

В статье кратко рассмотрено состояние разработки отечественных аппаратурно-технических средств и программного обеспечения геофизических методов разведки. Анализ показывает, что практически по всем направлениям геофизических работ на суше Россия имеет достаточно продвинутые собственные разработки для выполнения всех видов геофизических работ, в течение ряда лет находящие определенное коммерческое применение. По качественным характеристикам отечественное оборудование и программное обеспечение в области сейсмических и других геофизических методов незначительно уступает самым современным западным разработкам. Однако ведущие российские нефтяные и сервисные предприятия предпочитают закупать и использовать дорогое импортное оборудование даже тогда, когда решение задачи может быть получено с использованием отечественных средств. В современных геополитических условиях, резком усилении санкционного давления на Россию, необходимо существенное увеличение использования отечественных программно-технических средств, расширение объемов инновационных разработок, не уступающих лучшим импортным образцам.

Ключевые слова: импортозамещение, новые разработки, геофизика, программные системы, инновации.

Varlamov A.I., Gogonenkov G.N. Geophysical exploration for oil and gas: current status and problems of import substitution.

The paper briefly discusses the status of Russian hardware and software development for geophysical exploration. The analysis shows that in practically all the disciplines of the onshore geophysical works in Russia have the rather advanced in-house solutions. In recent years they found a certain commercial use in all geophysical operations. In terms of qualitative characteristics, Russian hardware and software products for seismic and other geophysical operations are only slightly inferior to the cutting-edge western developments. However, leading Russian oil and service companies prefer to purchase and use an expensive imported equipment even when a task can be solved using home-made software and hardware tools. In the current geopolitical situation and a sharp increase in sanctions pressure on Russia, there is a need for a substantial scaling up of domestic software and technology use and an expansion of innovative developments that are no inferior to the best imported analogues.

Keywords: import substitution, advanced development; geophysics; software systems; innovations.

Варламов Алексей Иванович, доктор геолого-минералогических наук, научный руководитель ФГБУ «ВНИГНИ». 105118, Москва, Шоссе Энтузиастов, дом 36. E-mail: sec@vnigni.ru.

Varlamov Aleksey Ivanovich, Dr. Sc. in Geology and Mineralogy, Academic Director, FGBU «VNIGNI». 105118, Moscow, Shosse Entuziastov, 36. E-mail: sec@vnigni.ru.

Гогоненков Георгий Николаевич, доктор технических наук, профессор, советник генерального директора ФГБУ «ВНИГНИ». 105118, Москва, Шоссе Энтузиастов, д. 36. E-mail: gogonenkov.g@yandex.ru.

Gogonenkov Georgiy Nikolaevich, Doctor of Engineering Science, professor, adviser to Director General of FGBU «VNIGNI». 105118, Moscow, Shosse Entuziastov, 36. E-mail: gogonenkov.g@yandex.ru.

Статья раскрывает основные возможности отечественного программно-технологического комплекса ГИС INTEGRО, разработанного коллективом отделения геоинформатики «ВНИИГеосистем» ФГБУ «ВНИГНИ». Рассматриваются базовые картографические возможности комплекса, обеспечивающие все необходимые этапы подготовки информационной базы исследовательских и производственных проектов для геологии и недропользования. Приводятся результаты сравнения с широкопрофильными ГИС-пакетами, применяемыми сегодня в отрасли, выделяются основные преимущества для решения геологических задач: многооконный интерфейс с возможностью визуализации 1D/2D/3D, синхронизация положения курсора по X/Y/Z, работа со специализированными форматами геофизических данных напрямую и др. Подробно раскрываются инструменты специализированных блоков ГИС INTEGRО, ориентированных на решение геолого-геофизических задач. Это блок обработки гравиметрической и магнитометрической информации, блок, обеспечивающий работу со скважинной информацией, блок решения прогнозно-диагностических задач и блок построения 3D-моделей геологической среды.

Ключевые слова: ГИС, трехмерное моделирование, гравиметрическая и магнитометрическая информация, скважинная информация.

Cheremisina Ye.N., Finkelstein M.Ya., Lyubimova A.V. GIS INTEGRО – import substitution software for geological and geophysical tasks.

The article presents the Russian software package GIS INTEGRО, developed by the team of Geoinformatics department «VNIIGeosystem» of FSBI «VNIGNI». We consider the basic cartographic capabilities of GIS INTEGRО, providing the preparation of the geo-information base for research projects for geology and subsoil use at all the stages. The comparison with the wide-range GIS-packages used today in the geological industry allows us to highlight the main advantage of our software: the multi-window interface with 1D/2D/3D visualization capability, X/Y/Z cursor position synchronization, direct use of the geophysical data formats, etc. The features of applied blocks of GIS INTEGRО are revealed in detail: tools for gravimetric and magnetometric data processing, tools for borehole database compilation, technology of predictive diagnostic task solving, and 3D geological models compilation tools.

Keywords: GIS, three-dimensional modeling, gravimetric and magnetometric information, borehole information.

Черемисина Евгения Наумовна, доктор технических наук, профессор, заведующая отделением Геоинформатики «ВНИИГеосистем» ФГБУ «ВНИГНИ», директор Института системного анализа и управления ГБОУ ВО МО «Университет «Дубна». 117105, Москва, Варшавское ш., д. 8. E-mail: head@geosys.ru.

Cheremisina Yevgenia Naumovna, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Geoinformatics Department «VNIIGeosystem», FGBU «VNIGNI», Director of the Institute for System Analysis and Management of the «Dubna State University». 117105, Russia, Moscow, Varshavskoye sh., 8. E-mail: head@geosys.ru.

Финкельштейн Михаил Янкелевич, доктор технических наук, заведующий отделом 3D-моделирования нефтегазоносных объектов отделения Геоинформатики «ВНИИГеосистем» ФГБУ «ВНИГНИ». 117105, г. Москва, Варшавское ш., д. 8. E-mail: misha@geosys.ru.

Finkelstein Michail Yankelevich, Doctor of Technical Sciences, head of division for 3D-modelling of oil-and-gas bearing features of Geoinformatics Department «VNIIGeosystem», FGBU «VNIGNI». 117105, Russia, Moscow, Varshavskoye sh., 8. E-mail: misha@geosys.ru.

Любимова Анна Владимировна, кандидат технических наук, заведующая отделом ГИС и цифровой картографии отделения Геоинформатики «ВНИИГеосистем» ФГБУ «ВНИГНИ». 117105, Москва, Варшавское ш., д. 8. E-mail: anna@geosys.ru

Lyubimova Anna Vladimirovna, Ph.D., head of GIS and digital cartography division of Geoinformatics Department «VNIIGeosystem», FGBU «VNIGNI». 117105, Russia, Moscow, Varshavskoye sh., 8. E-mail: anna@geosys.ru.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кобрунов А.И. Математические основы теории интерпретации геофизических данных. – Москва : ЦентрЛитНефтеГаз, 2008. – 286 с.
2. Финкельштейн М.Я., Спиридонов В.А. Автоматизированное построение геологических разрезов в среде ГИС ИНТЕГРО // Геоинформатика. – 2013. – № 2. – С. 24-28.

REFERENCES

1. Kobrunov A.I. Mathematical foundations of the theory of geophysical data interpretation. Moscow : CentrLitOilGaz, 2008. 286 p.
2. Finkelstein M.J., Spiridonov V.A. Automated construction of geological sections in GIS INTEGRO // Geo-Informatics. – 2013. No. 2. P. 24-28.

Аккуратов О.С., Навроцкий А.О., Каплан С.А.

Модель супервайзерского сопровождения геолого-разведочных (геофизических) работ на нефть и газ.

УДК 550.8.025

Модель сопровождения геофизических работ создавалась для удовлетворения федеральных служб информацией о ходе и результатах работ на объектах госзаказа.

Нормативно-методические документы, система оценки качества и программно-технические средства, разработанные в рамках этой модели, широко использовались Роснедра в 2006-2015 гг. при сопровождении геофизических работ на этапах формирования проектных решений, сопровождения полевых работ, обработки полученной информации, подготовки цифровых баз данных, а также при приемке результатов работ комиссиями Заказчика.

Ключевые слова: супервайзинг, сейсморазведка, качество, программно-технические средства, обработка, сейсмограмма.

Akkuratov O.S., Navrotsky A.O., Kaplan S.A. Model of supervising support of geological (geophysical) exploration for oil and gas.

The model of supervising support of geophysical exploration was created in order to provide Federal authorities with information on the progress and results of government contractual work.

Normative and methodical documents, quality evaluation system and software and hardware tools developed on the basis of this model were widely used by the Rosnedra in 2006 and 2015 for the support of geophysical exploration at the stages of project structure formation, field exploration support, received data processing, digital databases preparation and acceptance of working results by commissions of ordering customer.

Keywords: supervising, seismic exploration, quality, software and hardware, processing, seismogram.

Аккуратов Олег Сергеевич, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник отделения Геоинформатики «ВНИИГеосистем» ФГБУ «ВНИГНИ». 117105, Москва, Варшавское ш., д. 8. E-mail: allaos1@rambler.ru.

Akkuratov Oleg Sergeevich, Ph.D., leading research scientist of Geoinformatics Department «VNIIGeosystem» FGBU «VNIGNI». 117105, Russia, Moscow, Varshavskoye sh., 8. Email: osa@geosys.ru.

Навроцкий Александр Олегович, кандидат геолого-минералогических наук, заведующий отделом методического сопровождения ГРП отделения Геоинформатики «ВНИИГеосистем» ФГБУ «ВНИГНИ». 117105, Москва, Варшавское ш., д. 8. E-mail: aonavr@geosys.ru.

Navrotsky Alexandr Olegovich, Ph.D., head of division for methodic support of geological prospecting of Geoinformatics Department «VNIIGeosystem», FGBU «VNIGNI». 117105, Russia, Moscow, Varshavskoye sh., 8. Email: aonavr@geosys.ru.

Каплан Самуил Абрамович, кандидат технических наук, заведующий отделом комплексной обработки и интерпретации данных сейсморазведки и геофизических исследований скважин отделения Геоинформатики «ВНИИГеосистем» ФГБУ «ВНИГНИ». 117105, Москва, Варшавское ш., д. 8. E-mail: lab6-vniigeosistem@yandex.ru.

Kaplan Samuil Abramovich, Ph.D., head of division for seismic and geophysical wells data processing and interpretation of Geoinformatics Department «VNIIGeosystem», FGBU «VNIGNI». 117105, Russia, Moscow, Varshavskoye sh., 8. E-mail: lab6-vniigeosistem@yandex.ru.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аккуратов О.С., Черемисина Е.Н., Галуев В.И., Каплан С.А. Супервайзинг как лекарство от брака // Нефтесервис. – 2009. – № 1 (5), весна. – С. 51-53.
2. Аккуратов О.С., Иксанов А.Я., Каплан С.А., Козлов А.С., Спивак Я.Э. Технология автоматизированной трасс-ориентированной оценки качества сейсмической информации // Геофизика. – 2012. – № 3. – С. 3-12.
3. Система автоматической оценки качества полевых сейсмограмм и результатов их обработки SeisCont / авторы: О.С. Аккуратов, А.Я. Иксанов, С.А. Каплан, А.С. Козлов, Я.Э. Спивак ; правообладатель «ВНИИГеосистем». – (Св-во о гос. регистр. программ для ЭВМ : рег. номер 2.012 618 776 от 26.09.2012).
4. Система полноволнового моделирования сейсмограмм 3С-3D в трехмерных неоднородных средах. CF (Geo 4) / авторы: А.В. Закиров, В.Д. Левченко, А.В. Иванов, С.А. Хилков, А.Ю. Перепелкина, Т.В. Левченко ; правообладатель «ВНИИГеосистем». – (Св-во о гос. регистр. программ для ЭВМ : рег. номер 201 361 70 78 от 31.07.2013).
5. Навроцкий А.О., Хлебников П.А., Аккуратов О.С., Каплан С.А., Бубнов В.П., Галуев В.И., Горелов А.Г. Супервайзинг геофизических работ на нефть и газ в Роснедра // Приборы и системы разведочной геофизики. – 2011. – № 1. – С. 9-14.

REFERENCES

1. Akkuratov O.S., Cheremisina E.N., Galuev V.I., Kaplan, S.A. Supervising as a cure for marriage // Nefteservice, 2009. №1 (5), spring. P. 51-53.
2. Akkuratov OS, Iksanov A.Ya., Kaplan S.A., etc. Technology of automated trace-oriented estimation of seismic information quality // Geofizika. 2012. № 3. P. 3-12.
3. Automatic quality assessment of field data and their processing results SeisCont / Authors: O.S. Akkuratov, A.Ya. Iksanov, S.A. Kaplan, A.S. Kozlov, Ya.E. Spivak ; The Right Holder of Vniigeosystems. (Certificate of state register. computer programs ~~from 26.09.2012~~ 618)
4. 3C-3D full-wave seismic modeling system in three-dimensional inhomogeneous environment. CF (Geo 4) / Authors: A.V. Zakirov, V.D. Levchenko, A.V. Ivanov, S.A. Khilkov, A. Yu. Perepelkina, T.V. Levchenko ; The Right Holder Of Vniigeosystems. (SV-in about GOS. Registr. computer programs : reg. number 201 361 70 78 from 31.07.2013).
5. Khlebnikov P.A., Akkuratov O.S., Kaplan S.A., Bubnov V.P., Galuev V.I., Gorelov A.G. Supervision of geophysical exploration on oil and gas in Rosnedra // Devices and Systems of Exploration Geophysics. 2011. № 1. P. 9-14.

Жуков К.А., Кравченко М.Н., Любимова А.В.

Методико-технологическое обеспечение работ по количественной оценке ресурсов углеводородов.

УДК 553.98

В статье рассматриваются основные аспекты методического и технологического обеспечения работ по количественной оценке ресурсов УВ Российской Федерации. Формулируется постановка задачи количественной оценки ресурсов в условиях распределенного подхода к организации работ. Описаны основные особенности аналитического и геоинформационного обеспечения выполнения работ, в том числе наполнение и функционал единого ГИС-проекта, создаваемого в качестве базовой информационной платформы для реализации количественной оценки ресурсов УВ.

Ключевые слова: минерально-сырьевая база углеводородного сырья, ресурсы и запасы нефти и газа, геоинформационные технологии.

Zhukov K.A., Kravchenko M.N., Lyubimova A.V. Methodological and technological support of the hydrocarbon resources assessment.

The main aspects of methodological and technological support of the quantitative assessment of hydrocarbon resources of the Russian Federation are considered in the article. The statement of the problem of the oil-and-gas resources assessment in the conditions of the distributed approach to the organization of works is formulated. Then we present the main features of the analytical and geoinformation support, including database and possibilities of the GIS-application for the implementation of the project.

Keyword: hydrocarbon mineral resource base, oil and gas resources and reserves, geoinformation technologies.

Жуков Константин Анатольевич, кандидат экономических наук, заместитель директора Новосибирского филиала ФГБУ «ВНИГНИ». 630099, Новосибирск, ул. М. Горького, д. 24. E-mail: kzh@vnigni.ru.

Zhukov Konstantin Anatolyevich, Ph.D., deputy director of Novosibirsk branch of FGBU «VNIGNI». 630099, Russia, Novosibirsk, M. Gorkogo str., 24. E-mail: kzh@vnigni.ru.

Кравченко Мария Николаевна, кандидат геолого-минералогических наук, заведующий отделом ресурсов и запасов нефти и газа ФГБУ «ВНИГНИ». 105118, Россия, Москва, шоссе Энтузиастов, д. 36. E-mail: kravchenko@vnigni.ru.

Kravchenko Maria Nikolaevna, Ph.D., head of division for oil and gas resources and reserves of FGBU «VNIGNI». 105118, Russia, Moscow, sh. Entuziastov, 36. E-mail: kravchenko@vnigni.ru.

Любимова Анна Владимировна, кандидат технических наук, заведующая отделом ГИС и цифровой картографии отделения Геоинформатики «ВНИИГеосистем» ФГБУ «ВНИГНИ». 117105, Москва, Варшавское ш., д. 8. E-mail: anna@geosys.ru

Lyubimova Anna Vladimirovna, Ph.D., head of GIS and digital cartography division of Geoinformatics Department «VNIIGeosystem», FGBU «VNIGNI». 117105, Russia, Moscow, Varshavskoye sh., 8. E-mail: anna@geosys.ru.

Иксанов А.Я., Каплан С.А., Козлов А.С., Лебедев Е.Б., Спивак Я.Э.

Развитие методико-технологических средств сопровождения полевых сейсмических работ.

УДК 550.834.08

Рассмотрены аспекты развития методико-технологических средств сопровождения полевых сейсмических работ, связанных с повышением оперативности анализа полевых материалов и формированием комплексной оценки их качества. С учетом возросших объемов полевых данных, связанных с уплотнением систем наблюдений (увеличением числа регистрируемых каналов, использованием модификации широкого профиля, а в перспективе – и 3D-съемок), предложены пути реорганизации информационного обеспечения средств сопровождения. В оценку качества введены две составляющие: техническая и содержательная (оценка качества, обобщенная по осям синфазности сигналов отраженных волн, и прогноз возможностей решения геологической задачи). Представлены решения по комплексной оценке качества на основе композиции оценок, определяемых по совокупности исходных сейсмограмм и результатам анализа модификаций предварительного временного разреза.

Ключевые слова: МОГТ-2Д, оценка качества, ВЧР, предварительный сейсмический разрез.

Iksanov A.Y., Kaplan S.A., Kozlov A.S., Lebedev E.B., Spivak Y.E. Development of methodological and technical tools for seismic surveys support.

The article presents a review of development of methodological and technical support tools for seismic surveys supervising which provide increased efficiency of field data analysis and integrated quality control. Taking into account the growth of field data amounts due to spread layout compaction (multiplication of channels, employment of swath-line modification and, in prospect, of 3D surveys), the authors propose ways of support tools development. Two components, technical and interpretative, are introduced into the quality control (a quality estimate summarized by reflected signal line-ups and a forecast of ways of geological task solution).

Tools for quality control on the basis of initial seismic records quality and brute time sections analysis are presented.

Keywords: CMP method, quality control, LVL, brute stack.

Иксанов Анвер Яхиявич, старший научный сотрудник отделения Геоинформатики «ВНИИГеосистем» ФГБУ «ВНИГНИ». 117105, Москва, Варшавское ш., д. 8. E-mail: lab6-vniigeosistem@yandex.ru.

Iksanov Anver Yakhiaevich, senior research scientist of Geoinformatics Department «VNIIGeosystem», FGBU «VNIGNI». 117105, Russia, Moscow, Varshavskoye sh., 8. E-mail: lab6-vniigeosistem@yandex.ru.

Каплан Самуил Абрамович, кандидат технических наук, заведующий отделом комплексной обработки и интерпретации данных сейсморазведки и геофизических исследований скважин отделения Геоинформатики «ВНИИГеосистем» ФГБУ «ВНИГНИ». 117105, Москва, Варшавское ш., д. 8. E-mail: lab6-vniigeosistem@yandex.ru.

Kaplan Samuil Abramovich, Ph.D., head of division for seismic and geophysical wells data processing and interpretation of Geoinformatics Department «VNIIGeosystem», FGBU «VNIGNI». 117105, Russia, Moscow, Varshavskoye sh., 8. E-mail: lab6-vniigeosistem@yandex.ru.

Козлов Андрей Сергеевич, старший научный сотрудник отделения Геоинформатики «ВНИИГеосистем» ФГБУ «ВНИГНИ». 117105, Москва, Варшавское ш., д. 8. E-mail: lab6-vniigeosistem@yandex.ru.

Kozlov Andrey Sergeevich, senior research scientist of Geoinformatics Department «VNIIGeosystem», FGBU «VNIGNI». 117105, Russia, Moscow, Varshavskoye sh., 8. E-mail: lab6-vniigeosistem@yandex.ru.

Лебедев Евгений Борисович, заведующий сектором комплексной обработки и интерпретации отделения Геоинформатики «ВНИИГеосистем» ФГБУ «ВНИГНИ». 117105, Москва, Варшавское ш., д. 8. E-mail: vnigeosistem@yandex.ru.

Lebedev Yevgeniy Borisovich, head of complex processing and interpretation sector of Geoinformatics Department «VNIIGeosystem», FGBU «VNIGNI». 117105, Russia, Moscow, Varshavskoye sh., 8. E-mail: vniigeosistem@yandex.ru.

Спивак Яков Эмануилович, научный сотрудник отделения Геоинформатики «ВНИИГеосистем» ФГБУ «ВНИГНИ». 117105, Москва, Варшавское ш., д. 8. E-mail: lab6-vniigeosistem@yandex.ru.

Spivak Yakov Emanuilovich, research scientist of Geoinformatics Department «VNIIGeosystem», FGBU «VNIGNI». 117105, Russia, Moscow, Varshavskoye sh., 8. E-mail: lab6-vniigeosistem@yandex.ru.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аккуратов О.С., Иксанов А.Я., Каплан С.А., Козлов А.С., Спивак Я.Э. Технология автоматизированной трасс-ориентированной оценки качества сейсмической информации // Геофизика. – 2012. – № 3. – С. 3-12.

REFERENCES

1. Akkuratov O.S., Ixakov A. Y., Kaplan S.A., Kozlov A.S., Spivak Y.E. Track automated quality assessment technology of primary and derived seismic information // Geophysics. 2012. № 3. P. 3-12.

Веденяпин О.А., Каплан С.А., Лебедев Е.Б., Рок В.Е.

Методические и технологические аспекты полномасштабного моделирования в обработке сейсмических данных.

УДК 550.8.013

Рассмотрены методические и технологические аспекты использования полномасштабного 3D-моделирования в сейсмических исследованиях на различных этапах геолого-разведочного процесса: от проектирования до оценки корректности и качества получаемых результатов работ на отдельных этапах. Проведен анализ возможных решений моделирования во взаимосвязи с выбором структуры моделей среды и информационной обеспеченностью задания ее характеристик. Предложена аппроксимация реальных геологических моделей в виде комбинированных по детальности отображения отдельных осадочных комплексов и целевых объектов в них, обеспечивающих максимальную вычислительную производительность при заданной конфигурации технических средств.

Ключевые слова: сейсмическая разведка, компьютерное 3D сейсмическое моделирование, оптимизация.

Vedenyapin O.A., Kaplan S.A., Lebedev E.B., Rok V.E. Methodical and technological aspects of full wave modeling in the processing of seismic data.

The methodical and technological aspects of employment of full-wave 3D computer modeling in seismic studies at various stages of the geological exploration process are considered, i.e. from planning to the assessment of the correctness and quality of the results obtained at different stages. The authors analyse possible ways of model construction in connection with the choice of the structure of geological medium models and with information provision for the specification of its characteristics. Approximation of real geological models in the form of individual sedimentary complexes and their target objects combined according to their level of mapping detail is proposed which provides the maximum computing performance for a given configuration of hardware.

Keywords: seismic exploration, 3D computer seismic simulation, optimization.

Веденяпин Олег Альбертович, старший научный сотрудник отделения «Геоинформатики «ВНИИГеосистем» ФГБУ «ВНИГНИ». 117105, Москва, Варшавское ш., д. 8. E-mail: anticomp@gmail.com.

Vedenyapin Oleg Albertovich, senior research scientist of Geoinformatics Department «VNIIGeosystem», FGBU «VNIGNI». 117105, Russia, Moscow, Varshavskoye sh., 8. E-mail: anticomp@gmail.com.

Каплан Самуил Абрамович, кандидат технических наук, заведующий отделом комплексной обработки и интерпретации данных сейсморазведки и геофизических исследований скважин отделения Геоинформатики «ВНИИГеосистем» ФГБУ «ВНИГНИ». 117105, Москва, Варшавское ш., д. 8. E-mail: lab6-vniigeosistem@yandex.ru.

Kaplan Samuil Abramovich, Ph.D., head of division for seismic and geophysical wells data processing and interpretation of Geoinformatics Department «VNIIGeosystem», FGBU «VNIGNI». 117105, Russia, Moscow, Varshavskoye sh., 8. E-mail: lab6-vniigeosistem@yandex.ru.

Лебедев Евгений Борисович, заведующий сектором комплексной обработки и интерпретации отделения Геоинформатики «ВНИИГеосистем» ФГБУ «ВНИГНИ». 117105, Москва, Варшавское ш., д. 8. E-mail: vnigeosistem@yandex.ru.

Lebedev Yevgeniy Borisovich, head of complex processing and interpretation sector of Geoinformatics Department «VNIIGeosystem», FGBU «VNIGNI». 117105, Russia, Moscow, Varshavskoye sh., 8. E-mail: vnigeosistem@yandex.ru.

Рок Владимир Ефимович, доктор физико-математических наук, заведующий сектором компьютерного 3D-моделирования геофизических полей отделения Геоинформатики «ВНИИГеосистем» ФГБУ «ВНИГНИ». 117105, Москва, Варшавское ш., д. 8. E-mail: vladimir.rok@gmail.com.

Rok Vladimir Yefimovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, head of sector for 3D-modelling of geophysical fields of Geoinformatics Department «VNIIGeosystem», FGBU «VNIGNI». 117105, Russia, Moscow, Varshavskoye sh., 8. E-mail: vladimir.rok@gmail.com.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аки К., Ричардс П. Количественная сейсмология. – М. : Мир, 1983. – Т. 1: 520 с., Т. 2: 360 с.
2. Backus G.E. Elastic anisotropy produced by horizontal layering // Journ. of Gephys. Res. – 1962. – V. 67, No. 11. – P. 4427-4440.
3. Слепьян Л.И. Нестационарные упругие волны. – Л. : Судостроение, 1972. – 376 с.
4. Tygel M., Hubral P. Transient waves in layered media. – Elsevier Sci. Publ., 1987. – 329 p.
5. Закиров А.В., Левченко В.Д., Иванов А.В., Перепелкина А.Ю., Левченко Т.В., Рок В.Е. Высокопроизводительное 3D моделирование полноволнового сейсмического поля для задач сейсморазведки // Геоинформатика. – 2017. – № 3. – С. 34-45.
6. Rok V.E., Glubokovskikh S.M., Manutcharyantz E.O. Comparison of Physical Modelling of Elastic Wave Propagation in Porous Fractured Medium with Theoretical Models // The 4th International Conference&Exhibition EAGE/EAGO/SEG, Saint Petersburg, 2010. B45.
7. Hudson J.A. Wave speeds and attenuation of elastic waves in material containing cracks // Geophys. J. R. Astr. Soc. – 1981. – No. 64. – P. 133-150.
8. Hudson J.A. Overall properties of a cracked solid // Math. Proc. Camb. Phil. Soc. – 1980. – No. 88. – P. 371-384.
9. Mavko G., Mukerji T., Dvorkin J. The Rock Physics Handbook: Tools for Seismic Analysis of Porous Media. – Cambridge : Univ. Press, 2009. – 511 p. ISBN978-0-521-36861-6.
10. Peacock S., Hudson J.A. Seismic properties of rocks with distributions of small cracks // Geophys. J. Int. – 1990. – No. 102. – P. 471-484.
11. Schoenberg M. Reflection of elastic waves from periodically stratified media with interfacial slip // Geophysical prospecting. – 1983. – V. 31. – P. 265-292.
12. Schoenberg M., Protazio J. «Zoepritz» rationaied and generalized to anisotropy // Journal of Seismic Exploration. – 1992. – V. 1. – P. 125-144.
13. Schoenberg M., Sayers C.M. Seismic anisotropy of fractured rocks // Geophysics. – 1995. – V. 60, No. 1. – P. 204-211.
14. Thomsen L. Weak elastic anisotropy // Geophysics. – 1986. – No. 51. – P. 1954-1966.
15. Thomsen L. Elastic anisotropy due to aligned cracks in porous rock // Geophys. Prosp. – 1995. – No. 43. – P. 805-830.
16. Voigt W. Lehrbuch der Kristallphysik (mit Ausschluss der Kristalloptik). – Leipzig : B.G. Teubner, 1910. – 978 s.

REFERENCIES

1. Aki K., Richards P.G. Quantitative seismology: Theory and Methods. 2nd ed. US : University Science Books, 2002. 700 p.
2. Backus G.E. Elastic anisotropy produced by horizontal layering // Journ. of Gephys. Res. 1962, V. 67, No.11. P. 4427-4440.
3. Slepyan L.I. Nestacionarnye uprugie volny. Leningrad, 1972. 376 p.
4. Tygel M., Hubral P. Transient waves in layered media. Elsevier Sci. Publ., 1987. 329 p.
5. Zakirov A.V., Levchenko V.D., Ivanov A.V., Perepelkina A. Yu., Levchenko T.V., Rok V.E. High-performance 3D modelling of a full-wave seismic field for seismic survey tasks. // Geoinformatika. 2017. No. 3. P. 34-45.
6. Rok V.E., Glubokovskikh S.M., Manutcharyantz E.O. Comparison of Physical Modelling of Elastic Wave Propagation in Porous Fractured Medium with Theoretical Models // The 4th International Conference&Exhibition EAGE/EAGO/SEG, Saint Petersburg, 2010. B45
7. Hudson J.A. Wave speeds and attenuation of elastic waves in material containing cracks // Geophys. J. R. Astr. Soc. 1981. No. 64. P. 133-150.
8. Hudson J.A. Overall properties of a cracked solid // Math. Proc. Camb. Phil. Soc. 1980. No. 88. P. 371-384.
9. Mavko G., Mukerji T., Dvorkin J. The Rock Physics Handbook: Tools for Seismic Analysis of Porous Media. Cambridge : Univ. Press, 2009. 511 p. ISBN978-0-521-36861-6.
10. Peacock S., Hudson J.A. Seismic properties of rocks with distributions of small cracks, 1990. No. 102. P. 471-484.
11. Schoenberg M. Reflection of elastic waves from periodically stratified meda with interfacial slip. Geophysical prospecting, 1983, v. 31, pp. 265-292.

12. Schoenberg M., Protazio J. «Zoepritz» rationalized and generalized to anisotropy // Journal of Seismic Exploration. 1992. V. 1. P. 125-144.
13. Schoenberg M., Sayers C.M. Seismic anisotropy of fractured rocks // Geophysics. 1995. V. 60, No. 1. P. 204-211.
14. Thomsen L. Weak elastic anisotropy // Geophysics. 1986. No. 51. P. 1954-1966.
15. Thomsen L. Elastic anisotropy due to aligned cracks in porous rock // Geophys. Prosp. 1995. No. 43. P. 805-830.
16. Voigt W. Lehrbuch der Kristallphysik (mit Ausschluss der Kristalloptik). 1910, Treubner Leipzig, 978 s.

Навроцкий А.О., Аккуратов О.С., Абдулвалиев М.Т.

Инновационная сейсморазведка. Особенности применения бескабельной телеметрической системы сбора сейсмической информации, основанной на использовании молекулярно-электронных сейсмических датчиков.

УДК 550.83.045

В статье рассматриваются содержание и особенности применения инновационной технологии проведения сейсморазведочных работ, обеспечивающей сохранение динамического диапазона регистрируемых колебаний на уровне 120 дБ при прохождении всех элементов сейсмического канала. Новая технология ориентирована на использование отечественных образцов геофизической аппаратуры и оборудования – бескабельной системы регистрации сейсмических колебаний SCOUT и не имеющих мировых аналогов высокочувствительных сейсмических датчиков MTSS-1001, созданных на основе инновационной молекулярно-электронной технологии.

Ключевые слова: сейсморазведка, сейсмограмма, геофон, бескабельная телеметрическая сейсморегистрирующая система, динамический диапазон, методика, инновация.

Navrotsky A.O., Akkuratov O.S., Abdulvaliev M.T. Innovative seismic exploration. Features of the employment of cable-free telemetric system for seismic information collection based on the use of molecular-electronic seismic sensors.

The article deals with the content and features of the use of innovative technology of seismic exploration, which ensures the preservation of the dynamic range of recorded oscillations at the level of 120 dB during the passage of all the elements of the seismic channel. The new technology is oriented towards the use of domestic samples of geophysical equipment and instruments: a cable-free system SCOUT registering seismic oscillations and highly sensitive seismic sensors MTSS-1001 created on the basis of innovative molecular electronic technology and unparalleled anywhere in the world.

Keywords: seismic survey, seismogram, geophone, cable-free telemetric seismic recording system, dynamic range, method, innovation.

Навроцкий Александр Олегович, кандидат геолого-минералогических наук, заведующий отделом методического сопровождения ГРП отделения Геоинформатики «ВНИИГеосистем» ФГБУ «ВНИГНИ». 117105, Москва, Варшавское ш., д. 8. E-mail: aonavr@geosys.ru.

Navrotsky Alexandr Olegovich, Ph.D., head of division for methodic support of geological prospecting of Geoinformatics Department «VNIIGeosystem», FGBU «VNIGNI». 117105, Russia, Moscow, Varshavskoye sh., 8. Email: aonavr@geosys.ru.

Аккуратов Олег Сергеевич, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник отделения Геоинформатики «ВНИИГеосистем» ФГБУ «ВНИГНИ». 117105, Москва, Варшавское ш., д. 8. E-mail: allaos1@rambler.ru.

Akkuratov Oleg Sergeevich, Ph.D., leading research scientist of Geoinformatics Department «VNIIGeosystem» FGBU «VNIGNI». 117105, Russia, Moscow, Varshavskoye sh., 8. Email: osa@geosys.ru.

Абдулвалиев Марат Талгатович, кандидат технических наук, Генеральный директор ООО «Сибгеотехсервис». 111397, Москва, ул. Новогиреевская, д. 29, к. 1, E-mail: geoservice1@yandex.ru.

Abdulvaliev Marat Talgatovich, Ph.D., director general of LLC «Sibgeotechservice». 111397, Russia, Moskva, Novogireevskaya, 29-1, E-mail: geoservice1@yandex.ru.

ЛИТЕРАТУРА

Опубликованные источники

1. Аккуратов О.С., Селезнев В.А., Матвеев В.В., Гнатюк А.И., Абдулвалиев М.Т., Навроцкий А.О. Опробование технологии бескабельного сбора полевой геофизической информации отечественной сейсморегистрирующей системы «SCOUT» // Приборы и системы разведочной геофизики. – 2011. – № 02 (апрель-июнь). – С. 22-26.
2. Бевзенко Ю.П. Актуальная проблема нефтегазопроисковых работ и современная сейсморазведка // Возможности и проблемы обработки и интерпретации результатов сейсморазведочных работ. – Тюмень : ЕАГО, 2006. – С. 14-15.
3. Гнатюк А.И. и др. Анализ технических решений, существующих сейсморегистрирующих систем : Промежуточный отчет по Этапу I базового проекта 7.4-14/09 Федерального агентства по недропользованию, 2009.
4. Михеев С.И., Малышев В.В., Михеев Д.С. Определение плотности сети сейсмических наблюдений и размеров кондиционно-картируемых структур на основе анализа первой зоны Френеля // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2002. – № 7. – С. 48-50.
5. Хлебников П.А., Аккуратов О.С., Абдулвалиев М.Т., Навроцкий А.О., Тарасов Н.В., Воробьев В.Я. Сейсморазведка без кос и кабелей // Геология нефти и газа. – 2011. – № 3. – С. 49-54.

Фондовые источники

6. Абдулвалиев М.Т., Навроцкий А.О., Шнеерсон М.Б. и др. Окончательный отчет о НИР по базовому проекту 7.2-02/13 (Гос. контракт № ОК-03-34/44 от 27.11.13 «Разработка и испытание информационно-измерительного сейсморазведочного комплекса, основанного на использовании молекулярно-электронных сейсмических датчиков (ИИСК-МЭСД)») / ООО «СИБГЕОТЕХСЕРВИС»; Росгеолфонд, № 519544. – Москва, 2015.
7. Каплан С.А., Рок В.Е., Веденяпин О.А. и др. Отчет по Гос. контракту № ОК-03-34/04 от 03.02.14 «Геофизическое обоснование прогноза строения отложений осадочного чехла в районах с проявлением солянокупольной тектоники средствами полномасштабного компьютерного 3Д-моделирования сейсмического и гравитационного полей и проведение специальных полевых работ» / Московский филиал ФГБОУ ВО «Росгеолфонд» «ВНИИГеосистем»; Росгеолфонд, № 522749. – Москва, 2016.
8. Козуб А.П., Рыжков В.И., Золоева Г.М. и др. Геологический отчет по Гос. контракту № 4/14-ГК от 30.10.14 «Сейсморазведочные работы по подсольевым верхнеюрским отложениям на территории Терско-Каспийского краевого прогиба» / ФГБОУ ВО «РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина»; Росгеолфонд, № 525726. – Москва, 2016.
9. Навроцкий А.О., Абдулвалиев М.Т., Бандов В.П. и др. Окончательный отчет о НИР по базовому проекту 7.2-04/12 (Гос. контракт ПС-03-34/19 «Разработка методики и технологии применения сейсмических приемно-регистрирующих телеметрических систем бескабельного типа при проведении геологоразведочных работ на нефть и газ на объектах Роснедр») / ООО «СИБГЕОТЕХСЕРВИС»; Росгеолфонд, № 511513. – Москва, 2013.
10. Навроцкий А.О., Аккуратов О.С., Каплан С.А. и др. Отчет по Гос. контракту № 176 от 01.09.14 «Сейсморазведочные работы на доманикоидные отложения Бузулукской впадины» / Московский филиал ФГБОУ «Росгеолфонд» «ВНИИГеосистем»; Росгеолфонд, № 525800. – Москва, 2016.

Иностраные источники

11. Homeijer B., Lazaroff D., Milligan D., Alley R., Wu J., Szepesi M., Bicknell B., Zhang Z., Walmsley R. Hartwell P. Hewlett Packard's seismic grade MEMS accelerometer // IEEE MEMS, 24th International Conference on Micro Electro Mechanical Systems. – Mexico : Cancun, 2011. – P. 385-388.
12. Burch D., Kappius R., Tessman J. Successful noise attenuation using point receivers in the presence of aliased noise // SEG Annual meeting, 10-15 October, 2004, Colorado : Abstracts. – 2004. – P. 13-16
13. Lansley M., Laurin M., Ronen S. Modern land recording systems: How do they weigh up? // The Leading Edge. – 2008. – V. 27, Issue 7. – P. 888-894.
14. Orza R.L., Panea I. Single sensors versus hard-wired arrays in amplitude analysis // SEG Annual meeting, Las Vegas : Abstracts. – 2008. – P. 528-532.
15. Panea I. Array forming in the presence of phase variations. The Leading Edge. – 2009. – February. – P. 216-221.
16. Mougnot D., Thorburn N. MEMS-based 3C accelerometers for land seismic acquisition: Is it time? // The Leading Edge. – 2004. – 23, No. 3 (March). – P. 246-250.

Электронные источники

17. http://r-sensors.ru/9_prod_compact_ru.shtml (дата обращения: 12.08.2018).
18. <http://skbsp.ru/index.php/ru/sejsmosistemy/beskabelnaya-sejsmosistema-scout> (дата обращения: 12.08.2018).

PUBLICATIONS

1. Akkuratov O.S., Seleznev V.A., Matveev V.V., Gnatyuk A.I., Abdulvaliev M.T., Navrotsky A.O. Testing of technology of cableless collection of field geophysical information of the domestic seismic-recording system «SCOUT» // Devices and systems of exploration Geophysics / ed. Saratov otd. EAGO. 2011. No. 02 (April-June). P. 22-26.
2. Bevzenko Yu.P. Actual problem of oil and gas exploration and modern seismic exploration. // Possibilities and problems of processing and interpretation of seismic survey results : collection of articles. Tyumen : EAGO. 2006. P. 14-15.
3. Gnatyuk A.I. et al. Analysis of technical solutions, existing seismic registration system : Interim report on phase I of the basic project 7.4-14/09 of the Federal Agency for Subsoil Use, 2009.
4. Mikheev S.I., Malyshev V.V., Mikheev D.S. Determination of the density of the network of seismic observations and the size of certified-mapped structures based on the analysis of the first Fresnel zone // Geology, Geophysics and development of oil and gas fields. 2011. № 3. P. 49-54.
5. Khlebnikov P.A., Akkuratov O.S., Abdulvaliev M.T., Navrotsky A.A., Tarasov N.V. Vorob'ev V.Y. Seismic without cables // Geology of oil and gas. 2011. No. 3. P. 49-54.

Geological funds

6. Abdulvaliev M.T., Navrotsky A.O., Shneerson M.B. et al. Final report on R & d on the basic project 7.2-02/13 (State contract No. OK-03-34/44 from 27.11.13 «Design and testing information-measuring complex of seismic based on the use of molecular-electronic seismic sensors (IISK-MESD)» / «SIBGEOTECHSERVICE» Ltd. ; Rosgeolfond, No. 519544. Moscow, 2015.
7. Kaplan S.A., RoK V.E., Vedenyapin O.A. et al. Geological report on the State Contract No. OK-03-34/04 from 03.02.14 «Geophysical substantiation of structure of deposits of the sedimentary cover in areas with manifestation of salt dome tectonics means full wave 3D computer simulation of seismic and gravitational fields, and special field exploration» / The Moscow branch of the FGBU «Rosgeolfond» «VNIIGeosystem» ; Rosgeolfond, № 522749. Moscow, 2016.
8. Kozub A.P., Ryzhkov V.I., Zoloeva G.M. et al. Geological report on the State Contract No. 4/14-ГК from 30.10.14 «Seismic Exploration of subsalt upper Jurassic deposits in the territory of the Terek-Caspian regional trough» / Gubkin Russian state University of oil and gas (national research UNIVERSITY) I.M. Gubkina, Rosgeolfond, No. 525726. Moscow, 2016.
9. Navrotsky, A.O., Abdulvaliev M.T., Bandov V.P. et al. Final research report on the basic project 7.2-04/12 (State contract ПС-03-34/19 «Development of methods and technologies of application of seismic receiving and recording telemetry systems cable-free type when conducting exploration for oil and gas on the objects of the Rosnedr» / «SIBGEOTECHSERVICE» Ltd. ; Rosgeolfond, No. 511513. Moscow, 2013.
10. Navrotsky A.O., Akkuratov O.S., Kaplan S.A. et al. Report on State Contract No. 176 from 01.09.14 «Seismic survey of the domanic deposits of the basin Buzuluk» / The Moscow branch of the FGBU «Rosgeolfond» «VNIIGeosystem» ; Rosgeolfond, No. 525800. Moscow, 2016.

Foreign publications

11. Homeijer B., Lazaroff D., Milligan D., Alley R., Wu J., Szepesi M., Bicknell B., Zhang Z., Walmsley R. Hartwell P. Hewlett Packard's seismic grade MEMS accelerometer // IEEE MEMS, 24th International Conference on Micro Electro Mechanical Systems. Mexico : Cancun, 2011. P. 385-388.
12. Burch D., Kappius R., Tessman J. Successful noise attenuation using point receivers in the presence of aliased noise // SEG Annual meeting, 10-15 October, 2004, Colorado : Abstracts. 2004. P. 13-16.
13. Lansley M., Laurin M., Ronen S. Modern land recording systems: How do they weigh up? // The Leading Edge. 2008. V. 27, Issue 7. P. 888-894.
14. Orza R.L., Panea I. Single sensors versus hard-wired arrays in amplitude analysis // SEG Annual meeting, Las Vegas : Abstracts. – 2008. – P. 528-532.
15. Panea I. Array forming in the presence of phase variations. The Leading Edge. – 2009. – February. – P. 216-221.
16. Mougnot D., Thorburn N. MEMS-based 3C accelerometers for land seismic acquisition: Is it time? // The Leading Edge. – 2004. – 23, No. 3 (March). – P. 246-250.

E-publications

17. http://r-sensors.ru/9_prod_compact_ru.shtml (date of access: 12.08.2018).
18. <http://skbsp.ru/index.php/ru/sejsmosistemy/beskabelnaya-sejsmosistema-scout> (date of access: 12.08.2018).

Шумихин А.С.

Особенности архитектуры ГИС INTEGRO.

УДК 004.42

Для усовершенствования геоинформационной системы INTEGRO разработаны и применяются оригинальная плагиновая архитектура вместе с поддерживающей ее технологией, которые допускают их применение в существующем приложении и позволяют создавать эффективный, переносимый объектно-ориентированный код, обеспечивающий расширяемость приложения за счет подключения к нему дополнительных модулей. Применением стиля разработки, управляемой моделями, решается проблема двоичного интерфейса между модулями системы, для чего интерфейсный код на выбранном языке (C++) генерируется из подготовленного XML-описания. Технология включает программные интерфейсы и алгоритмы, служащие для обнаружения расширений. На ее же основе разработана основанная на принципах шаблона проектирования «Модель-Вид-Контроллер» архитектура графического пользовательского интерфейса, с помощью которой удалось ослабить привязку приложения к поставщику библиотеки элементов управления.

Ключевые слова: плагиновая архитектура, объектно-ориентированное программирование, графический интерфейс пользователя, двоичный интерфейс приложений, C++ , INTEGRO.

Shoumikhin A.S. Architectural features of GIS INTEGRO software.

An original plug-in architecture with a support technology have been created and used for the improvement of geoinformation software system INTEGRO. The technology in question can be embedded into the pre-existing application and allows to create an efficient, portable, object-oriented code for extending the application with pluggable modules. A model-driven approach is used to provide a binary interface between the host application and the extension modules, for which interface code in the programming language of choice (C++ for INTEGRO) is generated on the basis on XML descriptions. The technology defines interfaces and algorithms used to discover extensions, and on its basis a Model-View-Controller like UI architecture was developed which allows to weaken GUI vendor lock-in for the application.

Keywords: plug-in architecture, object-oriented programming, graphical user interface, application binary interface, C++, INTEGRO.

Шумихин Александр Сергеевич, старший научный сотрудник отделения Геоинформатики «ВНИИГеосистем» ФГБУ «ВНИГНИ». 117105, Москва, Варшавское ш., д. 8. E-mail: shmikh@geosys.ru.

Shoumikhin Aleksandr Sergeevich, senior research scientist of Geoinformatics Department «VNIIGeosystem», FSBI «VNIGNI». 117105, Russia, Moscow, Varshavskoye sh., 8. E-mail: shmikh@geosys.ru.

ЛИТЕРАТУРА

1. Sutter H. Defining a Portable C++ ABI. – 2014. – URL: <https://isocpp.org/files/papers/n4028.pdf> (дата обращения: 31.07.2018).
2. Schmidt D.C. Model-Driven Engineering // IEEE Computer. – 2006. – V. 39, No. 2 (February). – P. 25-31. – URL: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.106.9720&rep=rep1&type=pdf> (дата обращения: 31.07.2018).
3. Fowler M. GUI Architectures. – 2006. – URL: <https://martinfowler.com/eaDev/uiArchs.html> (дата обращения: 31.07.2018).
4. Zelzer S. OSGi and C++. – 2012. – URL: <http://blog.cppmicroservices.org/2012/03/29/osgi-and-c++/> (дата обращения: 31.07.2018).
5. The SWT FAQ // Eclipse devs. : The Platform for Open Innovation and Collaboration. – URL: <http://www.eclipse.org/swt/faq.php> (дата обращения: 31.07.2018).
6. QT developers. About Qt. – 2018. – URL: https://wiki.qt.io/About_Qt (дата обращения: 31.07.2018).

7. Eckstein R. Java SE Application Design with MVC. – 2007. – URL: <http://www.oracle.com/technetwork/articles/javase/mvc-136693.html> (дата обращения: 31.07.2018).
8. Gamma E., Helm R., Johnson R., Vlissides J. Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software, 1994. – 417 p. – (Addison-Wesley Professional Computing Series). – ISBN 0-201-63361-2.

REFERENCES

1. Sutter H. Defining a Portable C++ ABI. 2014. URL: <https://isocpp.org/files/papers/n4028.pdf> (date of access: 31.07.2018).
2. Schmidt D.C. Model Driven Engineering // IEEE Computer. 2006. V. 39, No. 2 (February). P. 25-31. URL: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.106.9720&rep=rep1&type=pdf> (date of access: 31.07.2018).
3. Fowler M. GUI Architectures. 2006. URL: <https://martinfowler.com/eaDev/uiArchs.html> (date of access: 31.07.2018).
4. Zelzer S. OSGi and C++. 2012. URL: <http://blog.cppmicroservices.org/2012/03/29/osgi-and-c++/> (date of access: 31.07.2018).
5. The SWT FAQ // Eclipse devs. : The Platform for Open Innovation and Collaboration. – URL: <http://www.eclipse.org/swt/faq.php> (date of access: 31.07.2018).
6. QT developers. About Qt. 2018. URL: https://wiki.qt.io/About_Qt (date of access: 31.07.2018).
7. Eckstein R. Java SE Application Design with MVC. – 2007. – URL: <http://www.oracle.com/technetwork/articles/javase/mvc-136693.html> (date of access: 31.07.2018).
8. Gamma E., Helm R., Johnson R., Vlissides J. Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software. 1994. 417 p. (Addison-Wesley Professional Computing Series). ISBN 0-201-63361-2.

Дровнинов Д.А.

Визуализация скважинной информации в ГИС INTEGR0.

УДК 550.8:004.4

В статье описаны способы хранения и визуализации информации данных скважин в ГИС INTEGR0. Приведены примеры визуализации данных на различных типах сцен ГИС INTEGR0. Описаны направления развития блока скважин.

Ключевые слова: ГИС INTEGR0, скважины, скважинная информация, оформление информации скважин.

Drovninov D.A. Visualization of borehole information in the GIS INTEGR0.

The article describes the structure of wells data storage in GIS INTEGR0. Methods of data visualization for one well are described. Examples of visualization for a group of wells on different types of scenes in GIS INTEGR0 are given. Development prospects for the wells processing block are described.

Keywords: GIS INTEGR0, well, borehole, appearance well data.

Дровнинов Дмитрий Анатольевич, ведущий специалист отделения Геоинформатики «ВНИИГеосистем» ФГБУ «ВНИГНИ». 117105, Москва, Варшавское ш., д. 8. E-mail: drovninov@geosys.ru.

Drovninov Dmitry Anatolyevich, leading specialist of Geoinformatics Department «VNIIGeosystem», FGBU «VNIGNI». 117105, Russia, Moscow, Varshavskoye sh., 8. E-mail: drovninov@geosys.ru.

ЛИТЕРАТУРА

1. SQLite : документация [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.sqlite.org/> (дата обращения: 01.09.2016).
2. Финкельштейн М.Я., Деев К.В., Спиридонов В.А. Использование ГИС INTEGR0 для решения геологических задач // Геоинформатика. – 2011. – № 2. – С. 1-6.
3. Дровнинов Д.А. Работа со скважинной информацией в ГИС INTEGR0 // Геоинформатика. – 2017. – № 1. – С. 3-10.

REFERENCES

1. SQLite : documentation [Electronic resource]. URL: <http://www.sqlite.org> (date of access: 01.09.2016).
2. Finkelstein M.Y., Deev K.V., Spiridonov V.A. The use of GIS INTEGR0 for the solution of geological problems // Geoinformatika. 2011. No. 2. P. 1-6.
3. Drovninov D.A. Borehole information processing in the GIS INTEGR0 // Geoinformatika. – 2017. No. 1. – P. 3-10.

Сеннер А.Е., Пиманова Н.Н., Данилов М.С.

Алгоритм поиска поверхностей аномалий на основании анализа вектора градиента гравитации.

УДК 550.831.015.072

Построение трехмерных моделей аномалий Земли является важной научной и практической задачей. Статья описывает разработанный алгоритм поиска поверхностей аномалий. Исходными данными являются значения вектора градиента гравитации, заданного в узлах равномерной трехмерной сети. Подробно описан пошаговый алгоритм и его варьируемые параметры. Алгоритм может быть использован не только для обработки данных гравиразведки, но и для решения ряда задач, анализирующих векторные физические параметры в трехмерном пространстве.

Ключевые слова: алгоритм, распознавание, реконструкция, геофизическая аномалия, градиент гравитации.

Senner A.E., Pimanova N.N., Danilov M.S. Fitting algorithm for surfaces of anomalies based on the analysis of the gravity gradient vector.

The construction of 3D models of Earth anomalies is an important scientific and practical task. The article describes the developed algorithm for recognition and fitting the surfaces of anomalies. The initial data are the values of the gravity gradient vector specified at the nodes of a 3D regular network. A step-by-step algorithm and its variable parameters are described in detail. The algorithm can be used not only for the processing of gravity data, but also for solving some of the problems that analyze vector physical parameters in 3D space.

Keywords: algorithm, recognition, reconstruction, geophysical anomaly, gravity gradient.

Сеннер Александр Евгеньевич, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник отделения Геоинформатики «ВНИИГеосистем» ФГБУ «ВНИГНИ». 117105, Москва, Варшавское ш., д. 8. E-mail: senner_a_e@mail.ru.

Senner Alexander Yevgenievich, Ph.D., leading research scientist of Geoinformatics Department «VNIIGeosystem», FGBU «VNIGNI». 117105, Russia, Moscow, Varshavskoye sh., 8. Email: senner_a_e@mail.ru.

Пиманова Надежда Николаевна, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник отделения Геоинформатики «ВНИИГеосистем» ФГБУ «ВНИГНИ». 117105, Москва, Варшавское ш., д. 8. E-mail: nadja@geosys.ru.

Pimanova Nadezhda Nikolaevna, Ph.D., leading research scientist of Geoinformatics Department «VNIIGeosystem», FGBU «VNIGNI». 117105, Russia, Moscow, Varshavskoye sh., 8. E-mail: nadja@geosys.ru.

Данилов Максим Сергеевич, магистр последнего года обучения университета «Дубна». 141980, Московская область, г. Дубна, ул. Университетская, д. 19. Email: fblackmessms@yandex.ru.

Danilov Maxim Sergeevich, senior graduate student of State University «Dubna». 141980 Russia, Moscow Region, Dubna, University str., 19. Email: fblackmessms@yandex.ru.

ЛИТЕРАТУРА

1. Никитин А.А., Каплан С.А., Галуев В.И., Малинина С.С. Определение физико-геометрических свойств земной коры по данным геофизического комплекса // Геоинформатика. – 2003. – № 2. – С. 29-38.
2. Сеннер А.Е., Галуев В.И. Алгоритм распознавания поверхностей максимального градиента для трехмерных моделей распределенных физических параметров // Геоинформатика. – 2008. – № 2. – С. 32-36.

REFERENCES

1. Nikitin A.A., Kaplan S.A., Galuev V.I., Malinina S.S. Determination of physical and geometric properties of the earth's crust according to the data of geophysical complex // Geoinformatica. 2003. No. 2. P. 29-38.
2. Senner A.E., Galuev V.I. Algorithm for recognizing the surfaces of the maximum gradient for three-dimensional models of distributed physical parameters // Geoinformatica. 2008. No. 2. P. 32-36.

Мицын С.В.

О численной реализации спектрального метода решения обратной задачи гравиразведки.

УДК [550.8.053+550.8.056]/681.3

В статье рассмотрен один из методов решения обратной задачи гравиразведки – расчета сеточной плотностной модели по сеточной модели гравитационного поля. Исследования проведены на основе численной реализации такого метода, включенного в геолого-аналитическую ГИС INTEGRO. В статье показаны некоторые недостатки данной реализации, изложены их причины и методы их исправления. Предложен новый алгоритм решения обратной задачи, проанализирована его обусловленность, предложен метод регуляризации. Улучшенная реализация метода включена в ГИС INTEGRO.

Ключевые слова: обратная задача гравиразведки, фильтрация, преобразования Фурье.

Mitsyn S.V. On numeric implementation of spectral method of gravimetry inverse problem.

A method of inverse gravimetric problem is reviewed – one that is based on regular rectangular grid density and field models. The research is based on a numerical implementation that is included in geological-analytical GIS INTEGRO. In the article some of the shortcomings of the method are pointed out, their causes and correction methods are discussed. A new algorithm based on the method is proposed, its conditioning is analyzed and a regularization method is suggested. The improved implementation is included in GIS INTEGRO.

Keywords: inverse gravimetric problem, filtration, discrete fourier transform.

Мицын Сергей Валерьевич, научный сотрудник отделения Геоинформатики «ВНИИГеосистем» ФГБУ «ВНИГНИ». 117105, Москва, Варшавское ш., д. 8. E-mail: smitsyn@yandex.ru.

Mitsyn Sergey Valerievich, research scientist of Geoinformatics Department «VNIIGeosystem», FGBU «VNIGNI». 117105, Russia, Moscow, Varshavskoye sh., 8. E-mail: smitsyn@yandex.ru.

ЛИТЕРАТУРА

1. Блох Ю.И. Интерпретация гравитационных и магнитных аномалий : учеб. пособие. – М. : РГГРУ, 2009. – 232 с.
2. Добеши И. Десять лекций по вейвлетам : пер. с англ. – Ижевск : НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. – 464 с.
3. Кобрунов А.И., Варфоломеев В.А. Об одном методе ε -эквивалентных перераспределений и его использовании при интерпретации гравитационных полей // Физика Земли. – 1981. – № 10. – С. 25-44.
4. Кобрунов А.И. Математические основы теории интерпретации геофизических данных: учеб. пособие. – Ухта : УГТУ, 2007. – 286 с. : ил.
5. Лайонс Р. Цифровая обработка сигналов : пер. с англ. : 2-е изд. – М. : Бином-Пресс, 2006. – 656 с. : ил.
6. Мицын С.В., Ососков Г.А. Экстраполяция сеточных моделей геофизических полей методом конечных разностей // Геоинформатика. – 2016. – № 3. – С. 29-34.
7. Приезжев И.И. Построение распределений физических параметров среды по данным гравиразведки, магнитометрии и сейсморазведки // Геофизика. – № 3. – 2005. – С. 46.
8. Priezzhev I., Scollard A., Zhengang L. Regional production prediction technology based on gravity and magnetic data from the Eagle Ford formation // SEG Technical Program Expanded Abstracts. – USA : Texas, 2014. – P. 1354-1358.

REFERENCES

1. Bloh U.I. Interpretation of gravity and magnetic anomalies. Moscow : RSGPU, 2009. 232 p.
2. Daubechies I. Ten Lectures on Wavelets. PA : Philadelphia : Society for Industrial and Applied Mathematics, 1992. – 357 p.
3. Kobrunov A.I., Varfolomeev V.A. On a method of ε -equivalent redistributions and its use in gravity field interpretation // Earth Physics. – 1981. No. 10. P. 25-44.
4. Kobrunov A. I. Mathematical basis of theory of gravity data interpretation. Uhta : USTU, 2007. 286 p.
5. Lyons R. Understanding digital signal processing. 2nd edition. – Moscow : Prentice Hall PTR, 2004. – 665 p.

6. Mitsyn S.V., Ososkov G.A. Geophysical grid models extrapolation using finite differences method // *Geoinformatics*. 2016. No. 3. P. 29-34.
7. Priezzhev I.I. Forming of distributions of medium physical parameters from gravimetric, magnitometric and seismic survey data // *Geophysics*. 2005. No. 3. P. 46.
8. Priezzhev I., Scollard A., Zhengang L. Regional production prediction technology based on gravity and magnetic data from the Eagle Ford formation // *SEG Technical Program Expanded Abstracts*. USA : Texas, 2014. P. 1354-1358.

Арбузова Е.В., Любимова А.В., Толмачева Е.Р.

Анализ картографических материалов по геолого-геофизической изученности на УВС для решения практических задач нефтяной геологии.

УДК 528.930:553.982

Статья содержит описание результатов работ по анализу данных по геолого-геофизической изученности, выполненных в ходе реализации количественной оценки ресурсов углеводородов Российской Федерации. В статье проводится анализ современного состояния цифровых картографических данных по геолого-геофизической изученности территории Российской Федерации, выделяются основные проблемы, которые серьезно усложняют их практическое использование. Предлагается оригинальный технологический подход, который позволяет выполнить расчет формализованных показателей плотности изученности для анализируемой территории даже в условиях существующего качества картографических данных. Реализация предлагаемого подхода выполнена авторами статьи в ГИС INTEGRО. В заключение акцентируется внимание на необходимость изменения существующей схемы ведения геолого-геофизической изученности для обеспечения ее эффективного использования в отрасли.

Ключевые слова: геоинформационные технологии, пространственный анализ данных, геолого-геофизическая изученность, сейсмические профили, скважины на УВС.

Arbuzova E.V., Lyubimova A.V., Tolmacheva E.R. Analysis of cartographic data, representing of the geophysical survey coverage (profiles and wells), for solving of practical problems of petroleum geology.

The article presents the results of the analysis of the geophysical survey coverage (profiles and wells) performed during the implementation of the quantitative assessment of HC-resources of the Russian Federation. We analyzed the current state of digital cartographic data, representing profiles and wells location, and identified the main problems that seriously complicate the practical use of such data. An original technological approach is proposed, which allows to calculate the formalized density indicators for the analyzed territory even in the conditions of the low quality of cartographic data. The implementation of the proposed approach was carried out by the authors of the article in the GIS INTEGRО. In conclusion, attention is focused on the need to change the existing scheme of conducting geological and geophysical studies to ensure its effective use for geological studies.

Keywords: geoinformation technologies, spatial data analysis, geophysical survey coverage, seismic profiles, oil-and-gas boreholes.

Арбузова Екатерина Евгеньевна, заведующая сектором цифровой картографии отделения Геоинформатики «ВНИИГеосистем» ФГБУ «ВНИГНИ». 117105, Москва, Варшавское ш., д. 8. E-mail: katrin@geosys.ru.

Arbuzova Ekaterina Yevgenievna, head of digital cartography sector of Geoinformatics Department «VNIIGeosystem», FGBU «VNIGNI». 117105, Russia, Moscow, Varshavskoye sh., 8. E-mail: katrin@geosys.ru.

Любимова Анна Владимировна, кандидат технических наук, заведующая отделом ГИС и цифровой картографии отделения Геоинформатики «ВНИИГеосистем» ФГБУ «ВНИГНИ». 117105, Москва, Варшавское ш., д. 8. E-mail: anna@geosys.ru.

Lyubimova Anna Vladimirovna, Ph.D., head of GIS and digital cartography division of Geoinformatics Department «VNIIGeosystem», FGBU «VNIGNI». 117105, Russia, Moscow, Varshavskoye sh., 8. E-mail: anna@geosys.ru.

Толмачева Елена Романовна, заведующая сектором сопровождения ГИС отделения Геоинформатики «ВНИИГеосистем» ФГБУ «ВНИГНИ». 117105, Москва, Варшавское ш., д. 8. E-mail: elena@geosys.ru.

Tolmacheva Elena Romanovna, head of GIS support sector of Geoinformatics Department «VNIIGeosystem», FGBU «VNIGNI». 117105, Russia, Moscow, Varshavskoye sh., 8. E-mail: elena@geosys.ru.

Файзуллин И.С., Серегин А.В., Волков А.В., Файзуллин Т.И.

Прогноз нефтегазоперспективности объектов при региональных сейсмических исследованиях по эмиссионным волнам.

УДК 550.834

Для прогноза нефтегазоперспективности объектов используется технология выделения эмиссионных волн от продуктивных пластов, возникающих при проведении сейсморазведочных работ МОГТ-2Д. Приводятся результаты переобработки по этой технологии региональных сейсмических профилей в Енисей-Хатангском прогибе. По выделенным участкам наличия УВ оценивается возможная нефтегазоносность отдельных толщ.

Ключевые слова: прогноз, нефтегазоперспективность, эмиссионные волны, сейсморазведка, МОГТ-2Д, Енисей-Хатангский прогиб.

Fayzullin I.S., Seregin A.V., Volkov A.V., Fayzullin T.I. Forecast of oil and gas prospects of objects in regional seismic studies on emission waves.

A technology of extracting emission waves from productive layers that arise during the seismic survey of CDP-2D is used for the forecast of oil and gas prospectivity of the facilities. Results of reprocessing of regional seismic profiles in Yenisei-Khatanga trough on the basis of this technology are presented. Selected hydrocarbon reserves are estimated for possible oil and gas potential of individual strata.

Keywords: forecast, oil and gas prospects, emission waves, seismic survey, MOGТ-2D, Yenisei-Khatanga deflection.

Файзуллин Ирик Султанович, доктор физико-математических наук, заведующий сектором прогноза флюидонасыщения по рассеянным и эмиссионным волнам отделения Геоинформатики «ВНИИГеосистем» ФГБУ «ВНИГНИ». 117105, Москва, Варшавское ш., д. 8. E-mail: lab6-vniigeosistem@yandex.ru.

Fayzullin Irik Sultanovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, head of sector for fluid saturation prognosis of Geoinformatics Department «VNIIGeosystem», FGBU «VNIGNI». 117105, Russia, Moscow, Varshavskoye sh., 8. E-mail: lab6-vniigeosistem@yandex.ru.

Серегин Александр Владимирович, старший научный сотрудник отделения Геоинформатики «ВНИИГеосистем» ФГБУ «ВНИГНИ». 117105, Москва, Варшавское ш., д. 8. E-mail: lab6-vniigeosistem@yandex.ru.

Seregin Alexandr Vladimirovich, senior research scientist of Geoinformatics Department «VNIIGeosystem», FGBU «VNIGNI». 117105, Russia, Moscow, Varshavskoye sh., 8. E-mail: lab6-vniigeosistem@yandex.ru.

Волков Антон Владимирович, старший научный сотрудник отделения Геоинформатики «ВНИИГеосистем» ФГБУ «ВНИГНИ». 117105, Москва, Варшавское ш., д. 8. E-mail: lab6-vniigeosistem@yandex.ru.

Volkov Anton Vladimirovich, senior research scientist of Geoinformatics Department «VNIIGeosystem», FGBU «VNIGNI». 117105, Russia, Moscow, Varshavskoye sh., 8. E-mail: lab6-vniigeosistem@yandex.ru.

Файзуллин Тимур Иркинович, научный сотрудник отделения Геоинформатики «ВНИИГеосистем» ФГБУ «ВНИГНИ». 117105, Москва, Варшавское ш., д. 8. E-mail: lab6-vniigeosistem@yandex.ru.

Fayzullin Timur Irkinovich, research scientist of Geoinformatics Department «VNIIGeosystem», FGBU «VNIGNI». 117105, Russia, Moscow, Varshavskoye sh., 8. E-mail: lab6-vniigeosistem@yandex.ru.

ЛИТЕРАТУРА

1. Козлов Е.А. Модели среды в разведочной сейсмологии. – Тверь : Изд-во «Герс», 2006. – 480 с.
2. Патент РФ (с приоритетом). Способ сейсмической разведки. – № 2445650 ; заявл. 09.04.2010.
3. Сердюков С.В., Курленя М.В. Механизм сейсмического воздействия на нефтепродуктивные пласты // Геология и геофизика. – 2007. – Т. 48, № 11. – С. 1231-1240.
4. Дьяконов Б.П., Файзуллин И.С. Реакция трещино-ваго-блочных сред на сейсмоакустическое воздействие и естественные колебания. Часть I. Эволюция трещин под переменными техногенными и естественными нагрузками // Геофизика. – 2009. – № 3. – С. 5-11.
5. Файзуллин И.С., Дьяконов Б.П., Хисамов Р.С. и др. О технологии сейсмоакустического воздействия на обводненные нефтяные пласты // Технология сейсморазведки. – 2006 – № 3. – С. 86-89.
6. Дьяконов Б.П., Файзуллин И.С. Реакция трещиновато-блочных сред на сейсмоакустическое воздействие и естественные колебания. Часть 2: Механизм взаимодействия трещин // Геофизика. – 2009. – № 4. – С. 9-15.
7. Глаголев П.Л., Мазанов В.Ф., Михайлова М.П. Геология и нефтегазоносность Енисей-Хатангского прогиба. – М. : ИГиРГИ, 1994. – 115 с.

REFERENCES

1. Kozlov E.A. Environmental Models in Exploration Seismology. Tver : Gers Publishing House, 2006. 480 p.
2. The patent of the Russian Federation (with priority). Seismic exploration method. No. 2445650 ; from 09.04.2010.
3. Serdyukov S.V., Kurlenya M.V. Mechanism of seismic effects on oil-producing layers // Geology and Geophysics. – 2007. – V. 48, No. 11. P. 1231-1240.
4. Dyakonov B.P., Faizullin I.S. The reaction of fractured-block media to seismoacoustic effects and natural vibrations, Part I. Evolution of cracks under varying technogenic and natural loads // Geophysics. 2009. No. 3. P. 5-11.
5. Fayzullin I.S., Dyakonov B.P., Khisamov R.S. et al. On the technology of seismoacoustic impact on watered oil reservoirs // Seismic survey technology. – 2006. – No. 3. – P. 86-89.
6. Dyakonov B.P., Faizullin I.S. The reaction of fractured-block media to seismoacoustic effects and natural vibrations. Part 2. Mechanism of interaction of cracks // Geophysics. – 2009. – № 4. – P. 9-15.
7. Glagolev P.L., Mazanov V.F., Mikhailova M.P. Geology and petroleum potential of the Yenisei-Khatanga trough. Moscow : IGIRGI, 1994. 115 p.

Черемисина Е.Н., Любимова А.В., Крейдер О.А.

Геоинформационные технологии в подготовке кадров в сфере управления природопользованием.

УДК 378:004.9(504.06)

В статье рассматриваются вопросы использования геоинформационных технологий в образовании и подготовке кадров в сфере управления природопользованием. Приводятся краткие результаты обзора ГИС-пакетов, применяемых в образовательных учреждениях. Предлагается оригинальный методико-технологический подход к организации непрерывной вертикали обучения специалистов, ориентированных на решение задач природопользования, на основе программно-технологического комплекса ГИС INTEGRО. Раскрываются основные аспекты тематических образовательных курсов, реализованных на базе комплекса, приводятся примеры их практического применения в различных образовательных программах.

Ключевые слова: ГИС, геоинформатика, тематический тренинг, дистанционное обучение.

Cheremisina Ye.N., Lyubimova A.V., Kreider O.A. Geoinformation technologies for education and training of personnel in the field of nature-use management.

The article discusses the use of geoinformation technologies in education and training of personnel in the field of nature-use management. Review of GIS packages used in education are presented. An original methodological and technological approach to the organization of a continuous training vertical for specialists in nature-use management is proposed. The approach is based on the GIS INTEGRО and includes six thematic training courses. In the article we present the main features of these trainings and the examples of their practical application in various educational programs.

Keywords: GIS, geoinformatics, thematic training, e-learning.

Черемисина Евгения Наумовна, доктор технических наук, профессор, заведующая отделением Геоинформатики «ВНИИГеосистем» ФГБУ «ВНИГНИ», директор Института системного анализа и управления ГБОУ ВО МО «Университет «Дубна». 117105, Москва, Варшавское ш., д. 8. E-mail: head@geosys.ru.

Cheremisina Yevgenia Naumovna, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Geoinformatics Department «VNIIGeosystem», FGBU «VNIGNI», Director of the Institute for System Analysis and Management of the «Dubna State University». 117105, Russia, Moscow, Varshavskoye sh., 8. E-mail: head@geosys.ru.

Любимова Анна Владимировна, кандидат технических наук, заведующая отделом ГИС и цифровой картографии отделения Геоинформатики «ВНИИГеосистем» ФГБУ «ВНИГНИ». 117105, Москва, Варшавское ш., д. 8. E-mail: anna@geosys.ru.

Lyubimova Anna Vladimirovna, Ph.D., head of GIS and digital cartography division of Geoinformatics Department «VNIIGeosystem», FGBU «VNIGNI». 117105, Russia, Moscow, Varshavskoye sh., 8. E-mail: anna@geosys.ru.

Крейдер Оксана Александровна, кандидат технических наук, проректор по общеобразовательной деятельности ГБОУ ВО МО «Университет «Дубна». 141982, РФ, Московская область, г. Дубна, ул. Университетская, д. 19. E-mail: kreider.oksana@gmail.com.

Kreider Oksana Alexandrovna, Ph.D., vice-rector for general education of the State University «Dubna». 141982 Russia, Moscow Region, Dubna, University str., 19. E-mail: kreider.oksana@gmail.com

ЛИТЕРАТУРА

1. Единый реестр российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных [Электронный ресурс]. – URL: <https://reestr.minsvyaz.ru/reestr/> (дата обращения: 11.08.2018).
2. Крейдер О.А., Черемисина Е.Н., Токарева Н.А. Подготовка кадров в сфере информационных технологий для нужд цифровой экономики [Электронный ресурс] // Современное педагогическое образование. – 2018. – № 4. – С. 120-124. – URL: <http://spo.ucoz.site/load/> (дата обращения: 06.08.2018).
3. Е.Н. Черемисина, А.А. Никитин. Геоинформационные системы и технологии : учебник для вузов. – М. : ВНИИГеосистем, 2011. – 376 с.

REFERENCES

1. The unified register of the Russian programs for electronic computers and databases [Electronic resource]. – URL: <https://reestr.minsvyaz.ru/reestr/> (date of access: 11.08.2018).
2. Kreider O.A., Cheremisina Ye. N., Tokareva N.A. Training of personnel in the field of information technologies for the demands of digital economy [Electronic resource] // Modern pedagogic education. – 2018. No. 4. P. 120-124. URL: <http://spo.ucoz.site/load/> (date of access: 06.08.2018).
3. Cheremisina Ye.N., Nikitin A.A. Geoinformation systems and technologies: textbook for higher education. Moscow : VNIIGeosystem, 2011. 376 p.