудом поддается формализации. Хотя следует признать, что тесты в качестве промежуточного контроля могут быть вполне приемлемым средством.

В современной образовательной парадигме необходимо включить как системный - принцип взаимосвязи всего комплекса учебных дисциплин с ценностными смыслами культуры. Уже первые шаги на этом пути просматриваются. Например, в учебный процесс на экономических факультетах введена учебная дисциплина «Философия экономики». На юридических факультетах некоторых университетов читают «Юридическую антропологию». Признаться это радует. Ибо, как сформулировал в свое время Протагор: «Человек есть мера всех вещей». Резюмируя вышеизложенное, хотелось бы в заключение подчеркнуть, что потребность в новом гуманитарном образовании и воспитании это не прихоть, не каприз, а жесткое требование современной эпохи. По аналогии с гуманитарным измерением НТП, необходимо формировать принципы гуманитарного измерения и гуманитарных критериев качества всей системы современного образования в России. Ресурс такого стратегического фактора как время уже исчерпан, исчерпан и ресурс ползучего прагматизма. Дело, заключается в глубоком осмыслении и изменении далекого от идеалов культуры общественного устройства современной России.

#### Литература:

1. Гусев Д.А. Логическая культура в преподавательской деятельности // Преподаватель XXI век. 2005. № 1. С. 15–21.
2. Гусев Д.А. К вопросу о содержании учебного курса философии в средней и высшей школе // Наука и школа. 2004. № 4. С. 2–7.
3. Гусев Д.А. Мировоззренческая ориентация преподавателя социально-гуманитарных дисциплин в образовательном процессе.
4. Климов С.Н., Музяков С.И. Образование и профессиональная культура: противоречия, проблемы и подходы к их разрешению // Армия и общество. 2012. № 1(29). С. 48–53.
5. Лиотар Ж.-Ф. Состояние постмодерна. М.: Институт экспериментальной социологии; СПб.: Алетейя, 1998. С. 53.
6. Музяков С.И. Информационные и межкультурные коммуникации через призму скептической парадигмы мышления // Образовательные ресурсы и технологии. 2014. № 5.
7. Осипова Н.В. Современный университет как социальный институт: автореф. дис. ... канд. соц. наук / МГУ им. М.В. Ломоносова (МГУ). М., 2004. 16 с.
8. Потатуров В.А. Культура и цивилизация: диалектика взаимоотношений (методологические аспекты) // Образовательные ресурсы и технологии. 2014. № 3. С. 52–62.
9. Рыбакова Н.А. Художественно-творческая самоактуализация учителя музыки: вопросы теории и практики. Монография. Бийск: РИЦ БПГУ имени В.М. Шукшина, 2005.
10. Рыбакова Н.А. Воспитание у школьников качеств самоактуализирующейся личности на уроках музыки // Педагогика искусства: электронный научный журнал. 2012. № 2. URL: [http://www.art-education.ru/AE-magazine/archive/nomer-2-2012/rybakova\\_12\\_june.pdf](http://www.art-education.ru/AE-magazine/archive/nomer-2-2012/rybakova_12_june.pdf). 7 с.
11. Трыков В.П. Формирование теоретической модели современной высшей школы: постмодернистская концепция высшего образования Жана-Франсуа Лиотара // Знание. Понимание. Умение. № 3. 2012. URL: [http://www.zpu-journal.ru/e-zpu/2012/3/Trykov\\_Lyotard-Conception-Higher-Education/](http://www.zpu-journal.ru/e-zpu/2012/3/Trykov_Lyotard-Conception-Higher-Education/)
13. Быков А.К. А.С. Макаренко: к дискуссии о творческом наследии // Образовательные ресурсы и технологии. 2013. № 1. С. 19–24.
14. Аркова Т.И. Гуманитарное образование как основа преемственности духовно-нравственных ценностей // Образовательные ресурсы и технологии. 2013. № 1. С. 99–103.

15. Левкина Т.В. Интерпретация роли династии Романовых в укреплении российского государства на уроках истории в общеобразовательной школе // Образовательные ресурсы и технологии. 2013. № 1. С. 25–32.

16. Исаев Е.А. Культурное самоопределение студентов в языковой образовательной среде вуза // Образовательные ресурсы и технологии. 2013. № 1. С. 59–63.

17. Гусев Д.А. Мировоззренческая ориентация преподавателя социально-гуманитарных дисциплин в образовательном процессе // Образовательные ресурсы и технологии. 2014. № 4. С. 62–69

#### **New Russia – a new liberal education**

*Vasily Aleksandrovich Potaturov, Ph.D., Professor, Chair of psychology, pedagogics and social and humanitarian disciplines, Moscow Vitte University*

*The subject of this work is the analysis emerged a deep contradiction – the essence of which, a deep conflict between culture and civilization in force for various purposes (functions) of the two components of the activity of social man and misalignment of these components of human activity on the stage of industrial and post-industrial development of modern society.*

*Keywords: culture, civilization, strategic project, education, higher education, Humanities, social progress, scientific and technological progress, technocratism, humanitarian criteria of education, information, knowledge, humanitarian responsibility.*



### ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Московский университет имени С.Ю.Витте предоставляет своим студентам разные формы обучения, соответствующие потребностям разных групп абитуриентов.

#### ОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

Очная форма обучения позволяет получить самые глубокие знания в рамках изучаемой программы, благодаря постоянному контакту и взаимодействию с преподавателями. Знания даются дозированно и постепенно, с заранее рассчитанной интенсивностью, благодаря чему они наиболее эффективно и просто запоминаются и откладываются в голове.

#### ЗАОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

Заочную форму обучения выбирают работающие люди, которые зачастую живут далеко от вуза. Лекции на заочном отделении обычно проводятся непосредственно перед сессией. Значительная часть образовательного процесса основана на самостоятельной работе с источниками.

#### ОЧНО-ЗАОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

Очно-заочная форма обучения — это возможность получить высшее образование без отрыва от работы, при этом, в учебной программе остается достаточное количество лекционных и семинарских часов, и самостоятельное освоение материала ограничено.

#### ЗАОЧНАЯ ВЫХОДНОГО ДНЯ

Одним из результатов адаптации вуза к потребностям студентов является заочная выходного дня форма обучения. Такая программа позволяет сочетать обучение и работу, так как в этом случае занятия проводятся в удобное время в выходные дни.

#### ДИСТАНЦИОННАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ

При дистанционном обучении современные технологии становятся мостом между студентом и преподавателями, позволяя получать высшее образование из любой точки планеты, не выходя из дома. Обучение в этом случае проходит в удобном ритме, выбранным самим студентом, но также предполагает достаточно тесное взаимодействие с преподавателями — тьюторами, призванными давать разъяснения и рекомендации в процессе изучения выбранных курсов.



### ИННОВАЦИИ В ОБРАЗОВАНИИ

#### Обучение с использованием дистанционных образовательных технологий



Мы используем систему e-learning, предполагающую контакт преподавателя и студента в рамках виртуального пространства.

#### Центр компьютерного тестирования

Мы используем автоматизированную систему тестов для оценки качества подготовки каждого студента или группы в целом.

#### Персональный портал студента

Наши студенты имеют доступ к студенческой почте и персональному portalу, на котором находится электронная библиотека, а также другие функции и службы, облегчающие течение учебного процесса.

#### Система Антиплагиат

Московский университет имени С.Ю.Витте — один из немногих вузов, студенческие работы в которых систематически проверяются на самостоятельность, что способствует более адекватной оценке знаний учащихся, их интеллектуальному росту и развитию научной и творческой инициативы.



#### Электронный научный журнал

«Вестник Московского университета имени С.Ю.Витте» — издание, рекомендованное ВАК. Развивается по трем направлениям: Экономика и Управление; Юридические науки; Психология, педагогика, образовательные ресурсы и технологии.