

УДК 004.9

DOI: 10.47148/1609-364X-2020-3-2-9

*Шемякин А.С., Кашулин Н.А., Петрова О.В.***Применение Веб-ГИС-технологий в задачах экомониторинга на примере загрязнений озер Мурманской области**

При проведении программ долговременного мониторинга окружающей среды возникает целый ряд проблем, связанных с хранением, обработкой, визуализацией полученных данных, представлением их в форме, пригодной для принятия управленческих решений или/и восприятия населением. Получаемый объем первичной информации требует структурированного хранения, специального многофакторного анализа для выявления долговременных трендов и оценки опасности возможных негативных явлений, различного уровня доступности и обобщения результатов для различных потребителей информации. При этом должны соблюдаться авторские права владельцев информации. В качестве решения данных проблем предлагается использовать ГИС-ориентированные информационные системы для хранения и обработки накопленной информации.

В работе рассматриваются основные аспекты создания ГИС-портала для публикации результатов гидрохимических исследований водоемов Мурманской области. Приводится обзор существующих разработок и подходов к решению данной задачи. Предложена методика создания ГИС-портала на основе программного обеспечения с открытым программным кодом. Частично рассмотрен вопрос реализации механизмов защиты авторских прав владельцев гидрохимической информации.

В настоящий момент разработана пилотная версия ГИС-портала, на котором хранится веб-версия карты «Гидрохимические характеристики озер Мурманской области». В дальнейшем планируется дополнить ресурс блоками «Гидрология», «Донные отложения озер Мурманской области», «Гидробионты озер Мурманской области» и средствами визуализации первичных данных. Данная работа выполняется в рамках проекта по повышению доступности экологической информации как для населения, так и для органов, принимающих решения. Проект также может быть интересен научным организациям.

**Ключевые слова:** гидрохимическая информация, ГИС, QGIS, ГИС-портал.

*Shemyakin A.S., Kashulin N.A., Petrova O.V.***Web-GIS technologies usage in eco monitoring tasks on example Murmansk region lakes pollution**

When carrying out long-term environmental monitoring programs, a whole series of problems arise related to storage, processing, visualization of data obtained, their presentation in a form suitable for making managerial decisions and / or public perception. The received volume of primary information requires structured storage, a special multivariate analysis to identify long-term trends and assess dangers of possible negative phenomena, a different level of accessibility and generalization of results for various information consumers. At the same time, copyrights of the information owners must be respected. As a solution to these problems, it is

proposed to use GIS-oriented information systems for storing and processing the accumulated information.

The paper considers the main aspects of creating a GIS portal for publishing results of hydrochemical studies of water objects in the Murmansk region. A review of existing developments and approaches to solving this problem is given. A technique for creating a GIS portal based on open source software is proposed. Issue of implementing copyright protection mechanisms for owners of hydrochemical information considered partially.

Currently, a pilot version of the GIS portal has been developed, which stores the web version of the map «Hydrochemical characteristics of the lakes of the Murmansk region». In the future, it is planned to supplement the resource with the blocks «Hydrology», «Bottom sediments of Murmansk region lakes», «Hydrobionts of Murmansk region lakes» and visualization tools for primary data. This work is carried out as part of a project to increase availability of environmental information for both the public and decision-makers. The project may also be of interest to scientific organizations.

**Keywords:** hydrochemical information, GIS, QGIS, GIS portal.

Работа выполнена в рамках темы госзадания № 0226-2019-0035 «Модели и методы конфигурирования адаптивных многоуровневых сетевых систем управления региональной безопасностью в Арктической зоне Российской Федерации» при поддержке гранта РФФИ № 18-05-60125 «Крупные озера Арктики в условиях глобальных и региональных изменений окружающей среды и климата».

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Крючкова Г.Н., Титов Е.В. Перспективы создания геоэкологических сервисов на сайтах экологических организаций // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2015. – Т. 2, № 11. – С. 671-673.
2. ArcGIS Online. – URL: <https://www.arcgis.com/index.html> (дата обращения: 19.03.2020).
3. Токарчук О.В., Токарчук С.М. Картирование озёрно-бассейновых систем территории национального парка «Нарочанский» // Псковский регионологический журнал. – 2018. – № 4 (36). – С. 65-81.
4. Openstreetmap. – URL: <https://www.openstreetmap.org/> (дата обращения: 19.03.2020).
5. ESRI Story Map Journal. – URL: <https://storymaps-classic.arcgis.com/ru/app-list/map-journal/> (дата обращения: 23.03.2020).
6. Архипова О.Е. Веб-ГИС для оценки сценариев использования природно-ресурсного потенциала южного макрорегиона // Интеркарто. Интергис. – 2017. – Т. 23, № 2. – С. 144-156.
7. Ткачев А.В., Булов С.В., Рундквист Д.В., Похно С.А., Вишневская Н.А., Никонов Р.А. Веб-ГИС «Крупнейшие месторождения мира» // Геоинформатика. – 2015. – № 1. – С. 47-59.
8. Что такое ArcGIS Server? – URL: <https://enterprise.arcgis.com/ru/server/latest/get-started/windows/what-is-arcgis-for-server-.htm> (дата обращения: 19.03.2020).
9. Ротанова И.Н., Репин Н.В. Подходы к созданию веб-атласа Алтае-Саянского экорегиона // Известия Алтайского государственного университета. – 2014. – № 3-1(83). – С. 128-132. DOI: 10.14258/izvasu(2014)3.1-23.
10. GeoServer is an open source server for sharing geospatial data. – URL: <http://geoserver.org/> (дата обращения: 19.03.2020).
11. Ловцкая О.В., Кошелёв К.Б., Балдаков Н.А. Web-ГИС для визуализации результатов моделирования опасных гидрологических ситуаций // Известия АО РГО. – 2015. – № 4 (39). – С. 49-52.
12. GeoMixer – веб-геоинформационная платформа для широкого спектра задач. – URL: <http://geomixer.ru/> (дата обращения: 19.03.2020).
13. Лурье И.К., Прохорова Е.А., Семин В.Н., Сакиркина М.А. Разработка веб-картографического обеспечения эколого-географической оценки развития территории Новой Москвы // Вестник Московского университета. Серия 5. География. – 2017. – № 5. – С. 49-57.

14. ГИС «Панорама». – URL: <https://gisinfo.ru/> (дата обращения: 23.03.2020).
15. A high-performance, feature-packed library for all your mapping needs. – URL: <https://openlayers.org/> (дата обращения: 23.03.2020).
16. PostgreSQL: The World's Most Advanced Open Source Relational Database. – URL: <https://www.postgresql.org/> (дата обращения: 23.03.2020).
17. PostGIS – Spatial and Geographic objects for PostgreSQL. – URL: <https://postgis.net/> (дата обращения: 23.03.2020).
18. Ткаченко И.В., Недоцуков А.С., Борох Н.Д. Разработка web-картографического обеспечения мониторинга состояния берегов, состояния и режимов использования водоохранных зон водохранилищ с использованием библиотеки OpenLayers // Информационные технологии. Проблемы и решения. – 2019. – № 1 (6). – С. 152-156.
19. Зиновьев А.Т., Ловцкая О.В., Балдаков Н.А., Дьяченко А.В. Геоинформационное обеспечение для решения гидрологических задач // Вычислительные технологии.– 2014. – Т. 19, – № 3. – С. 14-26.
20. Донцов А.А., Суторихин И.А. Геоинформационная система регистрации гидрологических параметров внутриконтинентальных водных объектов // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2018. – Т. 1, № 4. – С. 74-80.
21. Титов А.Г., Окладников И.Г. Архитектура геоинформационной веб-системы климатического мониторинга на основе сервисов пространственных данных // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Информационные технологии. – 2014. – Т. 12, № 1. – С. 79-88.
22. Абрамова Л.В., Алешко Р.А., Батраков Н.М., Гурьев А.Т., Шошина К.В., Щеников В.С. Разработка геопортала как сервиса публикации картографических данных // Международный студенческий научный вестник. – 2014. – № 4. – С. 20-28.
23. Кадочников А.А. Особенности построения геопространственных веб-приложений и сервисов для систем мониторинга состояния окружающей природной среды // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Техника и технологии. – 2015. – Т. 8, № 7. – С. 908-916.
24. MapServer : open source web mapping. – URL: <https://mapserver.org/> (дата обращения: 24.03.2020).
25. GeoExt – JavaScript Toolkit for Rich Web Mapping Application. – URL: <https://geoext.org/> (дата обращения: 24.03.2020).
26. The web framework for perfectionists with deadlines. – URL: <https://www.djangoproject.com/> (дата обращения: 24.03.2020).
27. Шемякин А.С., Кашулин Н.А., Петрова О.В. Средства обработки гетерогенных данных в геоинформационных системах // Информационные ресурсы России. – 2019. – № 4. – С. 15-20.
28. Kashulin N.A. et al. Catalogue of lakes in the Russian, Finnish and Norwegian Border Area. – Institute of the North Industrial Ecology Problems KSC RAS, 2008.
29. Кашулин Н.А. и др. Экологический каталог озер Мурманской области: Северо-Западная часть Мурманской области и приграничные территории сопредельных стран. – Апатиты : КНЦ РАН, 2009. Ч. 1: 226 с., Ч. 2: 262 с.
30. Кашулин Н.А. и др. Аннотированный экологический каталог озер Мурманской области (Восточная часть. Бассейн Баренцева моря). – Апатиты : КНЦ РАН, 2010.
31. QGIS : Свободная географическая система с открытым кодом. – URL: <https://qgis.org/ru/site/> (дата обращения: 31.03.2020).
32. About QGIS Server. – URL: [https://issues.qgis.org/projects/qgis/wiki/QGIS\\_Server\\_Tutorial](https://issues.qgis.org/projects/qgis/wiki/QGIS_Server_Tutorial) (дата обращения: 31.03.2020).
33. Apache HTTP server project. – URL: <https://httpd.apache.org/> (дата обращения: 31.03.2020).
34. About QGIS Server // QGIS : QGIS Application. – URL: [https://issues.qgis.org/projects/qgis/wiki/QGIS\\_Server\\_Tutorial](https://issues.qgis.org/projects/qgis/wiki/QGIS_Server_Tutorial) (дата обращения: 03.31.2020).

35. Lizmap is an open-source software designed by 3Liz. – URL: <https://www.3liz.com/en/lizmap.html> (дата обращения: 03.31.2020).
36. Qgis web clients comparison // QGIS : QGIS Application. – URL: [https://issues.qgis.org/projects/qgis/wiki/Qgis\\_web\\_clients\\_comparison](https://issues.qgis.org/projects/qgis/wiki/Qgis_web_clients_comparison) (дата обращения: 03.31.2020).
37. Lizmap QGIS Plugin. – URL: <https://github.com/3liz/lizmap-plugin> (дата обращения: 03.31.2020).
38. Installing Apache, QGIS Server, And Lizmap Web Client On Windows OS // Open.gis.lab. – URL: <https://opengislab.com/blog/2018/7/7/updated-installing-apache-qgis-server-and-lizmap-on-windows-os> (дата обращения: 03.31.2020).

## REFERENCES

1. Kryuchkova G.N., Titov E.V. Prospects of the geocological service on sites of environmental organizations // Actual problems of aviation and astronautics. 2015. V. 2, No. 11. P. 671-673.
2. ArcGIS Online. URL: <https://www.arcgis.com/index.html> (date of access: 03.19.2020).
3. Tokarchuk O.V., Tokarchuk S.M. Mapping of lake-basin systems of the territory national park «Narochansky» // Pskov Regional Journal. 2018. No. 4 (36). P. 65-81.
4. Openstreetmap. URL: <https://www.openstreetmap.org/> (date of access: 03.19.2020).
5. ESRI Story Map Journal. URL: <https://storymaps-classic.arcgis.com/en/app-list/map-journal/> (date of access: 03.23.2020).
6. Arkhipova O.E. Web-GIS for assessing scenarios of using natural resource potential of southern macroregion // Interkarto. Intergis. 2017. V. 23, No. 2. P. 144-156.
7. Tkachev A.V., Bulov S.V., Rundqvist D.V., Pohno S.A., Vishnevskaya N.A., Nikonov R.A. Web-GIS «The largest deposits of the world» // Geoinformatics. 2015. No 1. P. 47-59.
8. What is ArcGIS Server? URL: <https://enterprise.arcgis.com/en/server/latest/get-started/windows/what-is-arcgis-for-server-.htm> (date of access: 03.19.2020).
9. Rotanova I.N., Repin N.V. The Approaches to the Creation of the Altai-Sayan Ecoregion Web-atlas // Izvestiya of Altai State University. 2014. No. 3-1 (83). P. 128-132. DOI: 10.14258/izvasu(2014)3.1-23.
10. GeoServer is an open source server for sharing geospatial data. URL: <http://geoserver.org/> (date of access: 03.19.2020).
11. Lovtskaya OV, Koshelev KB, Baldakov N.A. Web-GIS for visualization of modelling results of dangerous hydrological events // Bulletin Of The Altai Branch Of The Russian Geographical Society. 2015. No. 4 (39). P. 49-52.
12. GeoMixer – web-based geographic information platform for a wide range of tasks. URL: <http://geomixer.ru/> (date of access: 03.19.2020).
13. Lurie I.K., Prokhorova E.A., Semin V.N., Sakirkina M.A. Provision of web-cartographic support for the ecological and geographical assessment of the new moscow territory development // Moscow University Bulletin. Series 5. Geography. 2017. No. 5. P. 49-57.
14. GIS «Панорама». URL: <https://gisinfo.ru/> (date of access: 03.23.2020).
15. OpenLayers : A high-performance, feature-packed library for all your mapping needs. URL: <https://openlayers.org/> (date of access: 03.23.2020).
16. PostgreSQL : The World's Most Advanced Open Source Relational Database. URL: <https://www.postgresql.org/> (date of access: 03.23.2020).
17. PostGIS : Spatial and Geographic objects for PostgreSQL. URL: <https://postgis.net/> (date of access: 03.23.2020).
18. Tkachenko I.V., Nedotsukov A.S., Borokh N.D. Development of web-cartographic support for monitoring the state of the coast, the state and modes of use of water protection zones of reservoirs using the openlayers library // Information Technologies. Problems and Solutions. 2019. No. 1 (6). P. 152-156.
19. Zinoviev A.T., Lovtskaya O.V., Baldakov N.A., Dyachenko A.V. Geoinformation support for solving hydrological problems // Computational technologies. 2014. V. 19, No. 3. P. 14-26.

20. Dontsov A.A., Sutorikhin I.A. Geoinformation system of registration of hydrological parameters of intracontinental water objects // Interexpo Geo-Siberia. 2018. V. 1. No. 4. P. 74-80.
21. Titov A.G., Okladnikov I.G. Architecture of web-GIS for climate monitoring based on geospatial data services // Bulletin of Novosibirsk State University. Series: Information Technology. 2014. V. 12, No. 1. P. 79-88.
22. Abramova L.V. Geoportal development as a service publications map data / Abramova L.V., Aleshko R.A., Batrakov N.M., Guryev A.T., Shoshina K.V., Schenikov V.S. // International Student Scientific Herald. 2014. No. 4. P. 20-28.
23. Kadochnikov A.A. Features Construction Geospatial Web Applications and Services for the Environmental Monitoring Systems // Journal of the Siberian Federal University. Series: Equipment and Technologies. 2015. V. 8, No. 7. P. 908-916.
24. MapServer : open source web mapping. URL: <https://mapserver.org/> (date of access: 03.24.2020).
25. GeoExt – JavaScript Toolkit for Rich Web Mapping Application. URL: <https://geoext.org/> (date of access: 24.03.2020).
26. Django : The web framework for perfectionists with deadlines. URL: <https://www.djangoproject.com/> (date of access: 03.24.2020).
27. Shemyakin A.S., Kashulin N.A., Petrova O.V. Means of processing heterogeneous data in geographic information systems // Information Resources of Russia. 2019. No. 4. P. 15-20.
28. Kashulin N. A. et al. Catalog of lakes in the Russian, Finnish and Norwegian Border Area. Institute of the North Industrial Ecology Problems KSC RAS, 2008.
29. Kashulin N.A. et al. Ecological catalog of lakes in the Murmansk region: North-Western part of the Murmansk region and border areas of neighboring countries. Apatity : KSC RAS, 2009. Part 1: 226 p., Part 2: 262 p.
30. Kashulin N.A. et al. Annotated ecological catalog of lakes in the Murmansk region (Eastern part. Basin of the Barents Sea). Apatity : KSC RAS. 2010.
31. QGIS : a Free and Open Source Geographic System. URL: <https://qgis.org/en/site/> (date of access: 03.31.2020).
32. About QGIS Server // QGIS : QGIS Application. URL: [https://issues.qgis.org/projects/qgis/wiki/QGIS\\_Server\\_Tutorial](https://issues.qgis.org/projects/qgis/wiki/QGIS_Server_Tutorial) (date of access: 03.31.2020).
33. Apache HTTP server project. URL: <https://httpd.apache.org/> (date of access: 03/31/2020).
34. About QGIS Server // QGIS : QGIS Application. URL: [https://issues.qgis.org/projects/qgis/wiki/QGIS\\_Server\\_Tutorial](https://issues.qgis.org/projects/qgis/wiki/QGIS_Server_Tutorial) (date of access: 03.31.2020).
35. Lizmap is an open-source software designed by 3Liz. URL: <https://www.3liz.com/en/lizmap.html> (date of access: 03.31.2020).
36. Qgis web clients comparison // QGIS : QGIS Application. URL: [https://issues.qgis.org/projects/qgis/wiki/Qgis\\_web\\_clients\\_comparison](https://issues.qgis.org/projects/qgis/wiki/Qgis_web_clients_comparison) (date of access: 03.31.2020).
37. Lizmap QGIS Plugin. URL: <https://github.com/3liz/lizmap-plugin> (date of access: 03.31.2020).
38. Installing Apache, QGIS Server, And Lizmap Web Client On Windows OS // Open.gis.lab. URL: <https://opengislab.com/blog/2018/7/7/updated-installing-apache-qgis-server-and-lizmap-on-windows-os> (date of access: 03.31.2020).

**Шемякин Алексей Сергеевич**, младший научный сотрудник Института информатики и математического моделирования технологических процессов Кольского научного центра Российской академии наук (ИИММ КНЦ РАН). 184209, Мурманская область, г. Апатиты, ул. Ферсмана, д. 24 А. E-mail: [shemyakin@imm.ru](mailto:shemyakin@imm.ru).

*Shemyakin Alexey S., Junior Researcher, Institute for Informatics and Mathematical Modeling – Subdivision of the Federal Research Centre «Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences». 24A Fersmana St., Apatity, Murmansk region, 184209, Russia. E-mail: [shemyakin@imm.ru](mailto:shemyakin@imm.ru).*

**Кашулин Николай Александрович**, доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник Института проблем промышленной экологии Севера Кольского научного центра Российской академии наук (ИППЭС КНЦ РАН). 184209, Мурманская область, г. Апатиты, Академгородок, д. 14 А. E-mail: [Nikolay@inep.ksc.ru](mailto:Nikolay@inep.ksc.ru).

*Kashulin Nikolay Aleksandrovich, Doctor of Biological Sciences, Professor, Chief Researcher, Institute of North Industrial Ecology Problems – Subdivision of the Federal Research Centre «Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences» (INEP KSC RAS). 14 A Akademgorodok, Apatity, Murmansk region, 184209, Russia. E-mail: [Nikolay@inep.ksc.ru](mailto:Nikolay@inep.ksc.ru).*

**Петрова Ольга Викторовна**, ведущий инженер Института проблем промышленной экологии Севера Кольского научного центра Российской академии наук (ИППЭС КНЦ РАН). 184209, Мурманская область, г. Апатиты, Академгородок, д. 14 А. E-mail: [olechka.v.petrova@gmail.com](mailto:olechka.v.petrova@gmail.com).

*Petrova Olga V., Principal Engineer, INEP KSC RAS. 14 A Akademgorodok, Apatity, Murmansk region, 184209, Russia. E-mail: [olechka.v.petrova@gmail.com](mailto:olechka.v.petrova@gmail.com).*

***Шамаева Е.Ф., Брюхова Е.М., Любимова А.В., Толмачева Е.Р.***  
**Алгоритм разработки и реализации образовательных онлайн-программ на примере открытых видеоуроков курса «ГИС INTEGR0»**

Данная статья посвящена вопросам методики разработки образовательных курсов. В качестве примера, иллюстрирующего предлагаемый подход, предлагается алгоритм реализации прикладного онлайн-курса «Основы использования ГИС-технологий», который может быть включен в образовательную программу любого вуза, деятельность которого связана с науками о Земле, а также использован в программах повышения квалификации специалистов. В качестве инструмента для подготовки курса использованы открытые видеоуроки по ГИС INTEGR0, опубликованные на сайте разработчика. В статье раскрывается содержание обучающих материалов, рассматриваются основные аспекты организации образовательного процесса: планирование учебного графика, курирование и информационная поддержка участников во время обучения, проверку знаний, игровые техники, а также набор необходимых технических программ. Описываемые в статье методы могут помочь не только разработать курс, но и запустить образовательный процесс на нем.

**Ключевые слова:** геоинформационные технологии, видеоуроки ГИС INTEGR0, эффективность массовых открытых образовательных курсов (МООК), архитектура онлайн-курсов, экосистема МООК.

***Shamaeva E.F., Bryukhova E.M., Lyubimova A.V., Tolmacheva E.R.***  
**Algorithm for developing and implementing online educational programs using the example of open video lessons of the GIS INTEGR0 course**

This article focuses on how to develop educational courses. As an example illustrating the proposed approach, an algorithm for implementing the applied on-line course «Fundamentals of Using GIS Technologies» is proposed, which can be included in the educational program of any university whose activities are related to Earth sciences, as well as used in advanced training programs for specialists. As a tool for preparing the course, open video lessons on GIS INTEGR0 published on the developer's website are used. The article discloses the content of training materials, considers the main aspects of organizing the educational process: planning the educational schedule, overseeing and informational support of participants in the course of training, verification of knowledge, gaming techniques, as well as a set of necessary technical programs. The methods described in the article could help not only to develop the course, but also to launch an educational program on it.

**Keywords:** geoinformation technologies, video-lessons of GIS INTEGR0, efficiency of mass open educational courses (MOOC), architecture of online courses, ecosystem of MOOC.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Черемисина Е.Н., Любимова А.В., Крейдер О.А. Геоинформационные технологии в подготовке кадров в сфере управления природопользованием // Геоинформатика. – 2018. – № 3. – С. 111-115.
2. ГИС INTEGR0 [Электронный ресурс] // ГИС INTEGR0, 2019. – URL: <http://www.gis-integro.ru/> (дата обращения: 08.08.2020).
3. Шамаева Е.Ф. Брюхова Е.М. Разработка социальной архитектуры и IT-экосистемы онлайн-курса для повышения мотивации учащихся на примере дисциплины «Python для анализа данных» // Устойчивое инновационное развитие: проектирование и управление :

- электронное научно издание. – 2019. – Т. 15, № 4 (45). – Ст. 3. – URL: <http://www.gyrpravlenie.ru/?p=3478> (дата обращения: 08.08.2020).
4. Минзов А.С. Профессиональная этика специалиста в сфере информационной и экономической безопасности : монография. – М. : Изд-во МЭИ, 2013. – 150 с.
  5. Громова Л.А. Этика управления : учебно-методическое пособие. – СПб. : Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2007. – 183 с.
  6. Андреев А.А. Российские открытые образовательные ресурсы и массовые открытые дистанционные курсы // Высшее образование в России. – 2014. – № 6. – С. 150-155.
  7. Боровинская Д.Н., Суровцев В.А. Рефлексия и природа креативности [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/refleksiya-i-priroda-kreativnosti/viewer> (дата обращения: 08.08.2020). DOI: 10.17223/1998863X/49/2.
  8. Ларионова В.А., Третьяков В.С. Открытые онлайн-курсы как инструмент модернизации образовательной деятельности в вузе // Высшее образование в России. – 2016. – № 7. – С. 55-66.
  9. Рощина Я.М., Рощин С.Ю., Рудаков В.Н. Спрос на массовые открытые онлайн-курсы (МООС): опыт российского образования // Вопросы образования / Educational Studies Moscow. – 2018. – № 1. – С. 174-199. DOI: 10.17323/1814-9545-2018-1-174-199.
  10. Лобачева Н.А. Концепция гейминга и ее роль в образовательном дискурсе // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Педагогика. – 2018. – № 2. – С. 32-42. DOI: 10.18384/2310-7219-2018-2-32-42.
  11. Бугайчук К.Л. Массовые открытые дистанционные курсы: история, типология, перспективы // Высшее образование в России. – 2013. – № 3. – С. 148-155.

#### REFERENCES

1. Cheremisina E.N., Lyubimova A.V., Kreider O.A. Geoinformation technologies for education and training of personnel in the field of Nature-use management // Geoinformatics. 2018. No. 3. P. 111-115.
2. GIS INTEGRO [Electronic resource] // GIS INTEGRO, 2019. URL: <http://www.gis-integro.ru/> (date of access: 08.08.2020).
3. Shamaeva E.F. Bryukhova E.M. Development of social architecture and IT-ecosystem of online course to increase motivation of students by example of discipline «Python for data analysis» // Sustainable innovative development: design and management : Electronic scientific journal. 2019. V. 15, Issue 4 (45). URL: <http://www.rypravlenie.ru/?p=3478&lang=en> (date of access: 08.08.2020).
4. Minzov A.S. Professional ethics of a specialist in the field of information and economic security: Monograph. M. : MPEI Publishing House, 2013. 150 p.
5. Gromova L.A. Management Ethics: Teaching Manual. St. Petersburg : Publishing House of the Russian State Pedagogical University named after A.I. Herzen, 2007. 183 p.
6. Andreev A.A. Russian open educational resources and mass open distance courses // Higher education in Russia. 2014. No. 6. P. 150-155.
7. Borovinskaya D.N., Surovtsev V.A. Reflection and the nature of creativity. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/refleksiya-i-priroda-kreativnosti/viewer>. DOI: 10.17223/1998863X/49/2.
8. Larionova V.A., Tretyakov V.S. Open online courses as a tool for modernizing educational activities at a university // Higher education in Russia. 2016. No. 7. P. 55-66.
9. Roshchina Ya.M., Roshchin S.Yu., Rudakov V.N. Demand for mass open online courses (MOOC): experience in Russian education // Education issues / Educational Studies Moscow. 2018. No. 1. C. 174-199. DOI: 10.17323/1814-9545-2018-1-174-199.
10. Lobacheva N.A. The concept of gaming and its role in educational discourse // West-nick of Moscow State Regional University. Series: Pedagogy. 2018. No 2. C. 32-42. DOI: 10.18384/2310-7219-2018-2-32-42.
11. Bugaychuk K.L. Mass open distance courses: history, typology, prospects // Higher education in Russia. 2013. No. 3. C. 148-155.



**Шамаева Екатерина Федоровна**, кандидат технических наук, доцент кафедры геоинформационных систем и технологий Института системного анализа и управления Государственного университета «Дубна». 141982, Московская область, Дубна, ул. Университетская, д. 19. E-mail: shamaeva.dubna@gmail.com.

*Shamaeva Ekaterina Fedorovna, PhD, associate professor of the department of geographic information systems and technologies of the State University of Dubna, 19 Universitetskaya street, Dubna, 141982, Moscow Region, Russia. E-mail: shamaeva.dubna@gmail.com.*

**Брюхова Елена Михайловна**, старший руководитель проектов в департаменте Организационного развития Госкорпорации «Росатом». 119017, Москва, ул. Большая Ордынка, д. 24. E-mail: elena@angift.ru.

*Bryukhova Elena Mikhailovna, senior project designer in the Department of Organizational Development, ROSATOM. 24 Bolshaya Ordynka St., Moscow, 119017, Russia. E-mail: elena@angift.ru.*

**Любимова Анна Владимировна**, кандидат технических наук, зав. отделом ГИС и цифровой картографии отделения Геоинформатики ФГБУ «ВНИГНИ». 117105, Москва, Варшавское шоссе, д. 8. Зав. кафедрой геоинформационных систем и технологий Государственного университета «Дубна». 141982, Московская область, Дубна, ул. Университетская, д. 19. E-mail: anna@geosys.ru.

*Lyubimova Anna Vladimirovna, PhD, Head of GIS and Digital Cartography Department, Division of Geoinformatics, VNIGNI, 8 Varshavskoye sh., Moscow, 117105, Russia; Head of Department of Geoinformation Systems and Technologies, Dubna State University, 19 Universitetskaya St., Dubna, 141982, Moscow Region, Russia. E-mail: anna@geosys.ru.*

**Толмачева Елена Романовна**, зав. сектором сопровождения ГИС отдела ГИС и цифровой картографии отделения Геоинформатики ФГБУ «ВНИГНИ», 117105, Москва, Варшавское шоссе, д. 8. E-mail: elena@geosys.ru.

*Tolmacheva Elena Romanovna, Head of GIS-support Sector, Division of Geoinformatics, VNIGNI, 8 Varshavskoye sh., Moscow, 117105, Russia. E-mail: elena@geosys.ru.*

***Ермохин К.М., Солдатов В.А.***

**Об определении источников и внутренней структуры магнитного поля Земли на основе аналитического продолжения методом цепных дробей**

Предлагается метод определения реальных источников внутреннего магнитного поля Земли на основе преобразования коэффициентов представления стационарного земного поля по модели IGRF с помощью математического аппарата трансформации степенного ряда в цепную дробь.

**Ключевые слова:** модель IGRF, аналитическое продолжение, цепные дроби, сферический анализ, региональные аномалии.

***Ermokhin K.M., Soldatov V.A.***

**On the determination of sources and internal structure of the Earth's magnetic field based on analytical continuation by continued fractions**

A method is proposed for determining the real sources of the Earth's internal magnetic field based on the conversion of the coefficients of the stationary earth field according to the IGRF model using the mathematical apparatus for transforming a power series into a continued fraction.

**Keywords:** IGRF model, analytical continuation, continued fractions, spherical analysis, regional anomalies.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Большая советская энциклопедия : в 30 т. / глав. ред. А.М. Прохоров. – 3-е изд. – М. : Сов. энциклопедия, 1969-1978. Т. 10: Ива-Италики. – 1972. – 591 с. – С. 199.
2. Гвишиани А.Д., Лукьянова Р.Ю. Геоинформатика и наблюдения магнитного поля Земли: Российский сегмент // Физика Земли. – 2015. – № 2. – С. 3-20.
3. Ермохин К.М. Аналитическое продолжение гравимагнитных полей через массы // Доклады АН. – 2017. – Т. 476. – С. 104-107.
4. Ермохин К.М. Технология построения разрезов методом аналитического продолжения геофизических полей // Геоинформатика. – 2010. – № 2. – С. 51-60.
5. Кузнецов В.В. Физика Земли : учебник-монография [Электронный ресурс]. – Новосибирск, 2011. – URL: <http://www.geokniga.org/inboxes/5226> (дата обращения: 12.02.2020).
6. Ладынин А.В. Дипольные источники главного геомагнитного поля // Геология и геофизика. – 2014. – Т. 55, № 4. – С. 634-649.
7. Соколов Д.Д. Геодинамо и модели генерации магнитного поля (обзор) // Геомагнетизм и Аэронавигация. – 2004. – Т. 44, № 5. – С. 579-589.
8. Суетин П.К. Классические ортогональные многочлены. – М. : Наука, 1979. – 415 с.
9. Яновский Б.М. Земной магнетизм. – Л. : Изд-во Ленинградского ун-та, 1978. – 591 с.
10. Pétrélis F. Simple Mechanism for Reversals of Earth's Magnetic Field / F. Pétrélis, S. Fauve, E. Dormy and J-P. Valet // Physical Review Letters. – 2009. – V. 102.
11. Viskovatov B. De la methode generale pour reduire toutes sortes des quantitees en fraction continues // Memoires de l'Academie Imperiale des Sciences de St. Petersburg. – 1805. – No. 1. – P. 226-247.
12. Wiczorek M.A., Meschede M. SHTools: Tools for working with spherical harmonics // Geochemistry, Geophysics, Geosystems. – 2018. – 19. – P. 2574-2592. – DOI: 10.1029/2018GC007529

13. International Geomagnetic Reference Field [Electronic resource] // IAGA Division V-MOD: Geomagnetic Field Modeling. – URL: <http://www.ngdc.noaa.gov/IAGA/vmod/igrf.html> (date of access: 16.02.2020).

## REFERENCES

1. Great Soviet Encyclopedia. Moscow, 1969-1978.
2. Gvishiani, A.D., Lukianova, R.Y. Geoinformatics and observations of the Earth's magnetic field: The Russian segment // *Izvestiya, Physics of the Solid Earth*. 2015. V. 51, Issue 2. P. 157-175. URL: <https://doi.org/10.1134/S1069351315020044> (date of access: 12.02.2020).
3. Ermokhin K.M. Analytical continuation of gravimagnetic fields through masses // *Dokl. Earth Sciences*. 2017. V. 476, Issue 1. P. 1054-1057.
4. Ermokhin K.M. Technology of cut construction by the geophysical fields analytical continuation method // *Geoinformatica*. 2010. No. 2. P. 51-60.
5. Kuznetsov V.V. *Physics of the Earth : textbook-monograph* [Electronic resource]. – Novosibirsk, 2011. URL: <http://www.geokniga.org/inboxes/5226> (date of access: 12.02.2020).
6. Ladynin A.V. Dipole sources of the main geomagnetic field // *Geology and Geophysics*. – 2014. V. 55, No. 4. P. 634-649.
7. Sokolov D. D. Geodynamo and magnetic field generation models (review) // *Geomagnetism and Aeronomy*. 2004. V. 44, No. 5. P. 579-589.
8. Suetin P.K. *Classical orthogonal polynomials*. Moscow : Science, 1979. 415 p.
9. Yanovsky B.M. *Terrestrial magnetism*. Leningrad : Leningrad University, 1978. 591p.
10. Pétrélis F. Simple Mechanism for Reversals of Earth's Magnetic Field / F. Pétrélis, S. Fauve, E. Dormy and J-P. Valet // *Physical Review Letters*. 2009. V. 102.
11. Viskovatov B. De la methode generale pour reduire toutes sortes des quantitees en fraction continues // *Memoires de l'Academie Imperiale des Sciences de St. Petersburg*. 1805. No. 1. P. 226-247.
12. Wiczorek M.A., Meschede M. SHTools: Tools for Working with Spherical Harmonics // *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*. 2018. 19. P. 2574-2592. Doi: 10.1029/2018GC007529.
13. International Geomagnetic Reference Field [Electronic resource] // IAGA Division V-MOD: Geomagnetic Field Modeling. URL: <http://www.ngdc.noaa.gov/IAGA/vmod/igrf.html> (date of access: 16.02.2020).

**Ермохин Константин Михайлович**, доктор технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник Санкт-Петербургского филиала Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН (ИЗМИРАН). 194354, г. Санкт-Петербург, Менделеевская линия-3. E-mail: [k\\_m\\_e@list.ru](mailto:k_m_e@list.ru).

*Ermokhin Konstantin Mikhailovich, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Leading Scientific al., St. Petersburg branch of the Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Propagation N.V. Pushkova RAS (IZMIRAN). Mendeleev Line-3, St. Petersburg, 194354, Russia. E-mail: [k\\_m\\_e@list.ru](mailto:k_m_e@list.ru).*

**Солдатов Вадим Алексеевич**, научный сотрудник Санкт-Петербургского филиала Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН (ИЗМИРАН). 194354, г. Санкт-Петербург, Менделеевская линия-3, Россия. E-mail: [k\\_m\\_e@list.ru](mailto:k_m_e@list.ru).

*Soldatov Vadim Alekseevich, scientific team, St. Petersburg branch of the Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Propagation N.V. Pushkova RAS (IZMIRAN). Mendeleev Line-3, St. Petersburg, 194354, Russia. E-mail: [k\\_m\\_e@list.ru](mailto:k_m_e@list.ru).*

*Soldatov Vadim Alekseevich, scientific team, St. Petersburg branch of the Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Propagation N.V. Pushkova RAS (IZMIRAN). Mendeleev Line-3, St. Petersburg, 194354, Russia. E-mail: [k\\_m\\_e@list.ru](mailto:k_m_e@list.ru).*

***Кантемиров В.Д., Яковлев А.М., Титов Р.С.***  
**Оценка качественных показателей полезных ископаемых с использованием геоинформационных технологий блочного моделирования**

В статье приведены результаты разработки методики оценки качественных показателей полезных ископаемых на основе технологий блочного моделирования с использованием современных горно-геологических информационных систем (ГГИС). Предложена блок-схема моделирования качественных показателей полезного ископаемого и приведены результаты ее использования на примере месторождений Серовского комплексных руд и каменного угля разреза Одегельдей. Представленная методика блочного моделирования позволяет с высокой достоверностью районировать в карьерном пространстве технологические типы и сорта руд, что способствует решению задач проектирования, планирования и управления производством в условиях экономической неопределенности, ухудшающихся горно-геологических и горно-технологических условий разработки месторождений.

**Ключевые слова:** горно-геологическая информационная система, ГГИС, качественные характеристики руд, блочное моделирование, геометризация, геологическая база данных.

***Kantemirov V.D., Yakovlev A.M., Titov R.S.***  
**Estimation of quality indicators of mineral resources using geoinformation technologies of block modeling**

The article presents the results of developing a methodology for evaluating the quality indicators of minerals based on block modeling technologies using modern mining and geological information systems (GGIS). A flowchart for modeling quality indicators of mineral resources is proposed and the results of its use are shown on the example of the Serov complex ore and coal deposits of the Odegeldey section. The presented method of block modeling allows us to zone technological types and grades of ores with high confidence in the quarry space, which contributes to solving the problems of design, planning and production management in the conditions of economic uncertainty, deteriorating mining and geological and mining and technological conditions for the development of deposits.

**Keywords:** mining and geological information system, GIS, quality characteristics of ores, block modeling, geometrization, geological database.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Яковлев В.Л. Исследование переходных процессов – новый методологический подход к разработке и развитию инновационных технологий добычи и рудоподготовки минерального сырья при освоении глубокозалегающих сложноструктурных месторождений [Электронный ресурс] // Проблемы недропользования : рецензируемое сетевое периодическое научное издание / ИГД УрО РАН. – 2017. – № 2. – С. 5-14. – URL: <https://igduran.ru/files/eshop/elibrary/2019-pereh-process.pdf> (дата обращения: 12.11.2019).
2. Кузнецов О.Л., Никитин А.А., Черемисина Е.Н. Геоинформатика и геоинформационные системы. – М. : ВНИИгеосистем, 2005. – 453 с.
3. Демьянов В.В., Савельева Е.А. Геостатистика: теория и практика / под ред. Р.В. Арутюняна ; Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН. – М. : Наука, 2010. – 327 с.

4. Кантемиров В.Д., Титов Р.С., Яковлев А.М. Возможности компьютерного моделирования для решения вопросов управления качеством минерального сырья [Электронный ресурс] // Проблемы недропользования : рецензируемое сетевое периодическое научное издание / ИГД УрО РАН. – 2016. – № 4. – С. 170-176. – URL: <https://trud.igduran.ru/edition/11/19> (дата обращения: 16.12.2019).
5. Ясковский П.П. Горно-геологические условия при оценке месторождений. – М. : МГГА, 2001. – 37 с.
6. F. Dell'Accio, F. Di Tommaso. On the hexagonal Shepard method // Applied Numerical Mathematics. – 2020, April. – V. 150. – P. 51-64.
7. Badel M., Angorani S., Shariat Panahi M. The application of median indicator kriging and neural network in modeling mixed population in an iron ore deposit // Computers & Geosciences. – 2011, April. – V. 37, Issue 4. – P. 530-540.
8. Afzal P. Multi-Gaussian kriging: a practice to enhance delineation of mineralized zones by Concentration-Volume fractal model in Dardevey iron ore deposit, SE Iran / Peyman Afzal, Nasser Madani, Shahab Shahbeik, Amir Bijan Yasrebi // Journal of Geochemical Exploration. – 2015. – V. 158. – P. 10-21.
9. Mohammadpour M. Geochemical distribution mapping by combining number-size multifractal model and multiple indicator kriging / Mahyadin Mohammadpour, Abbas Bahroudi, Maysam Abedi, Gholamreza Rahimpour, Golnaz Jozanikohan, Farzaneh Mami Khalifani // Journal of Geochemical Exploration. – 2019, May. – V. 200. – P. 13-26.
10. Afeni T.B., Akeju V.O., Aladejare A.E. A comparative study of geometric and geostatistical methods for qualitative reserve estimation of limestone deposit // Geoscience Frontiers, in press, journal pre-proof, Available online, 8 April 2020. – URL: <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2020.02.019> (date of access: 12.05.2020).
11. Marques D.M. Choosing a proper sampling interval for the ore feeding a processing plant: A geostatistical solution / Diego M. Marques, João Felipe C.L. Costa // International Journal of Mineral Processing. – 2014, September. – V. 131, 10. – P. 31-42.
12. Mery N. Geostatistical modeling of the geological uncertainty in an iron ore deposit / Nadia Mery, Xavier Emery, Alejandro Cáceres, Diniz Ribeiro, Evandro Cunha // Ore Geology Reviews. – 2017, August. – V. 88. – P. 336-351.

#### REFERENCES

1. Yakovlev V.L. Research of transition processes – a new methodological approach to the development and development of innovative technologies for mining and ore preparation of mineral raw materials in the development of deep-lying complex-structure deposits [Electronic resource] // Problems of subsurface use: peer-reviewed online periodical scientific publication / IGD Uro RAS. 2017. No. 2. P. 5-14. URL: <https://igduran.ru/files/eshop/elibrary/2019-pereh-process.pdf> (date of access: 12.11.2019).
2. Kuznetsov O.L., Nikitin A.A., Cheremisina E.N. Geoinformatics and geoinformation systems. Moscow : VNIIGeosistem, 2005. 453 p.
3. Demyanov V.V., Saveleva E.A. Geostatistics: theory and practice / Institute of problems of safe development of nuclear energy of the Russian Academy of Sciences. Moscow : Nauka, 2010. 327 p.
4. Kantemirov V.D., Titov R.S., Yakovlev A.M. Possibilities of computer modeling for solving issues of quality management of mineral raw materials [Electronic resource] // Problems of subsoil use : peer-reviewed online periodical scientific publication / IGD Uro RAS. 2016. No. 4. P. 170-176. URL: <https://trud.igduran.ru/edition/11/19> (date of access: 16.12.2019).
5. Yaskovsky P.P. Mining and geological conditions in the assessment of deposits. Moscow : MGGGA, 2001. 37 p.
6. F. Dell'Accio, F. Di Tommaso. On the hexagonal Shepard method // Applied Numerical Mathematics. 2020, April. V. 150. P. 51-64.

7. Badel M., Angorani S., Shariat Panahi M. The application of median indicator kriging and neural network in modeling mixed population in an iron ore deposit // *Computers & Geosciences*. 2011, April. V. 37, Issue 4. P. 530-540.
8. Afzal P. Multi-Gaussian kriging: a practice to enhance delineation of mineralized zones by Concentration-Volume fractal model in Dardevey iron ore deposit, SE Iran / Peyman Afzal, Nasser Madani, Shahab Shahbeik, Amir Bijan Yasrebi // *Journal of Geochemical Exploration*. 2015. V. 158. P. 10-21.
9. Mohammadpour M. Geochemical distribution mapping by combining number-size multifractal model and multiple indicator kriging / Mahyadin Mohammadpour, Abbas Bahroudi, Maysam Abedi, Gholamreza Rahimpour, Golnaz Jozanikohan, Farzaneh Mami Khalifani // *Journal of Geochemical Exploration*. 2019, May. V. 200. – P. 13-26.
10. Afeni T.B., Akeju V.O., Aladejare A.E. A comparative study of geometric and geostatistical methods for qualitative reserve estimation of limestone deposit // *Geoscience Frontiers*, in press, journal pre-proof, Available online, 8 April 2020. URL: <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2020.02.019> (date of access: 12.05.2020).
11. Marques D.M. Choosing a proper sampling interval for the ore feeding a processing plant: A geostatistical solution / Diego M. Marques, João Felipe C.L. Costa // *International Journal of Mineral Processing*. 2014, September. V. 131, 10. P. 31-42.
12. Mery N. Geostatistical modeling of the geological uncertainty in an iron ore deposit / Nadia Mery, Xavier Emery, Alejandro Cáceres, Diniz Ribeiro, Evandro Cunha // *Ore Geology Reviews*. 2017, August. V. 88. P. 336-351.

**Кантемиров Валерий Данилович**, кандидат технических наук, заведующий сектором Управления качеством минерального сырья Института горного дела УрО РАН. 620075, г. Екатеринбург, ул. Мамина-Сибиряка, д. 58. E-mail: [ukrkant@mail.ru](mailto:ukrkant@mail.ru).

*Kantemirov Valery Danilovich, Ph.D., Quality management sector chief, Institute of Mining of Ural branch of RAS. 58 Mamina-Sibiryaka St., Yekaterinburg, 620075, Russia. E-mail: [ukrkant@mail.ru](mailto:ukrkant@mail.ru).*

**Яковлев Андрей Михайлович**, старший научный сотрудник сектора Управления качеством минерального сырья Института горного дела УрО РАН. 620075, г. Екатеринбург, ул. Мамина-Сибиряка, д. 58. E-mail: [quality@igduran.ru](mailto:quality@igduran.ru).

*Yakovlev Andrei Michailovich, senior researcher, Quality management sector, Institute of Mining of Ural branch of RAS. 58 Mamina-Sibiryaka St., Yekaterinburg, 620075, Russia. E-mail: [quality@igduran.ru](mailto:quality@igduran.ru).*

**Титов Роман Сергеевич**, старший научный сотрудник сектора Управления качеством минерального сырья Института горного дела УрО РАН. 620075, г. Екатеринбург, ул. Мамина-Сибиряка, д. 58. E-mail: [ukrigd15@mail.ru](mailto:ukrigd15@mail.ru).

*Titov Roman Sergeevich, senior researcher, Quality management sector, Institute of Mining of Ural branch of RAS. 58 Mamina-Sibiryaka St., Yekaterinburg, 620075, Russia. E-mail: [ukrigd15@mail.ru](mailto:ukrigd15@mail.ru).*

*Спиридонов В.А., Пиманова Н.Н.*

**Методические и технологические аспекты исключения гравитационного эффекта нижней части земной коры при изучении осадочного чехла нефтегазоносных территорий**

При сейсмоплотностном моделировании осадочных бассейнов возникает необходимость исключения из наблюдаемого гравитационного поля эффекта, создаваемого неоднородностями нижней части разреза земной коры. В статье предлагается один из подходов к геологическому редуцированию поля, реализованный через построение плотностной 3D-модели на всю мощность земной коры и верхней мантии. Из построенной 3D-модели выделяется фрагмент в пределах области исследования и рассчитывается его гравитационный эффект. Рассмотрены разные варианты реализации этого подхода в зависимости от количества априорной информации. Технологической базой методики является ГИС INTEGR0.

**Ключевые слова:** гравитационное поле, геологическая редукция, плотностная модель, профили ГСЗ, инверсия, структурный каркас

*Spiridonov V.A., Pimanova N.N.*

**Methodological and technological aspects of expection of the gravitational effect of the lower part of the earth's crust in study of sedimentary cover of oil and gas-bearing areas**

In the case of seismic density modeling of sedimentary basins, it is necessary to exclude from the observed gravitational field the effect created by inhomogeneities of the lower part of the crustal section. The article offers one of the approaches to the geological field reduction, implemented through the construction of a 3D density model for the entire thickness of the earth's crust and upper mantle. A fragment within the study area is selected from the constructed 3D model and its gravitational effect is calculated. Various options for implementing this approach are considered, depending on the amount of a priori information. The technological base of the method is GIS INTEGR0.

**Keywords:** Gravitational field, geologic reduction, density model, GSS profiles, inversion, structural framework of the model.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Афанасенков А.П., Лыгин И.В., Обухов А.Н., Соколова Т.Б., Кузнецов К.М. Объемная реконструкция тектонических элементов Енисей-Хатангской рифтовой системы по результатам комплексной геолого-геофизической интерпретации // Геофизика. – 2017. – № 2. – С. 60-70.
2. Блох Ю.И., Трусов А.А., Бабаянц П.С. Изучение строения кристаллического основания платформенных областей по данным магниторазведки и гравиразведки // Геофизика. – 2003. – № 6. – С. 55-58.
3. Кобрунов А.И., Варфоломеев В.А. Об одном методе  $\epsilon$ -эквивалентных перераспределений и его использовании при интерпретации гравитационных полей // Физика Земли. – 1981. – № 10. – С. 25-44.
4. Мицын С.В. О численной реализации спектрального метода решения обратной задачи гравиразведки // Геоинформатика. – 2018. – № 3. – С. 89-97.
5. Приезжев И.И. Построение распределений физических параметров среды по данным гравиразведки, магнитометрии и сейсморазведки // Геофизика. – № 3. – 2005. – С. 46.

6. Страхов В.Н., Лапина М.И. Монтажный метод решения обратной задачи гравиметрии // Докл. АН СССР. – 1976. – Т. 227, № 2. – С. 344-347.
7. Страхов В.Н. Геофизика и математика. – М. : ОИФЗ РАН, 1999. – 64 с.
8. Тихонов А.Н., Арсенин В.Я. Методы решения некорректных задач. – М. : Наука. 1979. – 284 с.
9. Фотиади Э.Э., Захарова Т.Л., Ладынин С.А., Тычков С.А., Шарловская Л.А. Основные черты структуры и динамики литосферы Сибири по геолого-геофизическим данным. – Новосибирск : Наука, Сибирское отделение. – 1990. – Вып. 738. – 116 с.
10. Gardner G.H.F., Gardner L.W., Gregory A.R. Formation velocity and density – the diagnostic basics for stratigraphic traps // Geophysics. – 1974. – V. 39, Issue. 6. – P. 770-780.
11. Goldshmidt V., Rybakov M., Fleischer L., Rotstein Y. Methodology of crystalline basement mapping in the Hashefela area of Israel // Geological Society : Annual Meeting. – Mitzpe Ramon, 1998a. – P. 39.
12. Goldshmidt V., Rybakov M., Fleischer L. Regional study of the crystalline basement in the southwest Israel. 1998b. Holon, GII, Rep. 840/98/97. – 9 p.
13. Rybakov M., Goldshmidt V., Fleischer L. and Rotstein Y. The crystalline basement in the central Israel derived from gravity and magnetic data // Isr. J. Earth Sci. – 1999. – V. 48, No. 2. – P. 101-111.

#### REFERENCES

1. Afanasenkov A.P., Lygin I.V., Obukhov A.N., Sokolova T.B., Kuznetsov K.M. Volumetric reconstruction of the Yenisei-Khatanga rift system's tectonic elements by integrated geological-geophysical interpretation // Geophysics. 2017. No. 2. P. 60-70.
2. Blokh Y.I., Trusov A.A., Babayants P.S. Study of the structure of the crystal base of platform areas based on magnetic and gravimetric data // Geophysics. 2003. No. 6. P. 55-58.
3. Kobrunov A.I., Varfolomeev V.A. On a method of  $\varepsilon$ -equivalent redistributions and its use in the interpretation of gravitational fields // Physics of the Earth. 1981. No. 10. P. 25-44.
4. Mitsyn S.V. On the numerical implementation of the spectral method for solving the inverse problem of gravity exploration // Geoinformatika. 2018. No. 3. P. 89-97.
5. Priezzhev I.I. Construction of distributions of physical parameters of the medium according to the data of gravimetry, magnetometry and seismic survey // Geophysics. 2005. No. 3. P. 46.
6. Strakhov V.N., Lapina M.I. Mounting method for solving the inverse problem of gravimetry // Dokl. As of the USSR. 1976. V. 227, No. 2. P. 344-347.
7. Strakhov V.N. Geophysics and mathematics. Moscow : OIFZ RAS, 1999. 64 p.
8. Tikhonov A.N., Arsenin V.Ya. Methods for solving incorrect problems. Moscow : Nauka. 1979. 284 p.
9. Fotiadi E.E., Zakharova T.L., Ladynin S.A., Tichkov S.A., Sharlovskaya L.A. The main features of the structure and dynamics of the lithosphere of Siberia according to geological and geophysical data. Novosibirsk : Nauka, Siberian branch. 1990. Issue 738. 116 s.
10. Gardner G.H.F., Gardner L.W., Gregory A.R. Formation velocity and density – the diagnostic basics for stratigraphic traps // Geophysics. 1974. V. 39, Issue. 6. P. 770-780.
11. Goldshmidt V., Rybakov M., Fleischer L., Rotstein Y. Methodology of crystalline basement mapping in the Hashefela area of Israel // Geological Society. Annual Meeting. Mitzpe Ramon. 1998a. P. 39.
12. Goldshmidt V., Rybakov M., Fleischer L. Regional study of the crystalline basement in the southwest Israel. 1998b. Holon, GII, Rep. 840/98/97. 9 p.
13. Rybakov M., Goldshmidt V., Fleischer L. and Rotstein Y. The crystalline basement in the central Israel derived from gravity and magnetic data // Isr. J. Earth Sci. 1999. V. 48, No. 2. P. 101-111.

**Спиридонов Виктор Альбертович**, кандидат технических наук, заведующий сектором компьютерных технологий 3D моделирования геолого-геофизических объектов отделения Геоинформатики ФГБУ «ВНИГНИ». 117105, Москва, Варшавское ш., д. 8. E-mail: victor@geosys.ru.



*Spiridonov Viktor A., candidate of technical Sciences, head. sector of computer technologies for 3D modeling of geological and geophysical objects, Division of Geoinformatics, VNIGNI, 8 Varshavskoye sh., Moscow, 117105, Russia. E-mail: victor@geosys.ru.*

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

*Pimanova Nadezhda Nikolaevna, Ph.D. Leading Researcher, Division of Geoinformatics, VNIGNI. 8 Varshavskoye sh., Moscow, 117105, Russia. E-mail: nadja@geosys.ru.*

***Торговкин Я.И., Шестакова А.А., Васильев Н.Ф.***  
**Пространственный анализ распределения мерзлотных условий на Федеральной автодороге Р504 «Колыма» (Якутский участок)**

Исследован Якутский участок Федеральной автомобильной дороги Р504 «Колыма» протяженностью 1197 км. Создан ГИС-проект в формате ArcGIS. Проведен пространственный географический анализ геокриологических условий (температуры грунтов, глубины сезонного протаивания, криогенных процессов) с применением ГИС-технологий. Выделено 12 типов местности путем вырезания из Мерзлотно-ландшафтной карты Республики Саха (Якутия) масштаба 1:1500000. Результаты пространственного анализа отражены в виде карт. Количественная характеристика мерзлотных условий приведена в виде диаграмм. Выявлено, что дорога в основном проложена по участкам низких террас (33,2% от общей территории 100-метровой зоны) и межаласному типу местности (10,3%), сложенному высокольдистыми отложениями. На этих территориях чаще всего выражены морозобойное растрескивание в сочетании с другими криогенными процессами (53,6%) и термокарст (21,7%). Температура грунтов в ландшафтах изучаемой территории более всего варьирует в пределах от  $-2$  до  $-4^{\circ}$ , самые низкие температуры ( $-9^{\circ}$ ) встречаются на 3% территории в горных лишайниковых тундрах Верхоянского хребта. Максимальные значения глубины сезонного протаивания ( $>2,5$  м) прослеживаются всего в 5% от общей территории. Преобладающее значение глубины сезонного протаивания от 1,5 до 2 м.

**Ключевые слова:** мерзлотные условия, ГИС-технологии, пространственный анализ, температура грунтов, криогенные процессы, автодорога «Колыма».

***Torgovkin Y.I., Shestakova A.A., Vasiliev N.F.***  
**Spatial analysis of permafrost conditions distribution on the Federal highway P504 «Kolyma» (Yakutsky site)**

The Yakutsky site of the Federal highway P504 «Kolyma» with a length of 1197 km was investigated. A GIS project was created in ArcGIS format. A spatial geographical analysis of geocryological conditions (soil temperature, seasonal thawing depth, cryogenic processes) using GIS technology was carried out. 12 types of terrain have been identified by cutting out a scale of 1:1500000 from the Permafrost-landscape map of the Republic of Sakha (Yakutia). Spatial analysis results are reflected in the form of maps. Quantitative characteristics of permafrost conditions are given in the form of diagrams. It was revealed that the road was mainly laid along sections of low terraces (33,2% of the total area of 100 m of the zone) and the inter-*alas* type of terrain (10,3%), composed of high-ice deposits. In these areas, frost cracking is most often expressed in combination with other cryogenic processes (53,6%) and thermokarst (21,7%). The temperature of soils in the landscapes of the studied territory most of all varies from  $-2$  to  $-4^{\circ}$ , the lowest temperatures ( $-9^{\circ}$ ) are found in 3% of the territory in the mountain lichen tundra of the Verkhoyansk Range. The maximum depths of seasonal thawing ( $> 2,5$  m) can be traced only 5% of the total territory. The prevailing value of seasonal thawing depth is from 1,5 to 2 m.

**Keywords:** permafrost conditions, GIS technologies, spatial analysis, soil temperature, permafrost processes, Kolyma highway.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Fedorov A., Vasilyev N., Torgovkin Ya., A. Shestakova, Varlamov S. et al. Permafrost-Landscape Map of the Republic of Sakha (Yakutia) on a scale 1:1,500,000 // *Geosciences*. – 2018. – 8 (12). – 465. DOI: 10.3390/geosciences8120465.
2. Иванов М.С. Криогенное строение четвертичных отложений Лено-Алданской впадины. – Новосибирск : Наука, 1984. – 123 с.
3. Гулый С.А., Прелль Н. Анализ источников причин некоторых криогенных явлений на федеральной трассе Р-504 «Колыма» // *Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ)*. – 2013. – № 3 (34). – С. 72-77.
4. Fedorov A., Torgovkin Y., Vasilyev N., Shestakova A., Konstantinov P., Samsonova V., Kalinicheva S., Basharin N. Digital Thematic Mapping of the Current State of Permafrost Landscapes in Yakutia // *Solving the puzzles from Cryosphere : Abstracts of International Conference, Russia, Pushchino, April 15-18, 2019*. – P. 133-134.
5. Поморцев О.А., Гуков А.Ю., Поморцев В.А., Петрова М.В. Изменение климата и инженерно-геологические проблемы на трассе «Колыма» в Южном Верхоянье // *Разведка и охрана недр*. – 2013. – № 12. – С. 70-75.

## REFERENCES

1. Fedorov A., Vasilyev N., Torgovkin Ya., A. Shestakova, Varlamov S. et al. Permafrost-Landscape Map of the Republic of Sakha (Yakutia) on a scale 1:1,500,000 // *Geosciences*. 2018. 8 (12). 465. DOI: 10.3390/geosciences8120465.
2. Ivanov M.S. The cryogenic structure of the Quaternary sediments Leno-Aldan depression. – Novosibirsk: Nauka, 1984. – 125 p.
3. Gulyy S.A., Prell N. Analysis of the sources of the causes of some cryogenic phenomena on the Federal highway R-504 «Kolyma» // *Bulletin of the Moscow Automobile and Road State Technical University (MADI)*. 2013. No. 3 (34). P. 72-77.
4. Fedorov A., Torgovkin Y., Vasilyev N., Shestakova A., Konstantinov P., Samsonova V., Kalinicheva S., Basharin N. Digital Thematic Mapping of the Current State of Permafrost Landscapes in Yakutia // *Solving the puzzles from Cryosphere : Abstracts of International Conference, Russia, Pushchino, April 15-18, 2019*. P. 133-134.
5. Pomortsev O.A., Gukov A.Yu., Pomortsev V.A., Petrova M.V. Climate change and geotechnical problems on the Kolyma highway in South Verkhoyanie // *Exploration and mineral protection*. 2013. No. 12. P. 70-75.

**Торговкин Ярослав Ильич**, кандидат географических наук, заведующий лабораторией геоинформационных систем (ГИС) и картографирования криолитозоны Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института мерзлотоведения им. П.И. Мельникова Сибирского отделения Российской академии наук. 677010, г. Якутск, ул. Мерзлотная, д. 36, ИМЗ СО РАН. E-mail: jit57@mail.ru.

*Torgovkin Yaroslav Ilyich, PhD, Melnikov Permafrost Institute of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Head of the Laboratory of Geographic Information Systems (GIS) and Permafrost Mapping. 36 Merzlotnaya St., Yakutsk, 677010, Russia. E-mail: jit57@mail.ru.*

**Шестакова Алена Алексеевна**, кандидат географических наук, научный сотрудник лаборатории геоинформационных систем (ГИС) и картографирования криолитозоны Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института мерзлотоведения им. П.И. Мельникова Сибирского отделения Российской академии наук. 677010, г. Якутск, ул. Мерзлотная, д. 36, ИМЗ СО РАН. E-mail: aashest@mail.ru.

*Shestakova Aliona Alexeevna, PhD, Melnikov Permafrost Institute of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Researcher of the Laboratory of Geographic Information*

*Systems (GIS) and Permafrost Mapping. 36 Merzlotnaya St., Yakutsk, 677010, Russia. E-mail: aashest@mail.rumailto:torgovkin@mpi.ysn.ru.*

**Васильев Николай Федорович**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории геоинформационных систем (ГИС) и картографирования криолитозоны Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института мерзлотоведения им. П.И. Мельникова Сибирского отделения Российской академии наук. 677010, г. Якутск, ул. Мерзлотная, д. 36, ИМЗ СО РАН. E-mail: nfvas@yandex.ru.

*Vasiliev Nikolay Fedorovich, PhD, Melnikov Permafrost Institute of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Senior Researcher of the Laboratory of Geographic Information Systems (GIS) and Permafrost Mapping. 36 Merzlotnaya St., Yakutsk, 677010, Russia. E-mail: nfvas@yandex.ru.*

УДК: 528.8

DOI: 10.47148/1609-364X-2020-3-53-61

***Филатова В.М., Назаров И.В., Филатов А.В.***

**Крупномасштабный мониторинг смещений техногенных объектов методом радарной интерферометрии**

В статье рассмотрено применение технологии спутниковой радиолокационной интерферометрии для обнаружения деформаций земной поверхности и смещений техногенных объектов на больших территориях. Актуальность работы заключается в необходимости выявления областей повышенного геодинамического риска вследствие природных и антропогенных факторов. Основными результатами данной работы являются: система полной интерферометрической обработки радиолокационных данных Sentinel-1A/B, геоинформационный портал для публикации результатов обработки и интерактивная карта смещений на территории Калининградской области за период 2017-2018 годы. Центральной частью реализованной системы является ранее разработанное и зарегистрированное программное обеспечение FInSAR, предназначенное для обработки радиолокационных данных по методу постоянных интерферометрических отражателей. Важным элементом системы является геопортал, предоставляющий доступ к результатам и содержащий инструменты для геопространственного анализа. Интерактивная карта Калининградской области представляет собой точечные измерения среднегодовой скорости смещений техногенных объектов с возможностью отследить историю смещений. Статья состоит из введения, двух основных разделов и заключения. Введение посвящено актуальности и практической значимости разработанной системы. Во втором разделе приведены характеристики исходных данных Sentinel-1A/B, а также описание технологии радиолокационной интерферометрии и метода постоянных отражателей. В третьем разделе описана общая схема функционирования системы и результаты ее использования для мониторинга смещений техногенных объектов на примере Калининградской области. В заключении представлены выводы и дальнейшее направление исследований и разработок в рамках данного проекта.

**Ключевые слова:** радиолокаторы с синтезированной апертурой, радиолокационная интерферометрия, Sentinel-1A/B, геоинформационный сервис, деформации земной поверхности.

***Filatova V.M., Nazarov I.V., Filatov A.V.***

**Large scale monitoring of technogenic objects displacements using radar interferometry technique**

The given paper considers the use of satellite radar interferometry techniques for the detection of ground surface deformations and technogenic objects displacements over a wide area. The relevance of the work consists of the need for identification of high geodynamical risk areas as a result of natural and anthropogenic factors. The main results of the work are the system of Sentinel-1A/B radar data full interferometric processing, geo-informational service for the publication of the processing results and interactive displacements map of Kaliningrad region for 2017-2018. The central part of the realized system is the previously developed and registered software FInSAR for radar data processing using persistent scatterers method. An important element of the system is geoportal which provides a user with access to the results and contains instruments for geospatial analysis. The interactive map of the Kaliningrad region represents point measurements of average annual displacements rate of technogenic objects with a possibility to trace displacements history. The paper consists of an introduction, two main sections and conclusions. The introduction is devoted to the actuality and practical significance of the developed system. The second section describes the characteristics of

Sentinel-1A/B source data, radar interferometry technique and the persistent scatterers approach. The third section describes the principal scheme of the system operation and the results of its use for technogenic objects displacements monitoring in the Kaliningrad region as an example. In the last section, the main conclusions are made and further direction of research and development in frame of the presented project is designated.

**Keywords:** synthetic aperture radar, radar interferometry, Sentinel-1A/B, geoinformational service, ground surface deformations.

Исследование выполнено при поддержке РФФИ, грант № 19-45-390002.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Васильев Ю.В., Мисюрев Д.А., Филатов А.В. Техногенное влияние разработки Комсомольского месторождения на современные деформационные процессы // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2018. – № 2. – С. 11-20. DOI: 10.31660/0445-0108-2018-2-11-20.
2. Верхотуров А.Л. Оценка деформации земной поверхности по данным спутниковой радиолокационной интерферометрии и GPS на примере Ближне-Алеутского землетрясения 17 июля 2017 // Информационные технологии и высокопроизводительные вычисления : материалы V Междунар. науч-практич. конф. / отв. за выпуск А.Л. Верхотуров. – Хабаровск, 2019. – С. 3-11.
3. Захарова Л.Н., Захаров А.И. Обнаружение динамики мостов методом радиолокационной интерферометрии // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2018. – Т. 15, № 2. – С. 42-51. DOI: 10.21046/2070-7401-2018-15-2-42-51.
4. Захарова Л.Н., Захаров А.И., Митник Л.М. Первые результаты радиолокационного мониторинга последствий оползня на реке бурей по данным SENTINEL-1 // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2019. – Т. 16, № 2. – С. 69-74. DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-2-69-74.
5. Кожаев Ж.Т., Мухамедгалиева М.А., Имансакипова Б.Б., Мустафин М.Г. Геоинформационная система геомеханического мониторинга рудных месторождений с использованием методов космической радиолокационной интерферометрии // Горный журнал. – 2017. – № 2. – С. 39-44. DOI: 10.17580/gzh.2017.02.07.
6. Соломенников М.Ю., Мусихин В.В., Харина Н.М. Оценка точности определения оседаний, полученных методами радарной интерферометрии по спутниковым снимкам ENVISAT и TerraSAR-X на территории промышленного объекта г. Березники // Маркшейдерский вестник. – 2017. – № 2 (117). – С. 44-49.
7. Трофимов Д.М., Захаров А.И., Шуваева М.К. Современные микроамплитудные тектонические движения, дистанционные методы их изучения и значение для нефтегазовой геологии // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2016. – № 4. – С. 6-11.
8. Филатов А.В. Оценка вертикальных и горизонтальных смещений хвостохранилища Кольской ГМК по данным спутниковой радиолокационной съемки // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2017. – Т. 14, № 7. – С. 77-85. DOI: 10.21046/2070-7401-2017-14-7-77-85.
9. Филатов А.В. Программа интерферометрической обработки спутниковых радиолокационных данных (FInSAR). Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RUS 2018614285 21.11.2017.
10. Цирель С.В., Таратинский Г.М., Пономаренко М.Р., Кантемиров Ю.И. Опыт организации мониторинга деформаций земной поверхности в зоне ведения горных работ на предприятиях АО «Апатит» (Мурманская область) с применением метода

космической радарной интерферометрии // Маркшейдерский вестник. – 2017. – № 5 (120). – С. 57-63.

11. Ferretti A., Monti-Guarnieri A., Prati C. InSAR Principles: Guidelines for SAR Interferometry Processing and Interpretation. – Noordwijk : ESA Publications, 2007. – 234 p.

12. Hanssen R.F. Radar Interferometry – Data Interpretation and Error Analysis. – Dordrecht : Kluwer Academic Publishers, 2001. – 308 p.

13. Hooper A., Bekaert D., Spaans K., Arikani M. Recent advances in SAR interferometry time series analysis for measuring crustal deformation // Tectonophysics. – 2012. – P. 1-13.

14. Junisbekova V., Filatov A., Kuznetsova I., Yelisseyeva A. SAR interferometry technique for ground deformation assessment on Karazhanbas oilfield // Procedia Computer Science. – 2016. – P. 1163-1167.

15. Moghaddam N., Samsonov S., Rüdiger C., Walker J., Hall W. Multi-temporal SAR observations of the Surat Basin in Australia for deformation scenario evaluation associated with man-made interactions // Environmental Earth Sciences. – 2016 – V. 75(4). – P. 1-16.

16. Zebker H. A., Goldstein R. M. Topographic Mapping Derived from Synthetic Aperture Radar Measurements // Journal of Geophysical Research. – 1986. – V. 91. – P. 4993-5002.

#### REFERENCES

1. Vasilev Yu.V., Misyurev D.A., Filatov A.V. Anthropogenic influence of the Komsomolsk oil and gas condensate field on modern deformation processes // Oil and gas studies. 2018. No. 2. P. 11-20. DOI: 10.31660/0445-0108-2018-2-11-20.

2. Verkhoturov A.L. Estimation of the ground surface deformation using satellite radar interferometry data and GPS on the example of the Aleutian earthquake July 17, 2017 // Information Technologies and High-Performance Computing : materials of the V International Scientific and Practical Conference / Responsible for the release A.L. Verkhoturov. Khabarovsk, 2019. P. 3-11.

3. Zakharova L.N., Zakharov A.I. Detection of bridges instability by means of SAR interferometry // Modern problems of Remote sensing of the Earth from Space. 2018. V. 15. No. 2. P. 42-51. DOI: 10.21046/2070-7401-2018-15-2-42-51.

4. Zakharova L.N., Zakharov A.I., Mitnik L.M. First results of radar monitoring of the landslide consequences on the Bureya riverbank using Sentinel-1 data // Modern problems of Remote sensing of the Earth from Space. 2019. V. 16. No 2. P. 69-74. DOI: 10.21046/2070-7401-2019-16-2-69-74.

5. Kozhaev Zh.T., Mukhamedgalieva M.A., Mustafin M.G., Imansakipova B.B. Geoinformation system for geomechanical monitoring of ore deposits using spaceborn radar interferometry methods // Mining Journal. 2017. No. 2. P. 39-44. DOI: 10.17580/gzh.2017.02.07.

6. Solomennikov M.Y., Musikhin V.V., Kharina N.M. Estimation of the accuracy of the determination of subsidence obtained by radar interferometry from satellite images of ENVISAT and TerraSAR-X on the territory of the industrial site of Berezniki // Mine Surveying Bulletin. 2017. No 2 (117). P. 44-49.

7. Trofimov D.M., Zakharov A.I., Shuvaeva M.K. Advanced micro-amplitude tectonic shifts, remote methods of their study and their significance for oil and gas geology // Geology, geophysics and development of oil and gas deposits. 2016. No. 4. P. 6-11.

8. Filatov A.V. Estimation of vertical and horizontal displacements at Kolskaya GMK tailing dam using SAR data // Modern problems of Remote sensing of the Earth from. 2017. V. 14. No. 7. P. 77-85. DOI: 10.21046/2070-7401-2017-14-7-77-85.

9. Filatov A.V. The computer program for satellite radar data interferometric processing (FInSAR). Computer program registration certificate RUS 2018614285 21.11.2017.

10. Tsirel S.V., Taratinskiy G.M., Ponomarenko M.R., Kantemirov Yu.I. Earth surface deformation monitoring in the mining areas of JSC «Apatit» enterprise (Murmansk region) using radar interferometry // Mine Surveying Bulletin. 2017. No. 5 (120). P. 57-63.

11. Ferretti A., Monti-Guarnieri A., Prati C. InSAR Principles: Guidelines for SAR Interferometry Processing and Interpretation. – Noordwijk : ESA Publications, 2007. 234 p.
12. Hanssen R.F. Radar Interferometry – Data Interpretation and Error Analysis. Dordrecht : Kluwer Academic Publishers, 2001. 308 p.
13. Hooper A., Bekaert D., Spaans K., Arikan M. Recent advances in SAR interferometry time series analysis for measuring crustal deformation // Tectonophysics. 2012. P. 1-13.
14. Junisbekova V., Filatov A., Kuznetsova I., Yelisseyeva A. SAR interferometry technique for ground deformation assessment on Karazhanbas oilfield // Procedia Computer Science. 2016. C. 1163-1167.
15. Moghaddam N., Samsonov S., Rüdiger C., Walker J., Hall W. Multi-temporal SAR observations of the Surat Basin in Australia for deformation scenario evaluation associated with man-made interactions // Environmental Earth Sciences. 2016. V. 75(4). P. 1-16.
16. Zebker H.A., Goldstein R.M. Topographic Mapping Derived from Synthetic Aperture Radar Measurements // Journal of Geophysical Research. 1986. V. 91. P. 4993-5002.

**Филатова Виктория Михайловна**, кандидат физико-математических наук Балтийского федерального университета им. И. Канта, Института прикладной информатики и математической геофизики, 236016, Калининград, ул. А. Невского, д. 14.

E-mail: ViFilatova@kantiana.ru.

*Filatova Victoria M., Candidate of physico-mathematical sciences. Immanuel Kant Baltic Federal University, Research Institute of Applied Informatics and Mathematical Geophysics. 14 A.Nevskogo St., Kaliningrad, 236016, Russia. E-mail: ViFilatova@kantiana.ru.*

**Назаров Игорь Владимирович**, кандидат технических наук, доцент Балтийского федерального университета им. И. Канта, Института прикладной информатики и математической геофизики. 236016, Калининград, ул. А. Невского, д. 14. E-mail: INazarov@kantiana.ru.

*Nazarov Igor V., Candidate of engineering sciences, docent. Immanuel Kant Baltic Federal University, Research Institute of Applied Informatics and Mathematical Geophysics. 14 A.Nevskogo St., Kaliningrad, 236016, Russia. E-mail: INazarov@kantiana.ru.*

**Филатов Антон Валентинович**, кандидат физико-математических наук Балтийского федерального университета им. И. Канта, Института прикладной информатики и математической геофизики, 236016, Калининград, ул. А. Невского, д. 14. E-mail: AnFilatov@kantiana.ru.

*Filatov Anton V., Candidate of physico-mathematical sciences. Immanuel Kant Baltic Federal University, Research Institute of Applied Informatics and Mathematical Geophysics. 14 A. Nevskogo St., Kaliningrad, 236016, Russia. E-mail: AnFilatov@kantiana.ru.*



***Козловский Е.А.***

**К 75-летию Великой победы. Геология: в созидании и войнах  
(окончание, начало в № 1 2020)**

В 2020 г. весь мир отмечает величайшее событие – 75 годовщину победы Советского Союза и стран коалиции в Великой Отечественной войне - войне, в которой погибли миллионы воинов и безвинных жертв фашистской авантюры. Историки (в который раз!) хронологически изложат факты, объяснят суть и смысл этого гигантского события. Ведь вторая мировая война была не только схваткой сражавшихся армий, но и ожесточённой борьбой экономик воевавших сторон. К сожалению, не только положительные эмоции сопровождают воспоминания. Идет зримый процесс по переписыванию истории Великой войны. Складывается впечатление, что создаётся единый фронт по очернению и фальсификации героического прошлого нашей страны, по пересмотру итогов Великой отечественной войны. Отмечая 75-летие победы в Великой Отечественной войне, мы должны помнить, что геологи - разведчики недр сделали всё, чтобы обеспечить развитие экономики на всём пути развития Государства. Это необходимо знать и использовать на новом этапе развития страны!

***Kozlovsky E.A.***

**To the 75th anniversary of the Great Victory. Geology: in creation and wars (the end,  
beginning at No. 1 2020)**

In 2020, the whole world celebrates the greatest event – the 75th anniversary of the victory of the Soviet Union and coalition countries in the Great Patriotic War – a war in which millions of soldiers and innocent victims of a fascist adventure were killed. Historians (once again!) Will chronologically state the facts, explain the essence and meaning of this gigantic event. After all, World War II was not only a battle between the fighting armies, but also a fierce struggle between the economies of the warring parties. Unfortunately, not only positive emotions accompany memories. There is a visible process of rewriting the history of the Great War. One gets the impression that a united front is being created to denigrate and falsify the heroic past of our country, to review the results of the Great Patriotic War. Celebrating the 75th anniversary of the victory in the Great Patriotic War, we must remember that geologists – prospectors of the subsoil did everything possible to ensure the development of the economy along the entire path of development of the State. It is necessary to know and use it at a new stage in the development of the country!

**Козловский Евгений Александрович**, доктор технических наук, профессор, Министр геологии СССР (1975-1989 гг.). E-mail: [igep@mail.ru](mailto:igep@mail.ru).

*Kozlovsky Evgeny Aleksandrovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Minister of Geology of the USSR (1975-1989). E-mail: [igep@mail.ru](mailto:igep@mail.ru).*