



№ 1/2018

IN THE ISSUE:

TOWARDS A FULLY
AUTOMATED BURNED AREA
MAPPING METHODOLOGY BASED
ON SENTINEL-2 IMAGERY



ATLANTIC TECTONIC ZONE:
PLATE TECTONICS INITIATED BY
SUPERPLUME



U-PB DATING OF A HIGH-
PRESSURE GRANULITE FELSIC
VEIN (GRIDINO AREA OF THE
BELOMORIAN ECLOGITE
PROVINCE, RUSSIA)



MODELING OF SUSTAINABLE
DEVELOPMENT OF TERRITORIES



RUDN
university

GeoScience
SCIENTIFIC JOURNAL

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ / EDITORIAL BOARD**Петр Докукин / Peter Dokukin**

главный редактор, кандидат технических наук (Россия) /
Chief Editor, PhD in Geodesy (Russia)

Владимир Владимиров / Vladimir Vladimirov

кандидат геолого-минералогических наук (Россия) / PhD in
Geological and Mineralogical Science (Russia)

Иоаннис Гитас / Ioannis Gitas

PhD, профессор (Греция) / Head of Editorial Council, PhD in GIS
(Greece)

Радим Гарецкий / Radim Garetsky

академик РАН, академик НАН Беларуси, доктор геолого-
минералогических наук, профессор (Республика Беларусь) /
Academician of RAS, Academician of National Academy of Science
of Belarus, Doctor of Geological and Mineralogical Science,
professor (Belarus)

Ксения Докукина / Ksenia Dokukina

кандидат геолого-минералогических наук (Россия) / PhD in
Geological and Mineralogical Science (Russia)

Юрий Ерохин / Yuriy Erokhin

кандидат геолого-минералогических наук (Россия) / PhD in
Geological and Mineralogical Science (Russia)

Эй-Хсинг Жу / A-Xing Zhu

PhD, профессор (США) / PhD, professor (USA)

Михаил Кабан / Mikhail Kaban

доктор физико-математических наук (Германия) / Doctor of
Science (Germany)

Александр Карпик / Aleksandr Karpik

доктор технических наук, профессор (Россия) / Doctor of
Technical Science, professor (Russia)

Владимир Кафтан / Vladimir Kaftan

доктор технических наук (Россия) / Doctor of Technical
Science (Geoinformatics) (Russia)

Сергей Лебедев / Sergey Lebedev

доктор физико-математических наук (Россия) / Doctor of
Science (Russia)

Юджин Левин / Eugene Levin

PhD, доцент (США) / PhD, Associate Professor, (USA)

Василий Малинников / Vasily Malinnikov

доктор технических наук, профессор (Россия) / Doctor
of Technical Science (Geodesy), professor (Russia)

Михаил Минц / Michail Mints

доктор геолого-минералогических наук (Россия) / Doctor of
Geological and Mineralogical Science (Russia)

Анатолий Певнев / Anatoly Pevnev

доктор технических наук, профессор (Россия) / Doctor of
Technical Science, professor (Russia)

Вадим Плющиков / Vadim Plyushikov

доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Россия) /
Doctor of Agriculture Science, professor (Russia)

Александр Прищепов / Alexandr Prishchepov

PhD, доцент (Дания) / PhD, Associate Professor (Denmark)

Игорь Савин / Igor Savin

член-корреспондент РАН, доктор сельскохозяйственных
наук, профессор (Россия) / Corresponding member of RAS,
Doctor of Agriculture Science (Russia)

Виктор Савиных / Victor Savinykh

член-корреспондент РАН, доктор технических наук,
профессор (Россия) / Corresponding member of RAS, Doctor of
Technical Science (Geodesy), professor (Russia)

Сергей Харченко / Sergey Kharchenko

доктор физико-математических наук, профессор (Россия) /
Doctor of Physical and Mathematician Science, Professor (Russia)

РЕДАКЦИЯ / TECHNICAL BOARD**Петр Докукин / Peter Dokukin****Владимир Кафтан / Vladimir Kaftan****Гаик Аتماчьян / Gaik Atmachyan****Артемий Алексеев / Artemiy Alexeev****Антон Поддубский / Anton Poddubsky****Денис Парпура / Denis Parpura**

Свидетельство Роскомнадзора Эл№Фс77-44805 от 29.04.2011

ISSN: 2223-0831

Журнал включен в Российский индекс научного цитирования

Учредители (издатели): РУДН, ООО «ГеоДозор», Россия, Москва

Издается совместно с Российским университетом дружбы народов

Почтовый адрес редакции: Россия, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 8 кор. 2, каб. 445

Электронный адрес: <http://geo-science.ru>

Электронная почта: journal@geo-science.ru

Размещение статьи в номере журнала на его официальном интернет-сайте <http://geo-science.ru> является свидетельством публикации.

Авторские права сохраняются в соответствии с международными правилами.

Авторы статей несут ответственность за содержание статей и за сам факт их публикации. Редакция не всегда разделяет мнения авторов и не несет ответственности за недостоверность публикуемых данных. Редакция журнала не несет никакой ответственности перед авторами и/или третьими лицами и организациями за возможный ущерб, вызванный публикацией статьи. Редакция вправе изъять уже опубликованную статью, если выяснится, что в процессе публикации статьи были нарушены чьи-либо права или общепринятые нормы научной этики. О факте изъятия статьи редакция сообщает автору, который представил статью, рецензенту и организации, где работа выполнялась.

Правила предоставления статей и требования к их оформлению размещены на официальном сайте журнала по адресу <http://geo-science.ru>

ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ / REMOTE SENSING	
<i>Георгопулос Н., Ставрокудис Д., Гитас И.</i> Технология автоматизированного картирования выжженной территории с использованием системы Sentinel-2 Imagery / <i>Georgopoulos N., Stavrakoudis D., Gitas I.</i> Towards a Fully Automated Burned Area Mapping Methodology Based on Sentinel-2 Imagery	004
ГЕОЛОГИЯ / GEOLOGY	
<i>Минц М.В., Афонина Т.Б.</i> Атлантическая тектоническая зона: плейт-тектоника, инициированная суперплюмом / <i>Mints M.V., Aфонina T.B.</i> Atlantic Tectonic Zone: Plate Tectonics Initiated by Superplume	012
<i>Абрамов Б.Н.</i> Особенности распределения редкоземельных элементов в рудах золоторудных и молибденовых месторождений Восточного Забайкалья / <i>Abramov B.N.</i> Peculiarities of Distribution of Rare Earth Elements in Ores of Gold and Molybdenum Deposits in Eastern Transbaikalia	035
<i>Докукина К.А., Конилов А.Н., Каулина Т.В., Ван К.В., Бондаренко Г.В.</i> U-Pb датирование жилы высокобарного кислого гранулита (район села Гридино, Беломорская эклогитовая провинция) / <i>Dokukina K.A., Konilov A.N., Kaulina T.V., Von K.V., Bondarenko G.V.</i> U-PB Dating of a High-Pressure Granulite Felsic Vein (Gridino Area of the Belomorian Eclogite Province, Russia)	044
ГЕОИНФОРМАТИКА / GEOINFORMATICS	
<i>Цветков В.Я.</i> Информационное обеспечение кадастра / <i>Tsvetkov V.Ya.</i> Cadastre Information Support	054
ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО И КАДАСТРЫ / LAND USE PLANNING AND CADASTRE	
<i>Ознамец В.В.</i> Моделирование устойчивого развития территорий / <i>Oznamets V.V.</i> Modeling of Sustainable Development of Territories	061
<i>Цветков В.Я., Сельманова Н.Н.</i> Когнитивная карта как инструмент оценки недвижимости / <i>Tsvetkov V.Ya., Selmanova N.N.</i> Cognitive Map as a Tool for Assessing Real Estate	070
<i>Лобанова А.Э., Овчинникова А.С.</i> Взаимосвязь проблем в сферах кадастрового учета, регистрации и кадастровой оценки недвижимости в Российской Федерации / <i>Lobanova A.E., Ovchinnikova A.S.</i> Interrelation of Problems in the Fields of Cadastre Accounting, Registration and Cadastre Evaluation of the Real Estate in Russian Federation	081

TOWARDS A FULLY AUTOMATED BURNED AREA MAPPING METHODOLOGY BASED ON SENTINEL-2 IMAGERY

Nikos Georgopoulos

Dimitris Stavrakoudis

Ioannis Z. Gitas

Laboratory of Forest Management and Remote Sensing, School of Forestry and Natural Environment, Aristotle University of Thessaloniki

Address: Aristotle University of Thessaloniki, Thessaloniki 54124, Greece

E-mail: ngeorgop@for.auth.gr

Abstract: *Timely and accurate burned area mapping is essential for quantifying the environmental impact of wildfires and for designing short- to mid-term preemptive measures that can mitigate the possible impacts of the fire/heavy rainfall combination. This paper presents a semi-automated burned area mapping methodology, which is an improved version of the so-called Object-based Burned Area Mapping (OBAM) service, previously developed within the context of the Greek National Observatory of Forest Fires (NOFFi) project. The new approach focuses primarily on Sentinel-2 imagery, which provides high-resolution optical data, a short revisit cycle of five days and a wealth of spectral information that is crucial for burned area mapping. Compared to its precursor NOFFi-OBAM, the new methodology introduces several enhancements for reducing user interaction and, thus, for increasing its capacity for operational utilization on a national level. More specifically, the Fuzzy Complementary Criterion (FuzCoC) is exploited in order to define the minimum set of informative features. The latter are employed for discriminating burned from unburned ones, following a supervised classification approach. Moreover, a number of well-known burned area indices are calculated on a pre-fire and a post-fire image of the affected area and their difference is employed for labeling a portion of the selected training patterns (the most unambiguous ones), through a set of empirical rules. This significantly reduces the effort required for manually labeling the training patterns. The proposed method has been tested on a set of wildfire incidents during the 2016 fire season in Greece, considering representative examples of burned landscapes with different complexity and topography. The results highlight the method's effectiveness in providing accurate mappings with reduced user effort, paving the way for the development of a fully automated burned area mapping method.*

Keywords: *Mediterranean region, mapping, remote sensing, image, forest, fires, burned area, NDSI, NDWI*

Introduction

Forest fires can be considered as one of the most important problems that forest managers have to confront to maintain forests at a sustainable and productive level (Palandjian et al, 2009). Wildfires introduce a high risk of direct damage to humans and structures in most of the highly populated Mediterranean countries, and especially in coastal regions (Pausas et al, 2008). On average, about 65.000 fires occur in Europe every year, burning approximately half a million hectares of wildland and forest areas; most of the burnt area, over 85%, is in the European Mediterranean region (San-Miguel-Ayanz et al, 2012).

Remote sensing from airborne and spaceborne platforms provides valuable data for mapping, environmental monitoring and disaster management (Benz et al. 2004). The last decades, the spaceborne platforms have been provided a wildfire management approach in regional, national

and worldwide scale. In this study, we focus on Sentinel-2, which consists of two satellites, Sentinel-2A (launched 23 June 2015) and Sentinel-2B (launched 7 March 2017). These satellites provide high resolution optical data (10m, 20m and 60m), with a short revisit cycle and a wealth of spectral information that is crucial for burned area mapping.

Current satellite-based strategies for large-area burn assessment may be grouped into two categories, active fires (hotspot) detection and postfire burn detection (Frazer et al. 2000). In the last few years, several global burned area products have been made available to the international community, and are being used as input to climate models (Mouillot et al., 2014). According to Kumar et al (2016), NIR and shortwave-infrared wavelengths have been found to provide stronger burned area discrimination than visible wavelengths, and most burned area mapping algorithms are based on detecting decreased reflectance at

these wavelengths. Many researchers use spectral indices in order to discriminate the burned and unburned areas. Although these indices may produce good burned area discrimination for a particular location and time they may not perform well elsewhere (Kumar et al, 2016).

This study is an improved version of Object-based Burned Area Mapping (OBAM) service, previously developed within the context of the Greek National Observatory of Forest Fires (NOFFi) project. NOFFi-OBAM is a semi-automatic burned area mapping service, based on an object-based image analysis approach and state-of-the-art supervised classification models (Tompoulidou et al, 2016). This new methodology introduces a graph theoretic approach for unsupervised feature selection (Morandi et al. 2016) in order to select the minimum number of features that include a significant amount of information and facilitate the automate training patterns selection. Furthermore, the following spectral indices have been calculated in pre- and post-fire images: Char Soil Index (CSI) (Smith et al, 2005), Mid Infra-Red Burn Index (MIRBI) (Trigg et al, 2001), Modified Soil Adjusted Vegetation Index (MSAVI2) (Qi et al, 1994), Normalized Difference Infrared Index (NDII) (Hunt and Rock, 1989), Normalized Burned Ratio 2 (NBR2), Normalized Difference Sand

Index (NDSI) and Normalized Difference Water Index (NDWI). All the indices from the pre- and post-fire images have been used to produce the delta images, creating new images which include the difference of every spectral index in each area. Thresholds have been employed in all the

delta images in order to label the unequivocal burned and unburned training patterns. All the above contribute in the configuration of a semi-automatic method, which notably reduce the user effort for labeling the training patterns and is a precursor of a fully automated burned area mapping method.

Data and Preprocessing

Sentinel-2A Images

Sentinel 2 is an European Space Agency (ESA) and Copernicus Program mission which aims: (1) To provide systematic global acquisitions of high-resolution multi-spectral imagery with a high revisit frequency, (2) to provide enhanced continuity of multi-spectral imagery provided by the SPOT (Satellite Pour l'Observation de la Terre) series of satellites, and (3) to provide observations for the next generation of operational products such as land-cover maps, land change detection maps, and geophysical variables (Drusch et al, 2012). In this study, we used Sentinel-2A data, which are available via scihub.copernicus.eu in Top Of Atmosphere Level 1C georeferenced in Universal Transverse Mercator products. Every swath is divided in smaller 100×100 km tiles.

Study Area

The study areas are five different wildfires that took place in the Greek region. More specifically, we choose five wildfires with different terrains, different vegetation and characteristics in order to test the proposed method in multiple the ecosystem types.

Table 1.

Sentinel-2A Level 1C Tile products

Location	Pre-fire Imagery Date	Post-fire Imagery Date	L1C Tile
Sidirouna, Chios, Greece	23/08/2016	9/05/2016	T35 SMC
Saktouria, Crete, Greece	27/07/2016	6/08/2016	T35 SKU
Elata, Chios, Greece	20/07/2016	27/07/2016	T35 SMC
Farakla, Euboea, Greece	23/07/2016	5/08/2016	T34 SGH
Karystos, Euboea, Greece	20/7/2016	30/07/2016	T35 SKC

Preprocessing

All the acquired data was georeferenced, so no geometric correction took place in any of the tiles. From each swath, we selected the tiles of the Tab. 1, in order to convert the Top Of Atmosphere Reflectance (TOA) to Bottom Of Atmosphere (BOA) with Sen2Cor 2.3.1.. Sen2Cor is a Level-2A (L2A) processor which main purpose is to correct single-date Sentinel-2 Level-1C products from the effects of the atmosphere in order to deliver a Level-2A surface reflectance product (Louis et al, 2016). We execute this process in the resolution of 10m thus all the spectral bands retain their default spatial resolution. This process was repeated for both pre-fire and post-fire tiles.

The produced Bottom Of Atmosphere (BOA) products were clipped in the extend of the fire perimeter, for saving process power which is needed to execute the whole process. For this procedure we used OSGeo4W, following the steps: (1) build a virtual raster file (*.vrt) with the function "gdalbuildvrt" for every tile, (2) clip the virtual raster files in the fire perimeter extends (manually) and export them as GeoTiff files (*.tif) with the function gdal_translate. The clipped tiles have the minimum required extend in order to map the burned area. For every clipped image, nine spectral indices have been considered (Tab. 2). Every index is stacked as a layer in the new images thus every image has nine layers.

Table 2.

Spectral indices considered in this study

Spectral Indices	Formulation
Normalized Difference Water Index (NDWI)	$NDWI = \frac{Red - NIR}{Red + NIR}$
Modified Soil Adjusted Vegetation Index (MSAVI2)	$MSAVI2 = \frac{2NIR + 1 - \sqrt{(2NIR + 1)^2 - 8(NIR - R)}}{2}$
Char Soil Index (CSI)	$CSI = \frac{NIR}{SWIR}$
Mid-Infrared Burned Index (MIRBI)	$MIRBI = 10LSWIR - 9.8SSWIR + 2$
Normalized Difference Sand Index (NDSI)	$NDSI = \frac{SWIR2 - Red}{SWIR2 + Red}$
Normalized Burned Ratio 2 (NBR2)	$NBR2 = \frac{SSWIR - LSWIR}{SSWIR + LSWIR}$
Normalized Difference Infrared Index (NDII)	$NDII = \frac{NarrowNIR - SSWIR}{NarrowNIR + SSWIR}$

The last step of preprocessing is the formation of the delta images which contains the difference between the considered spectral indices of pre-fire and post-fire images of every study area. For the calculation of delta images, we used OSGeo4W and more specifically the function gdal_calc.py, in order to produce a new image in GeoTiff

(* .tif) format which contains the difference of each spectral index in every layer:

$$\Delta Image = (\rho_{prefire} - \rho_{postfire}), \quad (1)$$

where $\rho_{prefire}$ is the pixel values of every index in the pre-fire image and $\rho_{postfire}$ is the pixel values of every index in the post-fire image.

Processing

First, thresholds have been applied in order to discriminate the definitely burned from the unburned areas and calculated as a function of the difference between pre- and post-fire images. These thresholds have been produced from the detection of the burned and unburned areas' pixel values. The following table Tab. 3 presents the threshold values which have been established for the study areas.

Table 3.
Threshold Values for discriminate burned and unburned areas

Indices	Burned	Unburned
ΔNDSI	>0.5	-
ΔCSI	> -0.60	< -1
ΔMIRBI	<-2	> -1.30
NDWI	=0	=1
ΔNBR2	> 0.10	< -0.02
ΔNDII	>0.40	< 0.20

Discrimination of Burned Areas

Using the following logical function which contains the values from the Tab. 3 and logical operators we can separate the burned and unburned pixels of ever given image. For the burned area discrimination we implement the following function:

$$\begin{aligned}
 & [((\text{"NIRpre"} / \text{"NIRpost"}) - 1) > 0.2 \text{ OR } \Delta\text{MIRBI} < -1.5] \\
 & \text{AND } \Delta\text{NDII} > 0.2) \text{ AND } \text{"NDSI"} > 0.5 \\
 & \text{AND } \text{"NDWI"} = 0 \qquad (2)
 \end{aligned}$$

We used the “OR” operator in all of the indices which underestimate the burned area and the “AND” operator in the indices which overestimate the burned area. The rate of change of NIR and the ΔMIRBI underestimated the burned area, emphasizing only in the area where the surface is completely burned. Thus is used the “OR” operator, in order to aggregate all the estimated burned areas, according to the thresholds.

The ΔNDII discriminated the burned area with high accuracy, although they included crops and artificial surfaces in the

burned area. Thus is used the “AND” operator, in order to intersect the estimated areas, and use only the unmistakably burned areas.

Last, we used the “AND” operator to intersect the estimated areas which are generated from the two subsections of the function. With this operator the estimated areas of the two sections of the function are clipped, in order to produce the final estimation for the burned area. Normalized Difference Water Index and Normalized Difference Sand Index are also implemented in order to extract the

Discrimination of Unburned Area

For the discrimination of the unburned area we used a similar to the previous case, employing a set of thresholds in every difference spectral index. We divide the function (3) in two sections.

$$\begin{aligned}
 & (\Delta\text{MIRBI} > -1.3 \text{ AND } (\Delta\text{NBR2} < -0.02 \text{ OR} \\
 & \Delta\text{NDII} < 0)) \text{ OR } \text{"NDWI"} = 1 \qquad (3)
 \end{aligned}$$

In the first section, “AND” operator is being used in order to intersect all the Δ spectral indices with high capability in the discrimination of the unburned area. In the second section, the “OR” operator is used to intersect the Δ spectral indices that the estimated unburned area is almost identical in all of them. Last, the two estimated areas are joined, in order to extract the areas that are unmistakably unburned.

Image Segmentation

For the feature extraction procedure the Mean Shift algorithm was employed through its efficient implementation within the Orfeo Toolbox, in QGIS interface. The Spatial Radius was determined in 10 pixels, and the minimum object size in 4 pixels. The extraction of the object-level features is based on their calculated Mean, Standard Deviation Values and Data Range for each band and object.

Training Pattern Selection

The segmented images are dissected into clusters, using the Fuzzy C-means (FCM) (Bezdek et al., 1984) clustering algorithm, in order to select representative training sets. This algorithm ensures that both clear and mixed objects are appropriately selected and employs only 2% of the dataset, with minimum 100 objects and maximum 500. More specifically, the whole set of objects is split into a number of clusters (6 by default) using the Fuzzy C-means (FCM) algorithm. The mean spectral value of all pixels within the object in each band is considered for formulating the feature space in this step. Since FCM is a fuzzy clustering algorithm, it also returns the certainty degrees for an object to belong to any of the clusters. For an object x_p , if u_{jp} is the maximum certainty degree (that is, object x_p is assigned to cluster C_j) and u_{kp} is the second largest degree (the maximum competitor), then the difference $\Delta_p = u_{jp} - u_{kp}$ is a measure of the object being assigned unambiguously to a cluster (the lower the Δ_p value is, the more ambiguous the assignment is). The training set is formulated by selecting from each cluster a number of object proportionally to the cluster's size (number of objects assigned to it). Approximately one third of the object in each cluster C_j are selected randomly, but with a random number distribution Δ_j that is defined by the normalized values Δ_p for all objects assigned to the cluster (that is,

$$\Delta_j = \{\Delta_p / \sum_{x_p \in A_j} \Delta_p, x_p \in A_j\},$$

where A_j is the set of all objects assigned to cluster C_j).

Another third of the objects in each cluster C_j are selected with the inverse random number distribution $1 - \Delta_j$, whereas the final third of objects are selected as the ones with maximum Euclidean distance from all previously selected, following a similar procedure with the K-means++ algorithm (Arthur et al, 2007). The aforementioned procedure ensures that all different states of the feature space will be represented in the

training set. Last, the selected objects are labeled according to the percentage of burned or unburned pixels in every feature. The remaining unlabeled features are labeled by the user.

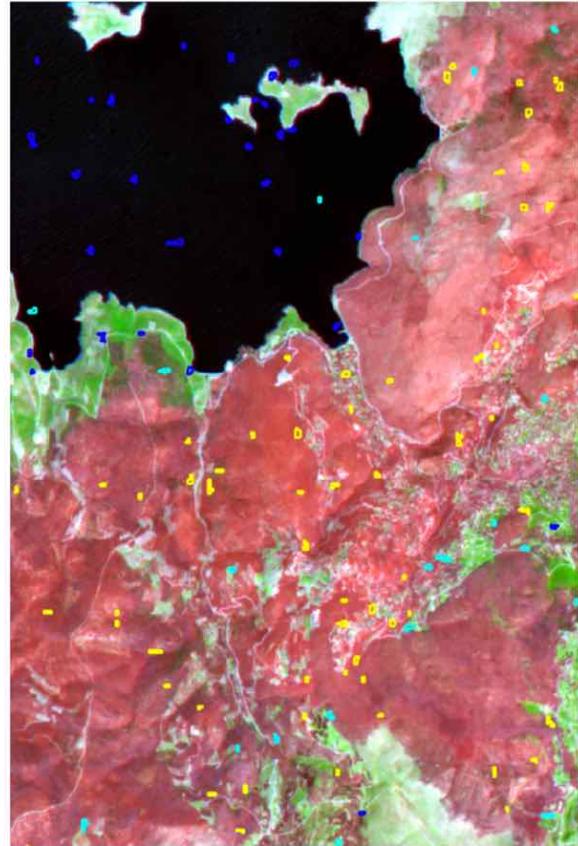


Figure 1. Feature selection procedure. With the blue color are the unburned features, with yellow the burned and with light blue the ambiguous.

Feature Selection and Supervised Classification

The definition of the minimum set of informative features based on the Fuzzy Complementary Criterion (FuzCoC) (Moustakidis et al, 2008)). The FuzCoC Algorithm is a fast but efficient supervised feature selection algorithm following the filter approach (Tompoulidou et al, 2016). The burned area delineation is derived employing the Support Vector Machine (SVM) classifier (Cortes et al, 1995). The final map is produced after manual corrections and dissolve of the burned features in a single polygon.

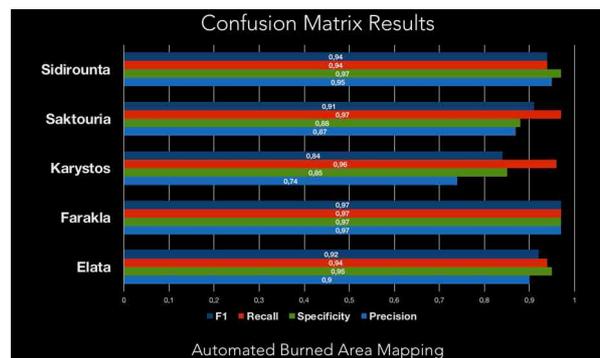
Results

In this study, five representative cases were selected and the results demonstrate the methods effectiveness of the developed methodology/service in all cases including complex landscapes (sparse low vegetation, agricultural fields) and burn scars with complex spatial patterns, with significantly reduced user effort. In Elata and Farakla, the user defined objects are significantly less than the auto-classified objects (Tab. 4), and the precision, specificity and recall (Graph 1) are satisfying in these cases.

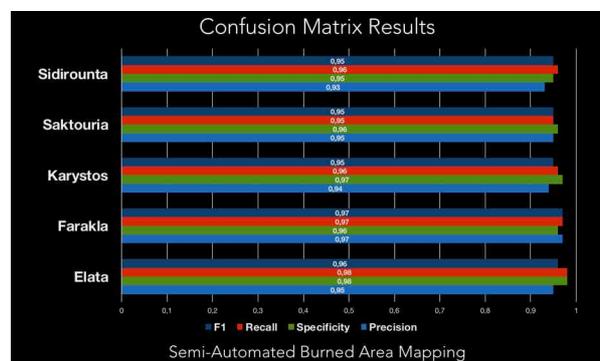


Figure 2. Example of the final burned area delineation in Farakla 2006.

Although, more work has to be done in Karystos and Saktouria, where the majority of the coverage is agricultural areas mixed with barren ground. In these cases, the classifier misclassifies the barren ground and the agricultural areas as burned areas. Also in Sidirounta the recall value is satisfying, but the precision values are below the average. Thus, more improvements have to be done with the feature selection and auto labeling algorithms, in order to create a fully automatic burned area mapping methodology.



Graph 1. Automated Burned Area Mapping Confusion Matrix



Graph 2. Semi-Automated Burned Area Mapping Confusion Matrix

Table 4.

Training objects classification in every area

AREA	Elata	Farakla	Karystos	Saktouria	Sidirounta
TRAINING OBJECTS	501	500	499	502	230
AUTO-CLASSIFIED	325	432	229	184	176
MANUAL-CLASSIFIED	176	68	270	318	54

For the semi-automatic procedure, the delineation of the burned areas is more accurate than the automatic procedure. In this case, the user labels all the remaining unlabeled features. In all of the cases, the precision, specificity, recall and the harmonic mean are higher than the automatic procedure, creating more accurate maps. Although, this procedure is more time consuming and the user should be experienced in identifying the burned and unburned objects.

Conclusions

The NOFFi-OBAM is a dynamically updateable system aiming at the most accurate burned area mapping using automatic procedures. In the near future, new algorithms for the feature selection and the auto-labeling will be introduced, in order to produce more accurate maps, without user interference. Although this tool has been specifically developed for the Greek forest ecosystems, it can be adopted in different ecosystems with minor modifications.

References

1. A, Juli G Pausas et al. "Are Wildfires a Disaster in the Mediterranean Basin? – A Review." (2008): 713–723.
2. Arthur, D., Vassilvitskii, S., "K-means++: The Advantages of Careful Seeding," Proceedings of the Eighteenth Annual ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithms, 1027–1035, Society for Industrial and Applied Mathematics, Philadelphia, PA, USA (2007).
3. Benz, Ursula C et al. "Multi-Resolution, Object-Oriented Fuzzy Analysis of Remote Sensing Data for GIS-Ready Information." 58 (2004): 239–258.
4. Bezdek, J. C., Ehrlich, R., Full, W., "FCM: The fuzzy c-means clustering algorithm," *Computers & Geosciences* 10(2–3) (1984), 191–203.
5. By, Published. "World's Largest Science, Technology & Medicine Open Access Book Publisher Comprehensive Monitoring of Wildfires in Europe: The European Forest Fire Information System (EFFIS)."
6. Chuvieco, E, M P Martín, and A Palacios. "Assessment of Different Spectral Indices in the Red-near-Infrared Spectral Domain for Burned Land Discrimination." 1161.July (2017).
7. Cortes, C., Vapnik, V., "Support-vector networks," *Mach Learn* 20(3) (1995): 273–297.
8. Drusch, M et al. "Remote Sensing of Environment Sentinel-2 : ESA ' S Optical High-Resolution Mission for GMES Operational Services." 120 (2012): 25–36. Web.
9. Ecology, Plant, Bernard Pinty, and European Commission. "GEMI : A Non-Linear Index to Monitor Global Vegetation from Satellites." July (1992).
10. Fraser, R H, Z Li, and J Cihlar. "Hotspot and NDVI Differencing Synergy (HANDS): A New Technique for Burned Area Mapping over Boreal Forest." 376.December 1999 (2000): 362–376.
11. Hunt, E Raymond, and Barrett N Rock. "Detection of Changes in Leaf Water Content Using Near- and Middle-Infrared Reflectances." 54 (1989): 43–54.
12. Inglada, J, Christophe, E., "The Orfeo Toolbox remote sensing image processing software," *Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2009 IEEE International, IGARSS 2009 4, IV – 733 – IV – 736*.
13. Jordan, Carl F. "Derivation of Leaf-Area Index from Quality of Light on the Forest Floor Author (S): Carl F . Jordan Published by : Wiley on Behalf of the Ecological Society of America Stable URL : <http://www.jstor.org/stable/1936256>." 50.4 (2017): 663–666.
14. Kumar, Sanath Sathyachandran, Jose Gomez-dans, and Jian Li. "Separability Analysis of Sentinel-2A Multi-Spectral Instrument (MSI) Data for Burned Area Discrimination."
15. Louis, Jérôme et al. "Sentinel-2 Sen2Cor : L2A Processor for Users."
16. Maritime, Chatham. "An Evaluation of Di V Erent Bi-Spectral Spaces for Discriminating Burned." 22.13 (2001): 2641–2647.
17. Moradi, Parham, and Mehrdad Rostami. "Engineering Applications of Arti Fi Cial Intelligence Brief Paper A Graph Theoretic Approach for Unsupervised Feature Selection." *Engineering Applications of Artificial Intelligence* 44 (2015): 33–45.
18. Mouillot, Florent et al. "International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation Ten Years of Global Burned Area Products from Spaceborne Remote Sensing — A Review : Analysis of User Needs and Recommendations for Future Developments." *International Journal of Applied Earth Observations and Geoinformation* 26 (2014): 64–79.
19. Moustakidis, S. P., Theocharis, J. B., Giakas, G., "Subject Recognition Based on Ground Reaction Force Measurements of Gait Signals," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B: Cybernetics* 38(6) (2008), 1476–1485.
20. Palandjian, Dimitris, Ioannis Z Gitas, and Robert Wright. "Burned Area Mapping and Post-Fire

- Impact Assessment in the Kassandra Peninsula (Greece) Using Landsat TM and Quickbird Data.” 6049, July (2017).
21. Qi, J et al. “A Modified Soil Adjusted Vegetation Index.” 126 (1994): 119–126.
 22. Smith, Alistair M S et al. “Testing the Potential of Multi-Spectral Remote Sensing for Retrospectively Estimating Fire Severity in African Savanahs.” 97 (2005): 92–115.
 23. Sriwongsitanon, N et al. “The Normalized Difference Infrared Index (NDII) as a Proxy for Soil Moisture Storage in Hydrological Modelling.” (2015): 8419–8457.
 24. Tompoulidou, Maria et al. “The Greek National Observatory of Forest Fires (NOFFi).” 9688 (2016): 1–9.
 25. Woźniak, E, and S Aleksandrowicz. “AN OBJECT-BASED BURNT AREA DETECTION METHOD BASED ON LANDSAT IMAGES – A STEP FORWARD FOR AUTOMATIC GLOBAL HIGH-RESOLUTION MAPPING.” Martin (1998).



ТЕХНОЛОГИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО КАРТИРОВАНИЯ ВЫЖЖЕННОЙ ТЕРРИТОРИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ SENTINEL – 2 IMAGERY

Никос Георгопулос

Димитрис Ставрокудис

Иоаннис Гитас

Лаборатория управления лесными ресурсами и дистанционного зондирования, Школа лесного хозяйства и природных ресурсов, Университет Аристотеля г. Салоники, Греция

Адрес: Греция, г. Салоники, 54124, Университет Аристотеля

E-mail: ngeorgop@for.auth.gr

Аннотация: Своевременное и точное картирование выжженной территории является основополагающим для оценки последствий пожаров для окружающей среды и планирования коротко – среднесрочных упреждающих мер с целью уменьшения неблагоприятного воздействия комбинации пожара с сильными осадками. В настоящей статье представлена методология полуавтоматического картирования выжженной территории, которое является улучшенной версией так называемого сервиса картирования выжженной территории на объекте (ОБАМ), ранее спроектированного в рамках проекта Греческого Национального Мониторинга Лесных Пожаров (НОФФи). Новый подход сосредоточен на системе Сентинель – 2 имэйджери, которая представляет данные оптических наблюдений высокого разрешения, пятидневный короткий срок наблюдения и высокое качество спектральной информации, которые являются ключевыми для картирования выжженной территории. По сравнению с ранее используемыми новая методология предусматривает автоматизацию некоторых операций, имеет больше возможностей и более удобна для использования ее на национальном уровне. В частности, для определения минимального набора информационных характеристик используется технология Fuzzy Complementary Criterion (FuzCoC). Данная технология используется для отделения сгоревших площадей от несгоревших, используя принятую классификацию. Кроме того, количество известных индексов сгоревшей площади рассчитывается на предпожарной и постпожарной картах пораженного участка, и их различие используется для автоматизированной маркировки выбранных объектов исследования, что значительно сокращает объем работ по ручной маркировке объектов. Предлагаемый метод был испытан для анализа последствий пожаров, произошедших в Греции в 2016 году. При этом были рассмотрены различные примеры сгоревших ландшафтов с различным рельефом. Результаты подтверждают эффективность метода частичной автоматизации получения точных данных, что открывает путь для разработки полностью автоматизированного метода картографирования выжженных областей.

Ключевые слова: Средиземноморский регион, картография, дистанционное зондирование, изображение, лес, пожары, выжженная площадь, NDSI, NDWI

© Authors, 2018

АТЛАНТИЧЕСКАЯ ТЕКТОНИЧЕСКАЯ ЗОНА: ПЛЕЙТ-ТЕКТОНИКА, ИНИЦИИРОВАННАЯ СУПЕРПЛЮМОМ

Минц М.В.	Афонина Т.Б.
Доктор геолого-минералогических наук, заведующий Лабораторией тектоники раннего докембрия, Геологический институт (ГИН) РАН	Ведущий инженер Лаборатории минералогического анализа, Геологический институт (ГИН) РАН
Адрес: 119017 Москва, Пыжевский пер, 7 E-mail: michael-mints@yandex.ru	Адрес: 119017 Москва, Пыжевский пер, 7 E-mail: afoninatoma@yandex.ru

Аннотация. Атлантическая зона (Северная Атлантика, возможно, аналогично и Южная Атлантика) включает основание Атлантического океана и тектонические структуры в его обрамлении. Геодинамические обстановки формирования этих структур были непосредственно связаны с возникновением и эволюцией Атлантического и предшествовавших океанов. Атлантическая зона представляет собой долгоживущую, минимально от ~2.2 млрд лет до сегодняшнего дня, тектоническую зону, океаническое раскрытие в пределах которой датировано интервалами ~2.2-1.8 млрд лет (Свекофеннский океан), ~1.7-1.3 млрд лет (Пре-Гренвиллский океан), ~0.65-0.40 млрд лет (Япетус), 0.16 млрд лет-настоящее время (Атлантический океан). Атлантический тип геодинамической эволюции инициирован мантийно-плюмовой активностью и представляет собой пример взаимодействия плюм-тектоники и плейт-тектоники. Необходимы дальнейшие исследования, чтобы оценить степень уникальности этого типа геодинамической эволюции и его возможную повторяемость в иных регионах, в том числе там, где современные океаны отсутствуют.

Ключевые слова: Атлантическая тектоническая зона, Лавроскандия, архей, протерозой, тектоника плит, тектоника плюмов.

1. Введение

Реконструкции, опирающиеся на корреляцию геологических событий Северо-Американского и Восточно-Европейского кратонов, предполагают их объединение около 1.8 млрд лет назад [37, 47]. Некоторые исследователи, анализируя особенности палеопротерозойской геологии этих кратонов (в частности, размещение роев даек) предполагают, что это объединение могло произойти уже к 2.5 млрд лет назад [16, 43, 65]. Для суперконтинента, объединявшего Северо-Американский и Восточно-Европейский кратоны в палеопротерозое, было предложено наименование Лавроскандия [3]. В ходе палеопротерозойских процессов в пределах Лавроскандии был сформирован внутриконтинентальный Лавро-Русский ороген. Эволюция этого орогена включает три периода интенсивного развития: ~2.5-2.3, 2.2-2.1 и 1.95-1.87 млрд лет, когда кора архейского континента была дополнена значительными добавками

ювенильного вещества [7, главы 1 и 2; 65, Chapters 2 and 3].

Анализ геологической летописи свидетельствует, что эволюция литосферной области, зафиксированной на современном лике Земли Атлантическим океаном, охватывает интервал геологического времени, по крайней мере, от середины палеопротерозоя до сегодняшнего дня, что позволяет выделить Атлантическую тектоническую зону (АТЗ) в качестве самостоятельного объекта с особым типом геодинамической эволюции. АТЗ охватывает области литосферы в основании Атлантического океана и в его обрамлении. Последовательность океанов, возникавших и закрывавшихся в пределах АТЗ, начиная с палеопротерозоя, включает минимально четыре океана: Свекофеннский (~2.2-1.8 млрд лет) – Пре-Гренвиллский (~1.7-1.3 млрд лет) – Япетус (~0.65-0.40 млрд лет) – Атлантический (0.16 млрд лет-настоящее время) океаны. Исследования фанерозойского отрезка этой

последовательности полвека назад создали основу известного «цикла Вильсона»: от рифтинга континентальной литосферы через спрединг океанического дна к субдукции и коллизии [84]. Цель и главное содержание предлагаемой статьи – реконструкция протерозойской истории АТЗ.

Обсуждаемая в статье реконструкция принципиально не согласуется с рядом популярных сегодня моделей перемещения континентальных блоков, их объединения в суперконтиненты и последующего распада суперконтинентов, которые опираются преимущественно или исключительно на интерпретацию палеомагнитных данных [56 и ссылки в этой работе]. Следует отметить, что геологические данные в этих реконструкциях, если и учитывались, то в предельно упрощенном (вплоть до искажений) виде.

2. Протерозойская история Атлантической тектонической зоны

Первые достоверные свидетельства существования и активного развития АТЗ в протерозое связаны с пиком мантийно-плюмовой активности в среднем-позднем палеопротерозое ~2.2-1.8 млрд лет назад. В это время во внутренней области Лавроскандии в пределах ее западного и восточного секторов (соответственно, в пределах Северо-Американского и Восточно-Европейского кратонов) рифты, заложенные около 2.5 млрд лет назад, продолжили свое развитие. В дополнение к ним возникли новые протяжённые рифты, заполнявшиеся осадками и лавами базальтового и андезибазальтового состава [63-65]. Процессы растяжения сопровождалась локальными переходами от рифтинга к спредингу и частичному разрыву

континентальной литосферы. Эти события зафиксированы фрагментированными офиолитовыми разрезами Пуртуник (2.0 млрд лет [77]) и Йормуа (1.95 млрд лет [68, 69]) в поясе Кейп-Смит, которые представляет собой северный сегмент системы поясов Циркум-Сьюпириор на Канадском щите, и в поясе Кайнуу в западной части Карельского кратона, соответственно.

Первое важное исключение в ряду этих событий зафиксировано возникновением и эволюцией Свекофеннского (Пре-Лабрадорского) океана в интервале между 2.2-2.1 млрд лет и 1.87-1.82 млрд лет назад [20, 42, 50, 51, 54, 55, 68, 69, 77]. Обоснование на основе имеющихся геологических и геохронологических данных и обсуждение последовательных стадий эволюции этого океана от континентального рифтогенеза до финальной коллизии представлено в [6](рис. 1).

Закрытие Свекофеннского (Пре-Лабрадорского) океана при посредстве субдукции ~1.9-1.87 млрд лет назад сопровождалось формированием Свекофеннского аккреционного орогена вдоль западной окраины Восточно-Европейского кратона [34, 52, 54, 72]. Свекофеннский аккреционный ороген занимает центральную часть Фенноскандинавского щита, особенности глубинного строения подчеркивают его подобие аккреционным орогенам, сформированным в недавнее время [8]. В пределах этого орогена в метаосадках и магматических породах были обнаружены цирконы с возрастными 2.08-1.91 и в меньшем количестве 2.78-2.45 млрд лет, что свидетельствует о существовании предшествовавшей Свекофеннской аккреции ювенильной средне-палеопротерозойской коры, включавшей в той или иной степени ассимилированные фрагменты коры архейского возраста [11, 13 и ссылки там же].

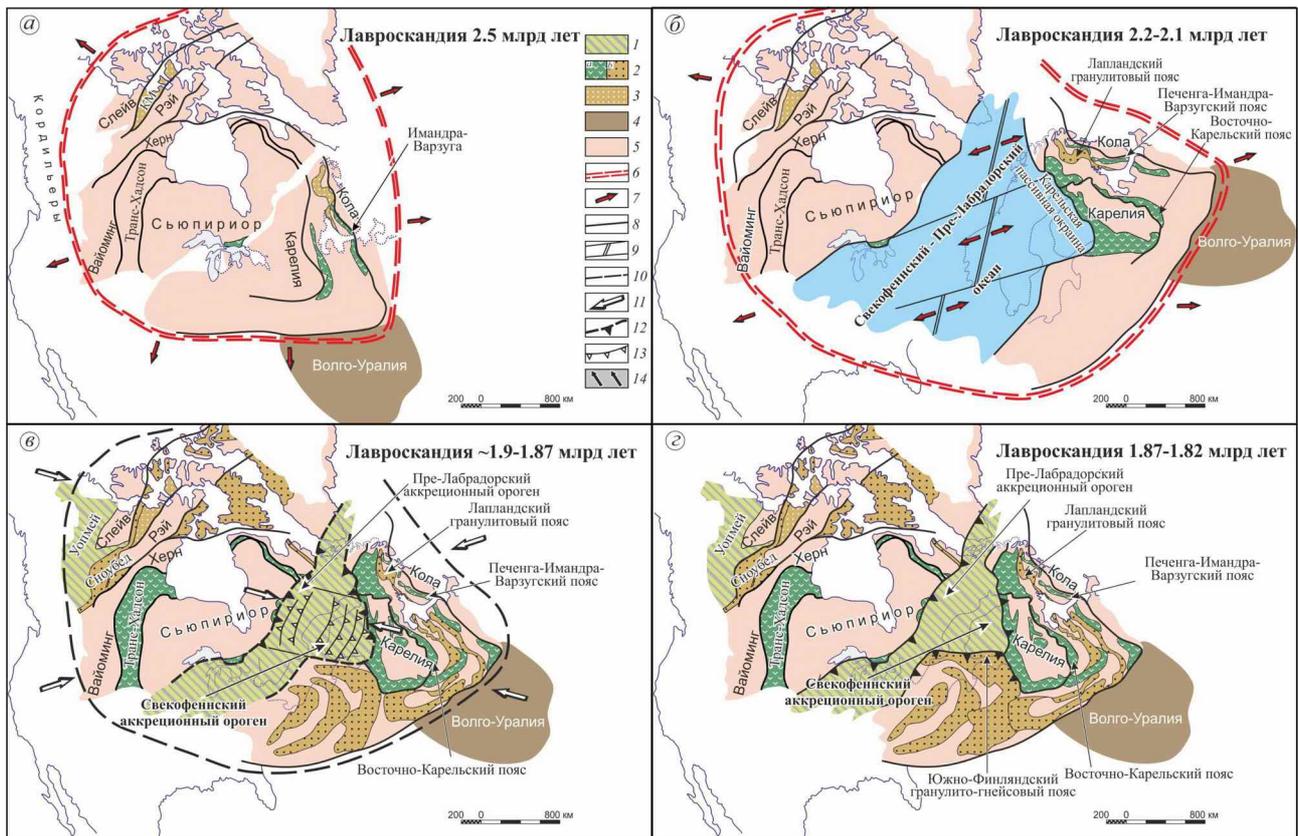


Рис. 1. Атлантическая тектоническая зона в палеопротерозое: эволюция Лавро-Русского внутриконтинентального коллизионного орогена, история Свекофеннского океана и формирование Свекофеннского аккреционного орогена (по [6, 64] с дополнениями). Ширина Свекофеннского-Пре-Лабрадорского океана показана ориентировочно, скорее всего, соответствует минимальной оценке. Наименования архейских тектонических структур даны прописными буквами шрифтом Arial, наименования протерозойских структур – шрифтом Times New Roman.

1-3 – палеопротерозой: 1 – аккреционные комплексы, 2 – внутриконтинентальные осадочно-вулканогенные (а) и гранулитогнейсовые (б) пояса, 3 – раннепалеопротерозойские гранулитогнейсовые комплексы; 4-5 – архей: 4 – гранулитогнейсы, 5 – гранит-зеленокаменные ассоциации; 6-14 – геодинамические события и тектонические перемещения: 6 – приблизительная граница влияния суперплюма на стадии роста, 7 – ориентировка растяжения, 8 – главные тектонические границы, инициированные мантийно-плюмовой активностью, 9 – раскрытие Свекофеннского-Пре-Лабрадорского океана: осевая дивергентная граница (зона спрединга) и трансформные разломы, 10 – приблизительная граница влияния суперплюма на стадиях сокращения и отмирания, 11 – ориентировка сжатия, 12-13 – закрытие Свекофеннского-Пре-Лабрадорского океана: конвергентные границы (12), зоны субдукции (13), 14 – заключительная коллизия: направления тектонического транспорта.

Fig. 1. Atlantic Tectonic Zone in Paleoproterozoic: Evolution of intracontinental Laurorussian Collisional Orogen; history of the Svecofennian ocean and formation of the accretionary Svecofennian Orogen. After Mints and Eriksson [64], Mints et al. [6] with supplements. The width of Svecofennian-Pre-Labrador paleo-ocean is shown approximately and most likely corresponds to a minimum estimate. Names of Archean structural units are capitalized, Arial type; names of Proterozoic structural units are given in Times New Roman type.

(1-3) Paleoproterozoic: (1) accretionary complex, (2) intracontinental volcanic-sedimentary (a) and granulite-gneiss (b) belts, (3) early Paleoproterozoic granulite-gneiss complexes; (4, 5) Archean: (4) granulite-gneiss, (5) granite-greenstone associations; (6-14) geodynamic events and tectonic dislocations; (6) approximate boundary of superplume influence on stages of growth; (7) orientation of extension; (8) main tectonic boundaries initiated by mantle-plume activity; (9) opening of Svecofennian-Pre-Labrador paleo-ocean: axial divergent boundary (spreading zone) and transform faults; (10) approximate boundary of superplume influence at stages of reduction and extinction; (11) orientation of compression; (12, 13) closure of Svecofennian-Pre-Labrador ocean: (12) convergent boundary, (13) subduction zone; (14) final collision: directions of tectonic transport.

В то же самое время (1.89-1.83 млрд лет) на юго-восточной окраине Северо-Американского кратона возник аккреционный ороген Пенокий [76]. Гранитоиды и парагнейсы, сформированные между 1.81 и 1.71 млрд лет вдоль северо-восточной окраины Северо-Американского кратона, которые также рассматриваются в качестве производных Пре-Лабрадорской стадии аккреции [38], как показано ниже, принадлежат следующему циклу эволюции АТЗ. Следуя этим данным, наша модель Свекофеннского – Пре-Лабрадорского (Пенокийского) океана предполагает полное разделение Лавроскандии на Северо-Американскую и Восточно-Европейскую составляющие в конце палеопротерозоя. Закрытие этого океана, сопровождавшееся формированием зеркально-симметрично расположенных Свекофеннского и Лабрадорского орогенов вдоль окраин этого океана, очевидно, завершилось коллизией разделенных континентальных фрагментов и восстановлением единства Лавроскандии [6] (рис.1).

Следующий этап эволюции литосферы в пределах АТЗ приблизительно ограничен датами ~1.8 млрд лет и ~1.2 млрд лет (рис. 2.). Повторное раскрытие океана, который можно назвать Пре-Гренвиллским, также приблизительно на месте современного Атлантического океана, охватывает интервал между ~1.7 и 1.3 млрд лет или только некоторую часть этого интервала. Соответственно, во второй половине протерозоя литосфера Атлантической окраины Северной Америки наращивалась в восточном направлении в результате последовательной аккреции вулканических дуг и океанических террейнов, а также в результате надсубдукционного окраинно-континентального магматизма. Отдельные этапы аккреции составили содержание орогенных событий: Пинварского (1.52-1.45 млрд лет) и

Эльцеварского (1.25-1.22 млрд лет) [22, 38]. С Эльсонским событием 1.46-1.23 млрд лет назад связаны преимущественно магматические проявления. В юго-восточной части Северной Америки выделяются: провинция Явапай (1.80-1.70 млрд лет), провинция Мазатзал (1.70-1.65 млрд лет) и Гранит-Риолитовая провинция (1.50-1.30 млрд лет), где аккреция островодужных комплексов и магматизм активных окраин ассоциированы с внутриконтинентальным магматизмом А-типа (1.45-1.30 млрд лет). В областях задугового растяжения активных окраин формировались бассейны, которые были заполнены кварцитами и риолитовыми вулканитами (1.70-1.65 млрд лет) [83].

К Свекофеннской окраине Восточно-Европейского кратона в течение того же периода с концентрацией между 1.73 и 1.48 млрд лет были аккретированы осадочно-вулканогенные комплексы преимущественно островодужного типа, которые продолжили наращивание Восточно-Европейского кратона в западном направлении. Возраст протолитов метаморфических пород на юго-западе Фенноскандии последовательно омолаживается в западном направлении. Эти события соответствует представлению о Готском орогенезе [12, 15, 17], сущность которого состояла либо в аккреции островодужных комплексов (по версии [10, 34]), либо (согласно [12, 14]), в последовательном причленении к палеопротерозойской окраине Восточно-Европейского кратона «экзотических» террейнов. Между 1.5 и 1.4 млрд лет континентальная кора западной окраины Восточно-Европейского кратона подверглась интенсивной мигматизации и метаморфизму (Данополонский орогенез). Затем, 1.28-1.14 млрд лет назад, последовали бимодальный магматизм и формирование осадочных бассейнов [18].

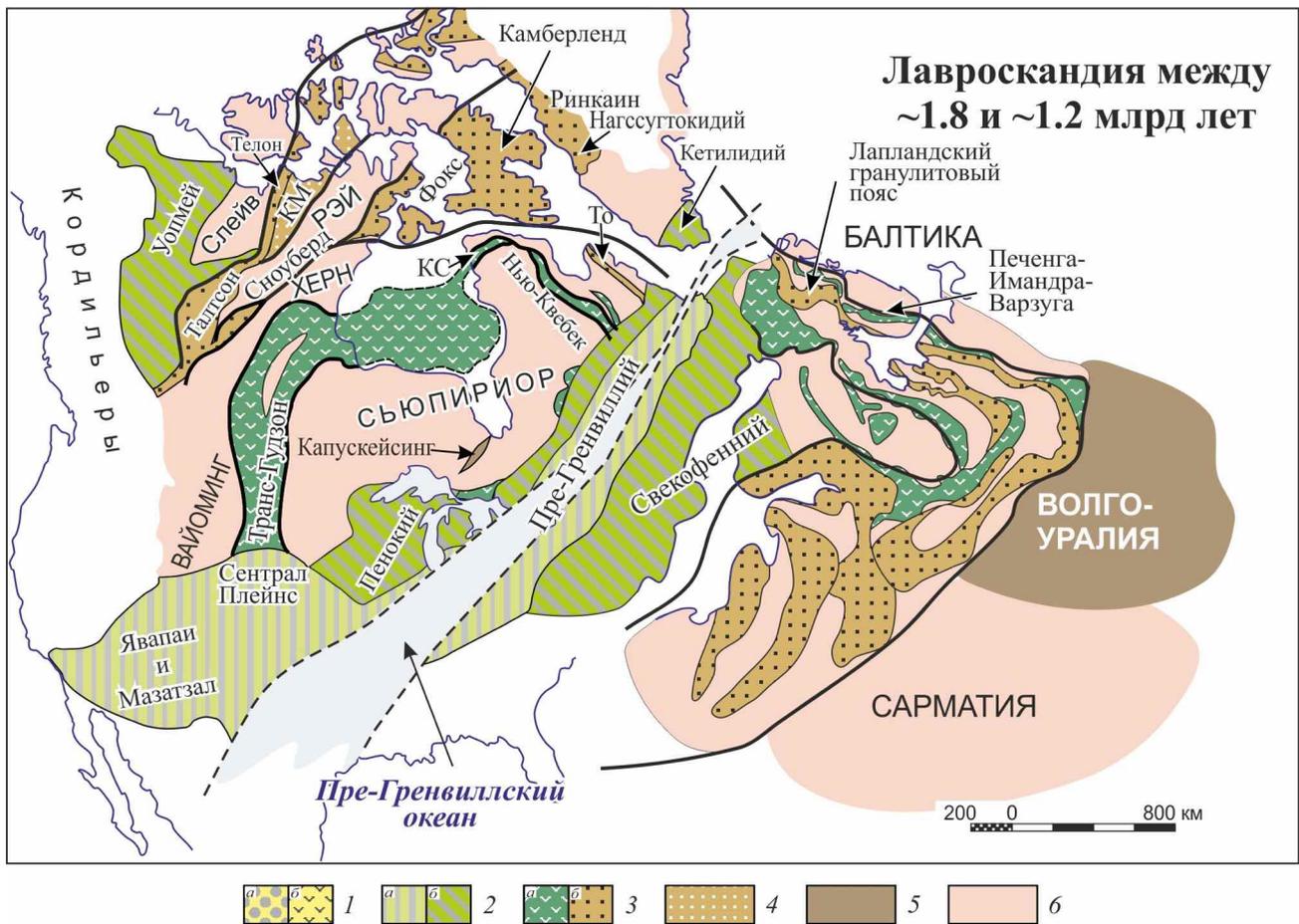


Рис. 2. Атлантическая тектоническая зона в палео-мезопротерозое: Пре-Гренвиллийский океан и Лавроскандия между ~ 1.8 и ~ 1.2 млрд лет.

Наименования архейских тектонических структур даны прописными буквами шрифтом Arial, наименования протерозойских структур – шрифтом Times New Roman.

Условные обозначения соответствуют рис. 2 и 3.

1. Неопротерозой: а – гранулитогнейсовый комплекс Гренвилл-Свеконорвежского орогена, б – осадочно-вулканогенные породы рифта Кьюиноу-Мидконтинент (КМР). 2. Мезопротерозой и средний-поздний палеопротерозой: а – Пре-Гренвиллийский аккреционный комплекс, б – Свекофеннский и Пенокийский аккреционные комплексы, 3-4. Палеопротерозойский Лавро-Русский внутриконтинентальный коллизионный ороген: 3 – поздний палеопротерозой: а – вулканогенно-осадочные пояса, б – гранулитогнейсовые пояса; 4 – ранний палеопротерозой: гранулитогнейсовый комплекс блока Куин-Мод (КМ). 5-6. Архей (3.3–2.5 млрд лет): 5 – Волго-Уральский гранулитогнейсовый ареал, 6 – гранит-зеленокаменные области с участием палеопротерозойских пород, неравномерно переработанные в протерозое.

Прочие сокращения: КС – пояс Кейп-Смит, То – ороген Торнгат.

Fig. 2. Atlantic Tectonic Zone in Paleo- and Mesoproterozoic: Pre-Grenville paleo-ocean and Lauroscandia between ~1.8 and ~1.2 Ga ago.

Names of Archean structural units are capitalized, Arial type; names of Proterozoic structural units are given in Times New Roman type. See Fig. 2 in addition to Fig. 3 for legend.

(1) Neoproterozoic: (a) granulite-gneiss complex of Grenville-Sveconorwegian Orogen, (b) volcanic-sedimentary rocks of Keweenaw Midcontinent Rift (KMR); (2) Mesoproterozoic and Middle and Late Paleoproterozoic accretionary complexes; (3, 4) Paleoproterozoic intracontinental collisional Laurorussian Orogen: (3) Late Paleoproterozoic: (a) volcanic-sedimentary belts, (b) granulite-gneiss belts; (4) Early Paleoproterozoic: granulite-gneiss complex of Queen-Maud Block (QM); (5, 6) Archean (3.3–2.5 Ga): (5) Volga-Ural granulite-gneiss area, (6) granite-greenstone domains with participation of Paleoproterozoic rocks nonuniformly reworked in Proterozoic.

Other abbreviations: CS, Cape Smith; Torngat Orogen (TO).

Свидетельства существования и активного развития АТЗ во второй половине протерозоя можно рассматривать в качестве предыстории Гренвилл-Свеконорвежского орогенеза [4, 63, 64]. Современная географическая позиция Гренвиллского и Свеконорвежского орогенов, разделенных Атлантическим океаном, и особенности геологического строения убедительно свидетельствуют, что Свеконорвежский ороген на юго-западе Фенноскандинавского щита является непосредственным северо-восточным продолжением орогена Гренвилл [12, 26, 40, 73, 78, 81]. Наш анализ тектонической структуры и истории формирования обоих орогенов [5] фиксирует дополнительные свидетельства корректности модели единого Гренвилл-Свеконорвежского орогена (ГСНО) (рис. 3). На геологической карте Фенноскандии [49], Свеконорвежский сектор ГСНО образует центриклинальное замыкание протяженной синформной структуры. Синформное представление структуры Гренвиллского сектора находит подтверждение в данных сейсмопрофилирования через юго-западную часть сектора в районе Морин-Адирондак [27, 46, 59, 60, 73]. Синформное строение орогена, породы которого повсеместно залегают на континентальном основании, многократные внедрения анортозитовых магм, столь же многократные импульсы гранулитового метаморфизма и ряд других особенностей строения и эволюции позволили интерпретировать ГСНО в качестве внутриконтинентального орогена. Геодинамические обстановки, определившие взаимосвязанные процессы высокотемпературного магматизма и метаморфизма и тектонические события являются общим следствием процессов, которые

принято рассматривать в рамках моделей мантийного плюма [5, 63, 64].

В итоге, двукратное раскрытие и последующее закрытие протерозойских океанов в пределах АТЗ сопровождалось формированием аккреционных орогенов и обдукцией островодужных и окраинно-континентальных комплексов на обеих океанских окраинах. Развитие активных окраин сопровождалось процессами задугового растяжения и высокотемпературного метаморфизма. Зеркально-симметричное формирование аккреционных орогенов вдоль западной и восточной окраин океана позволяет предполагать, что аккреционные процессы в обоих случаях завершались коллизией Северо-Американского и Восточно-Европейского кратонов и восстановлением единства Лавроскандии. В конце мезопротерозоя и в неопротерозое во внутренней области Лавроскандии сформировался протяженный Гренвилл-Свеконорвежский внутриконтинентальный ороген [5, 63, 64] (рис. 3).

Соответственно, в протерозойской истории Лавроскандии минимально двукратно фиксируется формирование океанской литосферы, которое было сосредоточено в пределах АТЗ. Вне АТЗ реконструируются только локальные переходы от рифтинга к спредингу и формированию короткоживущих океанов более или менее значительного размера. Процессы вне АТЗ не приводили к дроблению Восточно-Европейского и Северо-Американского фрагментов суперконтинента и могут быть классифицированы как «неудачные попытки» разрыва континентальной литосферы.

3. Фанерозойская история Атлантической тектонической зоны

Разделение Лавроскандии и формирование океанской литосферы

происходили и в последующей истории АТЗ. Начало каледонского рифтинга Лавроскандии датировано 800-750 млн лет. Согласно данным геологической летописи, поддержанным палеомагнитными данными, установлено, что в конце неопротерозоя около 650 млн лет назад в пределах АТЗ возник океан Япетус [24, 79]. С закрытием этого океана связано возникновение Скандинавского и Гренландского каледонских аккреционных орогенов 520-400 млн

лет назад [24, 35]. Аппалачский ороген, образующий южное продолжение Гренландских каледонид, протянулся вдоль восточной окраины провинции Гренвилл. Закрытие океана Япетус и возникновение орогена, объединившего Лаврентию и Балтику и, в целом, Северо-Американский и Восточно-Европейский кратоны в границах обширного континента Лавруссия (Евроамерика) зафиксировано 400-300 млн лет назад [19, 24, 35].

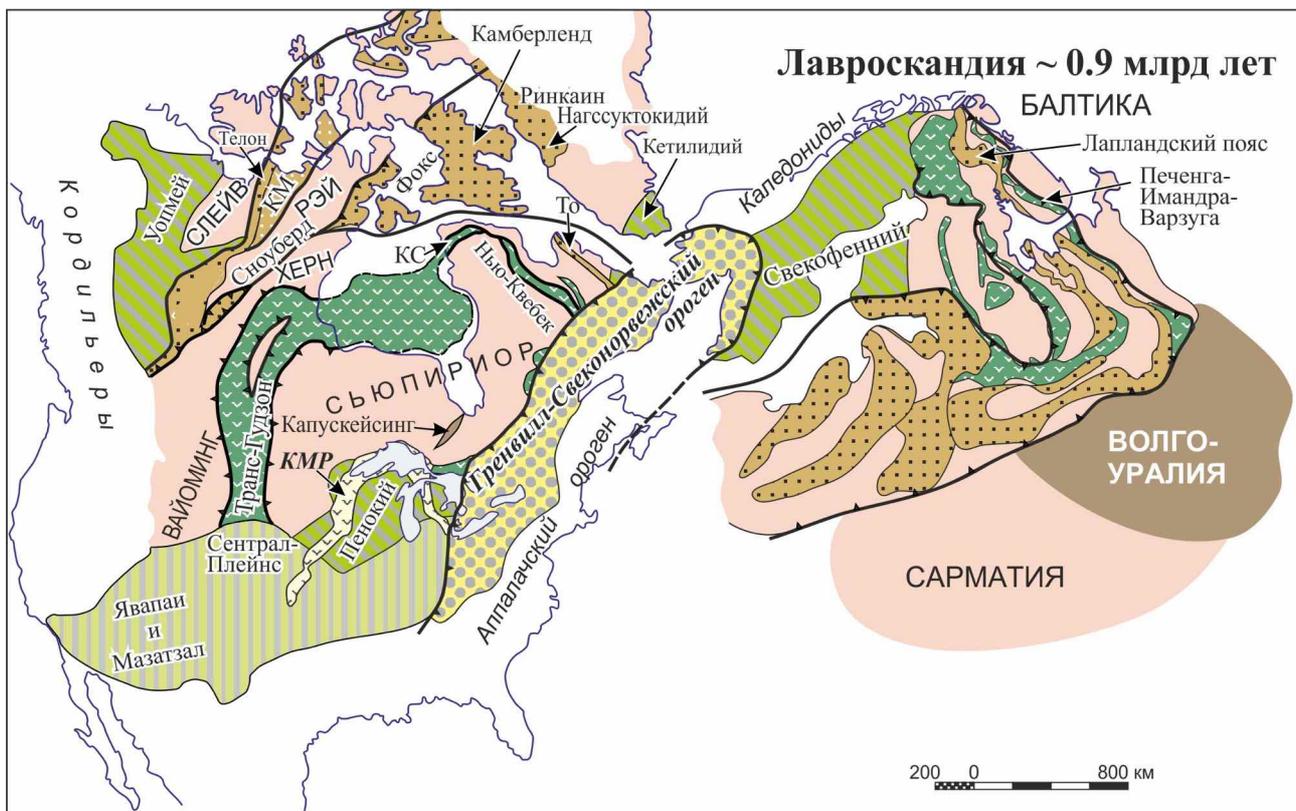


Рис. 3. Лавроскандия, Гренвилл-Свеконорвежский ороген ~ 0.9 млрд лет назад.

Наименования архейских тектонических структур даны прописными буквами шрифтом Arial, наименования протерозойских структур – шрифтом Times New Roman, наименования фанерозойских структур – шрифтом Arial Italic.

Условные обозначения см. на рис. 2.

Fig. 3. Lauroscandia, Grenville–Sveconorwegian Orogen, 0.9 Ga ago.

Names of Archean tectonic structural units are capitalized, Arial type; names of Proterozoic structural units are given in Times New Roman type; names of Phanerozoic structural units by Arial Italic type. See Fig. 2 in addition to Fig. 3 for legend.

Сформированные при закрытии океана Япетус покровно-надвиговые ансамбли аккреционных орогенов, разместившихся вдоль обеих сторон

океана, характеризуются зеркально-симметрично ориентированной вергентностью: в западном направлении в Гренландии и Северной

Америке и в восточном – в Скандинавии. Суммарная ширина Аппалачи-Гренландия-Норвежского каледонского орогена в кайнозой к началу раскрытия Атлантического океана составляла по меньшей мере 700-800 км [19, 74].

Выявление охарактеризованной выше последовательности фанерозойских событий полвека назад создало основу известного «цикла Вильсона»: от рифтинга через спрединг к субдукции и коллизии [84]. Раскрытие северной части Атлантического океана разделило каледонский ороген на Европейскую (Свальбард-Шпицберген, Норвежские каледониды, Ирландско-Британские и Датско-Польские каледониды) и Северо-Американскую (Аппалачские и Восточно-Гренландские каледониды) части [23, 28]. Раскрытие и эволюция Атлантического океана сопровождалась развитием обширных бассейнов в пределах прилегающих континентов [30].

4. Обсуждение

Двукратное, в палео- и в мезопротерозое, раскрытие океанских бассейнов приблизительно на месте современного Атлантического океана, особенности эволюции этих бассейнов и последующее возникновение и закрытие в той же зоне палеозойского океана Япетус и затем раскрытие мезокайнозойского Атлантического океана свидетельствуют об особом характере АТЗ. Очевидно, эту зону следует рассматривать как длительно циклически развивающуюся внутриконтинентальную – межконтинентальную структуру. Процессы разделения и последующего восстановления единства Лавроскандии предполагают специфическую геодинамику АТЗ, где при разрывах литосферы сохранялась глубинная связь (глубинные корни) между разделенными континентальными фрагментами [36, 67]. Природа этой

связи нуждается в дальнейшем изучении.

Ассоциацию взаимосвязанных палеопротерозойских тектонических структур Лавроскандии было предложено рассматривать в качестве Лавро-Русского внутриконтинентального овального орогена, приблизительно равные половины которого сохранились в виде систем палеопротерозойских орогенов более высоких порядков в пределах Восточной Европы (компоненты Лапландско-Среднерусско-Южноприбалтийского орогена) и Северной Америки (орогены Транс-Гудзон, Талтсон-Фелон и др.) [7, 64,65]. Модель внутриконтинентального происхождения ГСНО [5, 64] предполагает совмещение обоих фрагментов Лавроскандии в неопротерозое – в период, непосредственно предшествовавший формированию этого орогена.

Отметим ряд принципиально важных особенностей последовательно возникавших протерозойских и каледонского орогенов в пределах АТЗ.

1. Процессы растяжения, предшествовавшие раскрытию протерозойских океанов, сопровождалась габбро-анортозит-чарнокит-гранитным магматизмом [5 и ссылки там же].

2. В строении орогенов определяющую роль играют аккреционные комплексы и покровно-надвиговые структуры центробежной вергентности: на Северо-Американской стороне горные породы перемещались в западном, а на Европейской – в восточном направлении.

3. Сформированный в неопротерозое в осевой части АТЗ Гренвилл-Свеконорвежский ороген представлял собой синформную структуру, выдавленную на породы параавтохтона соответственно в западном и северо-восточном

направлениях; восточное крыло синформной структуры было полностью или частично уничтожено при формировании фанерозойских океанов – Япетуса и Атлантики.

4. В орогенах, формировавшихся при закрытии океанов в пределах АТЗ, широко распространены породы, подвергшиеся высокотемпературному метаморфизму гранулитовой фации, высокобарному гранулитовому и высокотемпературному эклогитовому метаморфизму в основании гранулитогнейсовых разрезов мощностью до 50-70

км, что указывает на массивованный приток глубинного тепла, свойственный процессам мантийно-плюмового типа [63, 64 и библиография в этих работах].

5. Возрастные интервалы, соответствующие максимумам тектонической активности, фиксируемым раскрытием океанов в пределах АТЗ, в определенной степени коррелируются с возрастными «древних» цирконов, которые систематически встречаются в кайнозойских изверженных породах на дне Атлантического океана [1, 9] (рис. 4).

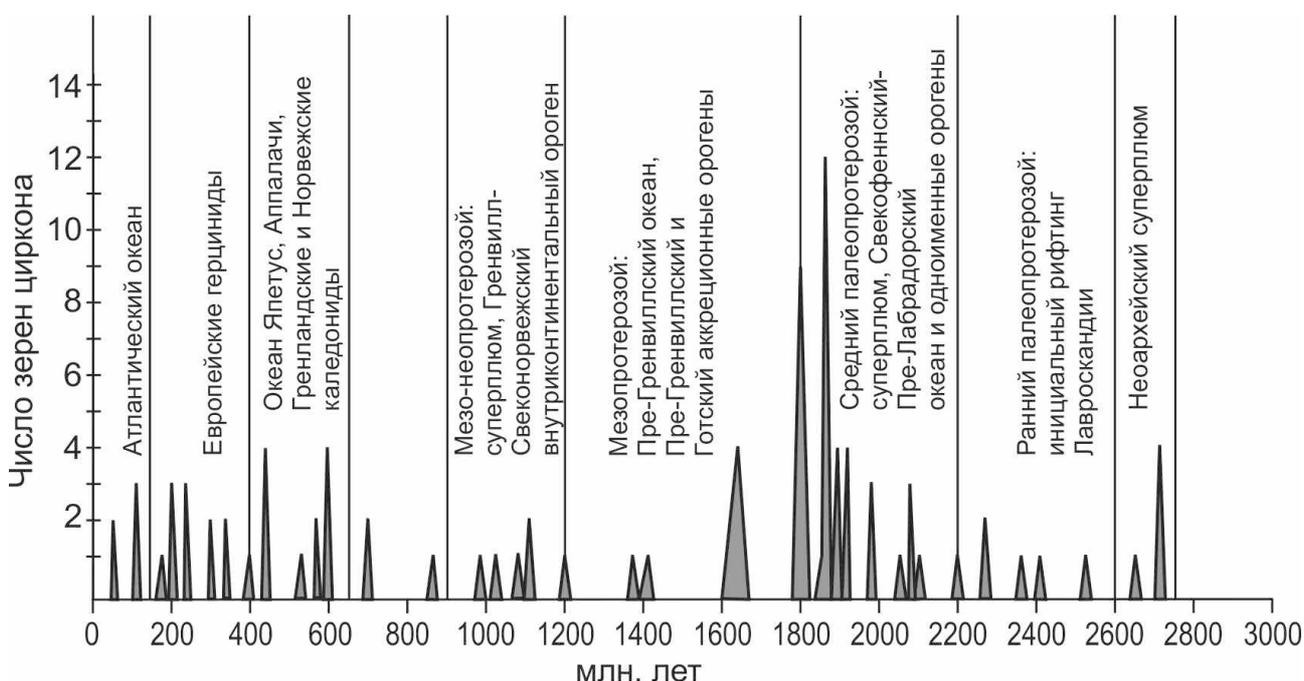


Рис. 4. Распределение возрастов «древних» цирконов в кайнозойских изверженных породах на дне Атлантического океана по [9] в сопоставлении с периодами тектонической активности в пределах АТЗ.

Fig. 4. Distribution of "ancient" zircons in Cenozoic igneous rocks on bottom of Atlantic Ocean [9] as compared with periods of tectonic activity within ATZ.

Абсолютно выдающийся пик на гистограмме U-Pb возрастов цирконов соответствует интервалу 2.2-1.8 млрд лет, который датирует последовательность событий истории Свекофеннского-Пре-Лабрадорского океана от первоначального рифтинга Лавроскандии через открытие океана и формирование аккреционных орогенов по обоим бортам Атлантической зоны до финальной коллизии. В сравнении с

этим пиком слабо представлены интервалы времени, соответствующие периодам возникновения Пре-Гренвиллского океана (1.8-1.2 млрд лет) и его дальнейшей эволюции, которая, по-видимому, включала формирование аккреционных орогенов и финальную коллизию при закрытии этого океана. Время формирования Гренвилл-Свеконорвежского внутриконтинентального орогена (1.2-

0.9 млрд лет), размещенного в осевой части АТЗ неопротерозойского времени, также представлено ограниченным числом цирконовых дат. Эти особенности особенно примечательны потому, что породы Свекофеннского возраста в сегодняшней тектонической структуре рассматриваемого региона значительно удалены от побережий Атлантического океана, что исключает вероятность непосредственной ассимиляции мезо-кайнозойскими магмами пород палеопротерозойских аккреционных орогенов. Напротив, породы Гренвилл-Свеконорвежского орогена, которые обнажены на обоих бортах Атлантического океана, внесли очень скромный вклад в ассоциацию унаследованных цирконов. Отмеченные особенности распределения возрастов «древних» цирконов могут указывать на особую интенсивность геологических процессов при развитии Свекофеннского океана, возраст которого прямо соответствует возрасту средне-палеопротерозойского суперплюма глобального ранга, тогда как время формирования Пре-Гренвиллского океана между 1.8 и 1.2 млрд лет в глобальном масштабе выглядит довольно скромно [64]. Ограниченное участие цирконов Гренвилл-Свеконорвежского орогена, сформированного под воздействием мезо-неопротерозойского суперплюма, согласуется с внутриконтинентальной эволюцией этого орогена.

Два палеозойских интервала на гистограмме соответствуют времени эволюции океана Япетус, завершившейся формированием каледонских орогенов вдоль ранне-палеозойских границ АТЗ (0.65-0.40 млрд лет), времени формирования герцинских и альпийских орогенов и собственно атлантического океана (<0.40 млрд лет). Практически не проявлен на гистограмме период около 2.5 млрд лет – стартовый период в истории Лавро-Русского

внутриконтинентального орогена [7, 65] (см. рис. 1). Наконец, следует отметить заметный пик, соответствующий неорархейским цирконам (около 2.7 млрд лет).

Очевидно, «древние» цирконы каким-то способом сохранялись литосфере АТЗ в процессе рифтинга континента, формирования пассивных окраин и, наконец, разрыва континентальной литосферы и раскрытия океана. Механизм сохранения и захвата древних цирконов остается предметом исследований [1].

6. Ряд главных особенностей строения и протерозойской эволюции Лавроскандии, прежде всего, овально-концентрическая тектоно-метаморфическая зональность, важная роль высокотемпературных магматических и метаморфических процессов, преимущественно внутриконтинентальные обстановки магматизма и осадконакопления, указывает на ведущую роль процессов мантийно-плюмового типа. Согласно существующим моделям [25, 29, 41, 48, 53, 66], плюмы перемещаются из глубинных частей мантии, формируя цилиндрический канал радиусом 50-150 км. Эта оценка базируется на динамике жидкости, тогда как по оценке сейсмологов канал может быть значительно шире. Морфология плюмов при достижении основания литосферы контролируется контрастом вязкости на границе горячего материала плюма с перекрывающей холодной литосферой. Поскольку вязкость горячего материала плюма в сто раз ниже в сравнении с холодной литосферой [33 и ссылки там же], наиболее вероятна грибообразная форма. Численные эксперименты, где условия около поверхности модели имитируют присутствие континента, показывают, что внутри конвектирующей жидкости вертикальный поток глубинного горячего материала всегда концентрируется под центральной

областью «континента» [21, 39, 80]. Размеры головы (шляпы) плюма преимущественно зависят от стартовой глубины. Для плюмов, возникающих у основания мантии, диаметр головы при достижении основания литосферы составляет ~1000 км. Последующее расплющивание плюма удваивает диаметр до 2000-2500 км. Для плюмов, стартовых с уровня 660-км границы, диаметр плюма при достижении литосферы равен ~250 км, и итоговый диаметр уплощенной головы плюма равен ~500 км [31 и ссылки там же]. Класс более крупных явлений получил наименование суперплюмов или суперплюмовых событий. Диаметр суперплюмов на уровне границы литосферы и астеносферы может достигать несколько тысяч км [25]. Первоначально казалось, что тектоника плит и плюмы дополняют друг друга, отражая особые формы мантийной конвекции и работая независимо друг от друга [44 и ссылки там же]. В дальнейшем, на базе глобальных томографических моделей распределения сейсмических скоростей в недрах Земли Ш. Маруяма с соавторами [61, 62] ввели понятие плюм-тектоники для того, чтобы объяснить тектонику не только лишь приповерхностной части литосферы, но также и динамику Земли в целом. Глобальная модель, предложенная Ш. Маруямой, фиксирует доминирующую роль плюмов и особенно суперплюмов. Суперплюмы контролируют динамическую систему Земли, тогда как тектоника плит является подчиненным механизмом: геодинамика управляется суперплюмами. Диаметр овальной области, палеопротерозойскую эволюцию которой можно рассматривать как следствие эндогенной активности суперплюмового типа, в начале палеопротерозоя составлял около 2000 км. При завершении протерозойской эволюции, отмеченной формированием

Гренвилл-Свеконорвежского орогена, широтный диаметр области, эволюционировавшей под воздействием суперплюма мог расширяться до 5000 км [64].

7. Обсуждаемая в статье реконструкция истории АТЗ принципиально не согласуется с рядом популярных сегодня моделей перемещения континентальных блоков, их объединения в суперконтиненты и последующего распада суперконтинентов, которые опираются преимущественно или исключительно на интерпретацию палеомагнитных данных. Результаты наиболее полной и содержательной работы этого направления представлены в статье Ч.С. Ли с соавторами, посвященной реконструкции истории возникновения и распада предполагаемого суперконтинента Родиния [56 и ссылки в этой работе]. Особенности перемещений континентальных блоков в период 1.10-1.00 млрд лет, непосредственно предшествовавший формированию Гренвилл-Свеконорвежского орогена, представленные этой работе, согласованы с имеющимися палеомагнитными оценками и следуют популярной модели формирования орогена Гренвилл в результате коллизии Лаврентии (Северная Америка плюс Гренландия) и Амазонии [45, 82]. В аспекте проблемы, которую мы желаем прояснить в данной статье, следует подчеркнуть следующие особенности геодинамической модели Ч.С. Ли с соавторами: (1) к 1.10 млрд лет континенты Балтика (северная часть современного Восточно-Европейского кратона) и Лаврентия располагались на значительном удалении; (2) начало формирования Гренвиллского и Свеконорвежского орогенов (1.10-1.05 млрд лет) связано с двумя зонами субдукции, развивавшимися приблизительно одновременно независимо одна от другой; (3) ороген

Гренвилл возник в результате коллизии континентов Амазония и Лаврентия, Свеконорвежский ороген – в результате коллизии Амазонии и Балтии (1.00 млрд лет).

Подобная этой, но несколько более сложная модель, где на завершающем этапе в формировании Гренвиллского орогена дополнительно участвует кратон Конго–Сан-Франциско, была ранее предложена Л. Песоненом с соавторами [70]. Эти модели невозможно соотнести с существованием долгоживущей АТЗ: в них нет места для реконструкции океанических структур палео- и мезопротерозойского возраста, которые могли быть сформированы на ранних стадиях эволюции АТЗ. Следует отметить, что при реконструкции событий, связанных с предполагаемым распадом Родинии, модель Ч.С. Ли с соавторами базируется исключительно на палеомагнитных оценках. Модель практически исключает из обсуждения реконструкцию палеоокеана Япетус. Согласно этой модели, при распаде Родинии 600-550 млн лет назад, то есть во время предполагаемого существования Япетуса, Балтика, отделившись от Лаврентии, «проплывает» мимо Гренландии в северном направлении, а в пространство между ними 550-530 млн лет назад «вплывает» Сибирь. Стоит добавить, что перемещения континентальных блоков, предполагаемые в рамках этой модели, полностью дезавуируют идею принципиальных различий между Тихим океаном с одной стороны и Атлантическим, Индийским и Северным Ледовитым – с другой.

Альтернативно, некоторые реконструкции взаимного расположения Лаврентии и Балтики в архее – мезопротерозое, также опирающиеся на палеомагнитные оценки, предполагают близкое расположение Лаврентии и Балтики между ~2.7 и 2.5 млрд лет [2],

значительное удаление Лаврентии и Балтики около 2.0 млрд лет назад [58] и их близкое расположение в Пре-Гренвиллский период 1.78 млрд лет назад [58] между 1.65 млрд лет [75] и 1.45 млрд лет назад [57]. Согласно этим оценкам, Мурманский берег Балтики неизменно соседствует с северо-восточным побережьем Гренландии. Еще более продолжительный интервал существования тех же или незначительно отличающихся пространственных соотношений этих континентов, между 1.8 и 1.2 млрд лет, предполагают Д.А.Д. Эванс и Р.Н. Митчелл и Л. Песонен с соавторами [32, 70, 71 и ссылки там же]. В предшествующий период в палеопротерозое между 2.45 и 1.9 млрд лет, согласно палеомагнитным оценкам Л. Песонена с соавторами, Балтика и Лаврентия находились рядом, их пространственные соотношения незначительно менялись – преимущественно в результате поворота Балтики [70, 71]. Геологические данные в перечисленных реконструкциях, если и учитывались, то в предельно упрощенном виде. Учитывая вышесказанное, мы опирались преимущественно на данные геологической летописи, оставляя палеомагнитным данным роль дополнительной информации.

5. Главные выводы.

1. Атлантическая тектоническая зона в пределах Северной Атлантики, но, возможно, также и в пределах южной части современного Атлантического океана, представляет собой долгоживущую, минимально от ~2.2 млрд лет до сегодняшнего дня, тектоническую зону, пересекающую овальную область тектоно-термальной активности мантийно-плюмового типа, охватывавшую преобладающую часть Лавроскандии. Океанические

раскрытия в пределах АТЗ датированы интервалами ~2.2-1.8 млрд лет (Свекофеннский-Пре-Лабрадорский океан), ~1.7-1.3 млрд лет (Пре-Гренвиллский океан), ~0.65-0.40 млрд лет (Япетус), 0.18-0.16 млрд лет-настоящее время (Атлантический океан).

2. Атлантический тип геодинамической эволюции инициирован мантийно-плюмовой активностью и представляет собой уникальный пример взаимодействия плюм-тектоники и плейт-тектоники.
3. Необходимы дальнейшие исследования, чтобы оценить степень уникальности этого типа геодинамической эволюции и его возможную повторяемость в иных регионах, в том числе там, где современные океаны отсутствуют.

Благодарности

Эта работа выполнена и профинансирована в соответствии с Государственной Программой научных исследований РФ № 0120145918 и является также вкладом в проект РФФИ № 15-05-01214.

Литература

1. Костицын Ю.А., Белоусова Е.А., Силантьев С.А., Бортников Н.С., Аносова М.О. Современные проблемы геохимических и U-Pb геохронологических исследований циркона в океанических породах // Геохимия. 2015. № 9. С. 771-800.
2. Лубнина Н.В. Восточно-Европейский кратон от неоархея до палеозоя по палеомагнитным данным. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук. Москва, МГУ им. Ломоносова, 2009. 40 с.
3. Минц М.В. Палеопротерозойский суперконтинент: возникновение и эволюция аккреционных и коллизионных орогенов (на примере северных кратонов) // Геотектоника. 2007. № 4. С. 3-29.

4. Минц М.В. Палеопротерозой-фанерозойская история Атлантической зоны: уникальный пример взаимодействия плюм-тектоники и плейт тектоники. В кн.: Тектоника современных и древних океанов и их окраин: Материалы XLIX Тектонического совещания, посвященного 100-летию академика Ю.М. Пушаровского (К.Е.Дегтярев – ред.). М: ГЕОС, 2017а. Т. 2. С. 19-23.
5. Минц М.В. Мезонеопротерозойский Гренвилл-Свеконорвежский внутриконтинентальный ороген: история, тектоника, геодинамика // Геодинамика и тектонофизика (Geodynamics & Tectonophysics). 2017б. Том 8, № 3. С. 619-642. <https://doi.org/10.5800/GT-2017-8-3-0309>
6. Минц М.В. Геодинамическая интерпретация объемной модели глубинного строения Свекофеннского аккреционного орогена // Труды Карельского НЦ РАН, Сер. Геология докембрия. 2018. № 2, в печати.
7. Минц М.В., Сулейманов А.К., Бабаянц П.С., Белоусова Е.А., Блох Ю.И., Богина М.М., Буш В.А., Докукина К.А., Заможная Н.Г., Злобин В.Л., Каулина Т.В., Конилов А.Н., Михайлов В.О., Натапов Л.М., Пийп В.Б., Ступак В.М., Тихоцкий С.А., Трусов А.А., Филиппова И.Б., Шур Д.Ю. Глубинное строение, эволюция и полезные ископаемые раннедокембрийского фундамента Восточно-Европейской платформы: Интерпретация материалов по опорному профилю 1-ЕВ, профилям 4В и Татсейс: В 2 т. + 1 папка-комплект цветных приложений. – М.: ГЕОКАРТ; ГЕОС, 2010. Т. 1, 408 с., Т. 2, 400 с.
8. Минц М.В., Соколова Е.Ю., Рабочая группа LADOGA. Объемная модель глубинного строения Свекофеннского аккреционного орогена по данным МОВ-ОГТ, МТЗ и плотностного моделирования // Труды Карельского НЦ РАН, Сер. Геология докембрия. 2018. № 2, в печати.
9. Сколотнев С.Г., Бельтнев В.Е., Лепехина Е.Н., Ипатьева И.С. Молодые и древние цирконы в породах океанской литосферы в Центральной Атлантике, геотектонические приложения // Геотектоника. 2010. Т. 44, № 6. С. 24-59.
10. Åhäll K.I., Gower C.F. The Gothian and Labradorian orogens: Variations in accretionary tectonism along a late Paleoproterozoic Laurentia-Baltica margin.

- GFF, 1997. Vol. 119, No.2. P. 181–191.
<http://dx.doi.org/10.1080/11035899709546475>
11. Andersson U.B., Högdahl K., Sjöström H, Bergman S. Multistage growth and reworking of the Palaeoproterozoic crust in the Bergslagen area, southern Sweden: evidence from U–Pb geochronology // Geological Magazin. 2006. Vol. 143, No. 5. P. 679–697.
<https://doi.org/10.1017/S0016756806002494>
 12. Andersson J., Bingen B., Cornell D., Johansson L., Söderlund U., Möller C. The Sveconorwegian orogen of southern Scandinavia: setting, petrology and geochronology of polymetamorphic high-grade terranes / 33 IGC, excursion No 51. Oslo, 33 IGC. 2008. 83 p.
 13. Andersson U.B., Begg G.C., Griffin W.L. and Högdahl K. Ancient and juvenile components in the continental crust and mantle: Hf isotopes in zircon from Svecofennian magmatic rocks and rapakivi granites in Sweden // Lithosphere. 2011. Vol. 3, No. 6. P. 409–419. <http://dx.doi.org/10.1130/L162.1>
 14. Austin Hegardt E., Cornel D., Claesson L., Simakov S., Stein H., Hannah J. Eclogites in the central part of the Sveconorwegian Eastern Segment of the Baltic Shield: support for an extensive eclogite terrane // GFF. 2005. Vol. 127. P. 221–232.
<http://dx.doi.org/10.1080/11035890501273221>
 15. Bingen B., Nordgulen Ø., Viola G. A four-phase model for the Sveconorwegian orogeny, SW Scandinavia // Norwegian Journal of Geology. 2008. Vol. 88. P. 43–72.
 16. Bleeker W., Ernst R.E. Short-lived mantle generated magmatic events and their dyke swarms: the key unlocking Earth's paleogeographic record back to 2.6 Ga / E. Hanski, S. Mertanen, T. Rämö, J. Vuollo (Eds.) // Dyke Swams – Time Markers of Crustal Evolution. Taylor and Francis/Balkema, London. 2006. P. 3–26.
 17. Bogdanova S.V., Bingen B., Gorbatshev R., Kheraskova T.N., Kozlov V.I., Puchkov V.N., Volozh Yu.A. The East European Craton (Baltica) before and during the assembly of Rodinia // Precambrian Research. 2008. Vol. 160, No. 1–2. P. 23–45.
<https://doi.org/10.1016/j.precamres.2007.04.024>
 18. Brewer T.S., Áhall K.I., Darbyshire D.P.F., Menuge J.F. Geochemistry of late Mesoproterozoic volcanism in southwestern Scandinavia: implications for Sveconorwegian/Grenvillian // J. Geological Society London. 2002. Vol. 159. P. 129–144.
<https://doi.org/10.1144/0016-764901-044>
 19. Brueckner H.K., Van Roermund H.L.M. Dunk tectonics: A multiple subduction/eduction model for the evolution of the Scandinavian Caledonides // Tectonics. 2004. Vol. 23. P. 1–20. <https://doi.org/10.1029/2003TC001502>
 20. Buchan K.L., Mortensen J.K., Card K.D., Percival J.A. Paleomagnetism and U–Pb geochronology of diabase dyke swarms of Minto block, Superior Province, Quebec, Canada // Canadian Journal Earth Sciences. 1998. Vol. 35. P. 1054–1069.
<https://doi.org/10.1139/e98-054>
 21. Burov E., Guillou-Frottier L. The plume head – continental lithosphere interaction using a tectonically realistic formulation for the lithosphere // Geophysical Journal International. 2005. Vol. 161. P. 469–490.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.2005.02588.x>
 22. Carr S.D., Easton R.M., Jamieson R.A., Culshaw N.G. Geologic transect across the Grenville orogen of Ontario and New York // Canadian Journal Earth Sciences. 2000. Vol. 37. P. 193–216.
<https://doi.org/10.1139/e99-074>
 23. Cocks L.R.M., Torsvik T.H. European geography in a global context from the Vendian to the end of the Palaeozoic / Gee D.G., Stephenson R.A. (Eds). European Lithosphere Dynamics. Geological Society London, Memoirs. 2006. Vol. 32. P. 83–95.
<https://doi.org/10.1144/GSL.MEM.2006.032.01.05>
 24. Cocks L.R.M., Torsvik T.H. The Palaeozoic geography of Laurentia and western Laurussia: A stable craton with mobile margins // Earth-Science Reviews. 2011. Vol. 106. P. 1–51.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.earscirev.2011.01.007>
 25. Condie K.C. Mantle Plumes and Their Record in Earth History. Cambridge University Press, 2001. 306 p.
 26. Cosca M.A., Mezger K., Essene E. The Baltica-Laurentia connection: Sveconorwegian (Grenvillian) metamorphism, cooling, and unroofing in the Bamble sector, Norway // Journal of Geology. 1998. Vol. 106. P. 539–552.
<http://www.jstor.org/stable/10.1086/516040>
 27. Culotta R.C., Pratt T., Oliver J. A tale of two sutures: COCORP's deep seismic surveys of the Grenville province in the eastern U.S.

- midcontinent. *Geology*. 1990. Vol. 18, No. 7. P. 646–649. [http://dx.doi.org/10.1130/0091-7613\(1990\)018<0646:ATOTSC>2.3.CO;2](http://dx.doi.org/10.1130/0091-7613(1990)018<0646:ATOTSC>2.3.CO;2)
28. Dewey J.F. The evolution of the Appalachian/Caledonian orogen // *Nature*. 1969. Vol. 222. P. 124–129. <http://dx.doi.org/10.1038/222124a0>
 29. Dobretsov N.L., Kirdyashkin A.A., Kirdyashkin A.G. Diameter and formation time of plume head at the base of refractory lithospheric layer // *Transactions (Doklady) of the Russian Academy of Sciences/Earth Science Section*. 2006. Vol. 406, No. 1. P. 56–60. <https://doi.org/10.1134/S1028334X06010144>
 30. Emery K.O., Uchupi E. *The geology of the Atlantic Ocean*. New York, Berlin, Tokyo: Springer-Verlag. 1984. 1026 p.
 31. Ernst R.E., Buchan K.L. Recognizing mantle plumes in the geological record // *Annual Review Earth Planetary Sciences*. 2003. Vol. 31. P. 469–523. <https://doi.org/10.1146/annurev.earth.31.1.00901.145500>
 32. Evans D.A.D., Mitchell R.N. Assembly and breakup of the core of Paleoproterozoic–Mesoproterozoic supercontinent Nuna // *Geology*. 2011. Vol. 39, No. 5. P. 443–446. <http://dx.doi.org/10.1130/G31654.1>
 33. Farnetani C.G., Hofmann A.W. Mantle plumes / Harsh K. Gupta (ed.) *Encyclopedia of solid Earth geophysics*. Springer, 2011. P. 857–868. <https://doi.org/10.1007/978-90-481-8702-7>
 34. Gaál G., Gorbatshev R. An Outline of the Precambrian Evolution of the Baltic Shield // *Precambrian Research*. 1987. Vol. 35. P. 15–52. [https://doi.org/10.1016/0301-9268\(87\)90044-1](https://doi.org/10.1016/0301-9268(87)90044-1)
 35. Gee D.G., Fossen H., Henriksen N., Higgins A.K. From the Early Paleozoic platforms of Baltica and Laurentia to the Caledonide Orogen of Scandinavia and Greenland // *Episodes*. 2008. Vol. 31, No. 1. P. 44–51.
 36. Goodwin A.M. Rooted Precambrian ring-shields: growth, alignment, and oscillation // *American Journal of Science*. 1985. Vol. 285. P. 481–531. <https://doi.org/10.2475/ajs.285.6.481>
 37. Gorbatshev R., Bogdanova S. Frontiers in the Baltic Shield // *Precambrian Research*. 1993. Vol. 64. P. 3–21. [https://doi.org/10.1016/0301-9268\(93\)90066-B](https://doi.org/10.1016/0301-9268(93)90066-B)
 38. Gower C.F., Krogh T. A U–Pb geochronological review of the Proterozoic history of the eastern Grenville Province // *Canadian Journal of Earth Sciences*. 2002. Vol. 39. P. 795–829. <http://dx.doi.org/10.1139/e01-090>
 39. Guillou L., Jaupart C. On the effect of continents on mantle convection // *Journal Geophysical Research*. 1995. Vol. 100. P. 24.217–24.238. <https://doi.org/10.1029/95JB02518>
 40. Hammer P.T.C., Clowes R.M., Cook F.A., Van der Velden A.J., Vasudevan K. The Lithoprobe trans-continental lithospheric cross sections: imaging the internal structure of the North American continent // *Canadian Journal of Earth Sciences*. 2010. Vol. 47, No. 5. P. 821–857. <https://doi.org/10.1139/E10-036>
 41. Hand E. Mantle plumes seen rising from Earth's core // *Science*. 2015. Vol. 349 (6252). P. 1032–1033. <https://doi.org/10.1126/science.349.6252.1032>
 42. Hanski E.J., Huhma H., Lehtonen M.I., Rastas P. 2.0 Ga old oceanic crust in northern Finland. In: Hanski, E., and Vuollo, J. (Eds) *International Ophiolite Symposium and Field Excursion, Abstracts: Geological Survey of Finland Special Paper*. 1998. Vol. 26. P. 24.
 43. Heaman L.M. Global mafic magmatism at 2.45 Ga: Remnants of an ancient large igneous province? // *Geology*. 1997. Vol. 25. P. 299–302. [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(1997\)025<0299:GMMAGR>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(1997)025<0299:GMMAGR>2.3.CO;2)
 44. Hill R.I., Campbell I.H., Davies G.F., Griffiths R.W. Mantle plumes and continental tectonics // *Science*. 1992. Vol. 256. P. 186–193. <https://doi.org/10.1126/science.256.5054.186>
 45. Hoffman P.F. Did the breakout of Laurentia turn Gondwanaland inside-out? // *Science*. 1991. Vol. 252. P. 1409–1412. <http://www.jstor.org/stable/2875916>
 46. Hynes A., Rivers T. Protracted continental collision – evidence from the Grenville Orogen. *Canadian Journal Earth Sciences*. 2010. Vol. 47. P. 591–620. <https://doi.org/10.1139/E10-003>
 47. Karlstrom K.E., Åhäll K.I., Harlan S.S., Williams M.L., McLelland J., Geissman J.W. Long-lived (1.8–1.0 Ga) convergent orogen in southern Laurentia, its extensions to Australia and Baltica, and implications for refining Rodinia // *Precambrian Research*. 2001. Vol. 111. P. 5–30.

- [https://doi.org/10.1016/S0301-9268\(01\)00154-1](https://doi.org/10.1016/S0301-9268(01)00154-1)
48. Kirdyashkin A.A., Dobretsov N.L., Kirdyashkin A.G. Thermochemical plumes // Russian Geology and Geophysics. 2004. Vol. 46, No. 9. P. 1005-1024.
49. Koistinen T., Stephens M.B., Bogatchev V., Nordgulen I., Wennerström M., Korhonen J. Geological map of the Fennoscandian Shield. Scale 1 : 2 000 000. Geological Surveys of Finland, Norway and Sweden and the North-West Department of Natural Resources of Russia. 2001.
50. Kontinen A. An early Proterozoic ophiolite - the Jormua mafic-ultramafic complex, northeastern Finland // Precambrian Research. 1987. Vol. 35, No. 1. P. 313-341. [https://doi.org/10.1016/0301-9268\(87\)90061-1](https://doi.org/10.1016/0301-9268(87)90061-1)
51. Korsman K., Koistinen T., Kohonen J., Wennerström M., Ekdahl E., Honkamo M., Idman H., Pekkala Y. (Eds.). Suomen Kallioperäkarta-Berggrundskarta över Finland (Bedrock map of Finland). Espoo, Finland, Geological Survey of Finland, scale 1:1,000,000. 1997.
52. Korsman K., Korja T., Pajunen M., Virransalo P., GGT/SVEKA Working Group. The GGT/SVEKA Transect: structure and evolution of the continental crust in the Palaeoproterozoic Svecofennian orogen in Finland // International Geol. Review. 1999. Vol. 41. P. 287-333. <http://dx.doi.org/10.1080/00206819909465144>
53. Kotelkin V.D., Lobkovsky L.I., 2007. The Myasnikov global theory of the evolution of planets and the modern thermochemical model of the Earth's evolution. Izvestiya, Physics of the Solid Earth. Vol. 43, No. 1. P. 24-41. <http://dx.doi.org/10.1134/S1069351307010041>
54. Lahtinen R., Korja A., Nironen M. Paleoproterozoic tectonic evolution / Lehtinen M., Nurmi P.A., Rämö O.T. (Eds.) // Precambrian Geology of Finland - Key to the Evolution of the Fennoscandian Shield. Chapter 11. Elsevier B.V., Amsterdam. 2005. P. 481-531. [https://doi.org/10.1016/S0166-2635\(05\)80012-X](https://doi.org/10.1016/S0166-2635(05)80012-X)
55. Lahtinen R., Huhma H. Isotopic and geochemical constraints on the evolution of the 1.93–1.79 Ga Svecofennian crust and mantle // Precambrian Research. 1997. Vol. 82. P. 13–34. [https://doi.org/10.1016/S0301-9268\(96\)00062-9](https://doi.org/10.1016/S0301-9268(96)00062-9)
56. Li Z.X., Bogdanova S.V., Collins A.S., Davidson A., De Waele B., Ernst R.E., Fitzsimons I.C.W., Fuck R.A., Gladkochub D.P., Jacobs J., Karlstrom K.E., Lu S., Natapov L.M., Pease V., Pisarevsky S.A., Thrane K., Vernikovsky V. Assembly, configuration, and break-up history of Rodinia: A synthesis // Precambrian Research. 2008. Vol. 160. P. 179–210. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2007.04.021>
57. Lubnina N.V., Mertanen S., Söderlund U., Bogdanova S., Vasilieva T.I., Frank-Kamenetsky D. A new key pole for the East European Craton at 1452 Ma: Palaeomagnetic and geochronological constraints from mafic rocks in the Lake Ladoga region (Russian Karelia) // Precambrian Research. 2010. Vol. 183. P. 442–462. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2007.04.021>
58. Lubnina N.V., Pisarevsky S.A., Stepanova A.V., Bogdanova S.V., Sokolov S.J. Fennoscandia before Nuna/Columbia: Paleomagnetism of 1.98–1.96 Ga mafic rocks of the Karelian craton and paleogeographic implications // Precambrian Research. 2017. Vol. 292. P. 1–12. <http://dx.doi.org/10.1016/j.precamres.2017.01.011>
59. Ludden J., Hynes A. The LITHOPROBE Abitibi-Grenville transect: two billion years of crust formation and recycling in the Precambrian Shield of Canada // Canadian Journal of Earth Sciences. 2000. Vol. 37, No. 2-3. P. 459–476. <https://doi.org/10.1139/e99-120>
60. Martignole J., Calvert A.J., Friedman R., Reynolds P. Crustal evolution along a seismic section across the Grenville Province (western Quebec) // Canadian Journal of Earth Sciences. 2000. Vol. 37. P. 291–306. <https://doi.org/10.1139/e99-123>
61. Maruyama S. Plume tectonics // Journal Geological Society Japan. 1994. Vol. 100. P. 24–49. <http://doi.org/10.5575/geosoc.100.24>
62. Maruyama S., Yuen D.A., Karato S.-I., Windley B.F. Dynamics of plumes and superplumes through time / Yuen D.A., Maruyama S., Karato S.-I., Windley B.F. (Eds.) Superplumes: Beyond Plate Tectonics. Chapter 15. Springer. 2007. P. 441-502.

- https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5750-2_15
63. Mints M.V. Tectonics and Geodynamics of Granulite-Gneiss Complexes in the East European Craton // *Geotectonics*. 2014. Vol. 48. P. 496–522. <https://doi.org/10.1134/S0016852114060089>
64. Mints M.V., Eriksson P.G. Secular changes in the relationships between plate-tectonic and mantle-plume engendered processes during Precambrian time // *Geodynamics & Tectonophysics*. 2016. Vol. 7, no 2. P. 173–232. <https://doi.org/10.5800/GT-2016-7-2-0203>
65. Mints M.V., Dokukina K.A., Konilov A.N., Philippova I.B., Zlobin V.L., Babayants P.S., Belousova E.A., Blokh Yu.I., Bogina M.M., Bush W.A., Dokukin P.A., Kaulina T.V., Natapov L.M., Piip V.B., Stupak V.M., Suleimanov A.K., Trusov A.A., Van K.V., Zamozhniaya N.G. East European Craton: Early Precambrian history and 3D models of deep crustal structure // *The Geological Society of America Special Paper*. 2015. Vol. 510. 433 p. ISBN 978-0-8137-2510-9 (pbk). <https://doi.org/10.1130/2015.2510>
66. Nataf H.-C. Seismic imaging of mantle plumes. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*. 2000. Vol. 28. P. 391–417. <https://doi.org/10.1146/annurev.earth.28.1.391>
67. O'Reilly S.Y., Zhang M., Griffin W.L., Begg G., Hronsky J. Ultradeep continental roots and their oceanic remnants: A solution to the geochemical “mantle reservoir” problem? // *Lithos*. 2009. Vol. 211. P. 1043–1054. <http://doi.org/10.1016/j.lithos.2009.04.028>
68. Peltonen P., Kontinen A., Huhma H. Petrology and geochemistry of metabasalts from the 1.95 Ga Jormua Ophiolite, Northeastern Finland // *Journal of Petrology*. 2009. Vol. 37, No. 6. P. 1359–1383. <https://doi.org/10.1093/petrology/37.6.1359>
69. Peltonen P., Kontinen A., Huhma H. Petrogenesis of the mantle sequence of the Jormua Ophiolite (Finland): melt migration in the upper mantle during Palaeoproterozoic continental break-up // *Journal of Petrology*. 1998. Vol. 39, No. 2. P. 297–329. <https://doi.org/10.1093/etroj/39.2.297>
70. Pesonen L.J., Elming S.-Å., Mertanen S., Pisarevsky S., D'Agrella-Filho M.S., Meert J.G., Schmidt P.W., Abrahamsen N., Bylund G. Palaeomagnetic configuration of continents during the Proterozoic // *Tectonophysics*. 2003. Vol. 375. P. 289–324. [https://doi.org/10.1016/S0040-1951\(03\)00343-3](https://doi.org/10.1016/S0040-1951(03)00343-3)
71. Pesonen L.J., Mertanen S., Veikkolainen T. Paleo-Mesoproterozoic Supercontinents – A Paleomagnetic View // *Geophysica*. 2012. Vol. 47(1–2). P. 3–46.
72. Pharaoh T.C., Brewer T.S. Spatial and temporal diversity of Early Proterozoic Volcanic Sequences – comparisons between the Baltic and Laurentian Shields // *Precambrian Research*. 1990. Vol. 47. P. 169–189. [https://doi.org/10.1016/0301-9268\(90\)90037-0](https://doi.org/10.1016/0301-9268(90)90037-0)
73. Rivers T. The Grenville Province as a large hot long-duration collisional orogen – insights from the spatial and thermal evolution of its orogenic fronts / Murphy J.B., Keppie J.D., Hynes A.J. (Eds) // *Ancient Orogens and Modern Analogues*. Geological Society, London. Special Publications. 2009. Vol. 327. P. 405–444. <https://doi.org/10.1144/SP327.17>
74. Roberts D. The Scandinavian Caledonides: event chronology, paleogeographic settings and likely modern analogues // *Tectonophysics*. Vol. 365(1–4). P. 283–299. [https://doi.org/10.1016/S0040-1951\(03\)00026-X](https://doi.org/10.1016/S0040-1951(03)00026-X)
75. Salminen J., Klein R., Veikkolainen T., Mertanen S., Mänttari I. Mesoproterozoic geomagnetic reversal asymmetry in light of new paleomagnetic and geochronological data for the Häme dyke swarm, Finland: Implications for the Nuna supercontinent // *Precambrian Research*. 2017. Vol. 288. P. 1–22. <http://dx.doi.org/10.1016/j.precamres.2016.11.003>
76. Schulz K.J., Cannon W.F. The Penokean orogeny in the Lake Superior region // *Precambrian Research*. 2007. Vol. 157. P. 4–25. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2007.02.022>
77. Scott D.J., St-Onge M.R., Lucas S.B., Helmstaedt H. Geology and geochemistry of the Early Proterozoic Purtuniqu ophiolite, Cape Smith belt, northern Quebec, Canada / Peters Tj. et al. (Eds.) // *Ophiolite Genesis and Evolution of the Oceanic Lithosphere*. Amsterdam: Kluwer Academic Press, 1991. P. 817–849. https://doi.org/10.1007/978-94-011-3358-6_41
78. Tollo R.P., Corriveau L., McLelland J., Bartholomew M.J. Proterozoic Tectonic Evolution of the Grenville Orogen in North

- America: An introduction / Tollo, R.P., Corriveau, L., McLelland, J., and Bartholomew, M.J. (Eds.) // Proterozoic Tectonic Evolution of the Grenville Orogen in North America. Geological Society America Memoir. 2004. Vol. 197. P. 1–18. <https://dx.doi.org/10.1130/0-8137-1197-5.1>
79. Torsvik T.H., Cocks L.R.M. The Lower Palaeozoic palaeogeographical evolution of the northeastern and eastern peri-Gondwanan margin from Turkey to New Zealand // Geological Society London, Special Publications. 2009. Vol. 325(1). P. 3–21. <https://doi.org/10.1144/SP325.2>
80. Trubitsyn P., Trubitsyn A.P. Evolution of mantle plumes and uplift of continents during the Pangea breakup. Russian Journal of Earth Sciences. 2005. Vol. 7. ES3001. <https://doi.org/10.2205/2005ES000179>
81. Wardle R.J., Rivers T., Gower C.F. Nunn G.A.G., Thomas A. The Northeastern Grenville Province: New Insights / Moore J.M., Davidson A., Baer A.J. (Eds.) // The Grenville Province. Geological Association of Canada Special Paper. 1986. Vol. 31. P. 13–29. <http://trove.nla.gov.au/version/46588339>
82. Weil A.B., Van der Voo R., Mac Niocaill C., Meert J.G. The Proterozoic supercontinent Rodinia: paleomagnetically derived reconstructions for 1100 to 800 Ma // Earth Planet. Sci. Lett. 1998. Vol. 154. P. 13–24. [https://doi.org/10.1016/S0012-821X\(97\)00127-1](https://doi.org/10.1016/S0012-821X(97)00127-1)
83. Whitmeyer S.J., Karlstrom K.E. Tectonic model for the Proterozoic growth of North America // Geosphere. 2007. Vol. 3. P. 220–259. <https://doi.org/10.1130/GES00055.1>
84. Wilson J.T. Did the Atlantic close and then re-open? // Nature. 1966. Vol. 211 (August 13, 1966). P. 676–681. <https://doi.org/10.1038/211676a0>
- thesis on geology-mineralogy. Moscow, Lomonosov Moscow State University. 40 pp.
3. Mints, M.V., 2007. Paleoproterozoic supercontinent: origin and evolution of accretionary and collisional orogens exemplified in northern cratons // Geotectonics, 2007. Vol. 41, No. 4. P. 257–280. <https://doi.org/10.1134/S0016852107040012>
4. Mints, M.V., 2017a. Paleoproterozoic-Phanerozoic history of the Atlantic zone: a unique example of the interaction of plume tectonics and plate tectonics. In: Tectonics of modern and ancient oceans and their margins: Proceedings of the XLIX Tectonic conference dedicated to the 100th anniversary of Academician Yu.M. Pushcharovsky (K.E. Degtyarev – ed.). M: GEOS, Vol. 2. P. 19-23 (in Russian).
5. Mints, M.V., 2017b. Meso-Neoproterozoic Grenville-Sveconorwegian intracontinental orogen: history, tectonics, geodynamics // Geodynamics & Tectonophysics. Vol. 3, No. 3. P.619-642 (in Russian). <https://doi.org/10.5800/GT-2017-8-3-0309>
6. Mints, M.V., 2018. 3D model of the deep structure of the Svecofennian accretionary orogen: a geodynamic interpretation // Transactions of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences. No. 2. Precambrian geology series, in press (in Russian). <https://doi.org/10.17076/geo698>
7. Mints, M.V., Suleimanov, A.K., Babayants, P.S., Belousova, E.A., Blokh, Yu.I., Bogina, M.M., Bush, W.A., Dokukina, K.A., Zamozhniaya, N.G., Zlobin, V.L., Kaulina, T.V., Konilov, A.N., Mikhailov, V.O., Natapov, L.M., Piip, V.B., Stupak, V.M., Tihotsky, S.A., Trusov, A.A., Philippova I.B., Shur, D.Yu., 2010. Deep crustal structure, evolution and mineral deposits of the Early Precambrian basement of the East European Craton: interpretation of the data along the 1-EU Geotraverse, the 4B and TATSEIS Profiles. Moscow, GEOKART, GEOS. Vol. 1 - 408 p., Vol. 2 - 400 p. (in Russian).
8. Mints, M.V., Sokolova, E.Yu., Ladoga working group, 2018. 3D model of the deep structure of the Svecofennian accretionary orogen based on data from CDP seismic reflection method, MT sounding and density modeling // Transactions of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences. No. 2. Precambrian geology series, in press (in Russian). <https://doi.org/10.17076/geo656>

References

1. Kostitsyn, Yu.A., Belousova, E.A., Silant'ev, S.A., Bortnikov, N.S., and Anosova, M.O., 2015. Modern problems of geochemical and U-Pb geochronological studies of zircon in oceanic rocks // Geochemistry International. Vol. 53, No. 9. P. 759-785. <https://doi.org/10.1134/S0016702915090025>
2. Lubnina, N.V., 2009. East-European craton from Neoproterozoic to Paleozoic based on paleomagnetic data. The DSc dissertation

9. Skolotnev, S.G., Bel'tenev, V.E., Lepekhina, E.N., Ipat'eva, I.S., 2010. Younger and older zircons from rocks of the oceanic lithosphere in the Central Atlantic and their geotectonic implications // *Geotectonics*. Vol. 44, No. 6. P. 462-492.
<https://doi.org/10.1134/S0016852110060038>
10. Åhäll K.I., Gower C.F., 1997. The Gothian and Labradorian orogens: Variations in accretionary tectonism along a late Paleoproterozoic Laurentia-Baltica margin. *GFF* 119 (2), 181-191.
<http://dx.doi.org/10.1080/11035899709546475>
11. Andersson, U.B., Högdahl, K., Sjöström, H., and Bergman, S. Multistage growth and reworking of the Palaeoproterozoic crust in the Bergslagen area, southern Sweden: evidence from U-Pb geochronology // *Geological Magazine*. 2006. Vol. 143, no. 5. P. 679-697.
<https://doi.org/10.1017/S0016756806002494>
12. Andersson J., Bingen B., Cornell D., Johansson L., Söderlund U., Möller C. The Sveconorwegian orogen of southern Scandinavia: setting, petrology and geochronology of polymetamorphic high-grade terranes / 33 IGC, excursion No 51. Oslo, 33 IGC. 2008. 83 p.
13. Andersson, U.B., Begg, G.C., Griffin, W.L., and Högdahl, K. Ancient and juvenile components in the continental crust and mantle: Hf isotopes in zircon from Svecofennian magmatic rocks and rapakivi granites in Sweden // *Lithosphere*. 2011. Vol. 3; no. 6. P. 409-419. <http://dx.doi.org/10.1130/L162.1>
14. Austin Hegardt E., Cornel D., Claesson L., Simakov S., Stein H., Hannah J. Eclogites in the central part of the Sveconorwegian Eastern Segment of the Baltic Shield: support for an extensive eclogite terrane // *GFF*. 2005. Vol. 127. P. 221-232.
<http://dx.doi.org/10.1080/11035890501273221>
15. Bingen, B., Nordgulen, Ø., and Viola, G. A four-phase model for the Sveconorwegian orogeny, SW Scandinavia // *Norwegian Journal of Geology*. 2008. Vol. 88. P. 43-72.
16. Bleeker, W., Ernst, R.E. Short-lived mantle generated magmatic events and their dyke swarms: the key unlocking Earth's paleogeographic record back to 2.6 Ga / E. Hanski, S. Mertanen, T. Rämö, J. Vuollo (Eds.) // *Dyke Swams - Time Markers of Crustal Evolution*. Taylor and Francis/Balkema, London. 2006. P. 3-26.
17. Bogdanova, S.V., Bingen, B., Gorbatshev, R., Kheraskova, T.N., Kozlov, V.I., Puchkov, V.N., Volozh, Yu.A. The East European Craton (Baltica) before and during the assembly of Rodinia // *Precambrian Research*. 2008. Vol. 160, no. 1-2. P. 23-45.
<https://doi.org/10.1016/j.precamres.2007.04.024>
18. Brewer, T.S., Åhall, K.I., Darbyshire, D.P.F., and Menuge, J.F. Geochemistry of late Mesoproterozoic volcanism in southwestern Scandinavia: implications for Sveconorwegian/Grenvillian // *J. Geological Society London*. 2002. Vol. 159. P. 129-144.
<https://doi.org/10.1144/0016-764901-044>
19. Brueckner, H.K., and Van Roermund, H.L.M. Dunk tectonics: A multiple subduction/eduction model for the evolution of the Scandinavian Caledonides // *Tectonics*. 2004. Vol. 23. P. 1-20.
<https://doi.org/10.1029/2003TC001502>
20. Buchan, K.L., Mortensen, J.K., Card, K.D., and Percival, J.A. Paleomagnetism and U-Pb geochronology of diabase dyke swarms of Minto block, Superior Province, Quebec, Canada // *Canadian Journal Earth Sciences*. 1998. Vol. 35. P. 1054-1069.
<https://doi.org/10.1139/e98-054>
21. Burov, E., and Guillou-Frottier, L. The plume head - continental lithosphere interaction using a tectonically realistic formulation for the lithosphere // *Geophysical Journal International*. 2005. Vol. 161. P. 469-490.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.2005.02588.x>
22. Carr, S.D., Easton, R.M., Jamieson, R.A., and Culshaw N.G. Geologic transect across the Grenville orogen of Ontario and New York // *Canadian Journal Earth Sciences*. 2000. Vol. 37. P. 193-216.
<https://doi.org/10.1139/e99-074>
23. Cocks, L.R.M., and Torsvik, T.H. European geography in a global context from the Vendian to the end of the Palaeozoic / Gee, D.G. and Stephenson, R.A. (Eds). *European Lithosphere Dynamics*. Geological Society London, Memoirs. 2006. Vol. 32. P. 83-95.
<https://doi.org/10.1144/GSL.MEM.2006.03.2.01.05>
24. Cocks, L.R.M., and Torsvik, T.H. The Palaeozoic geography of Laurentia and western Laurussia: A stable craton with mobile margins // *Earth-Science Reviews*. 2011. Vol. 106. P. 1-51.

- <http://dx.doi.org/10.1016/j.earscirev.2011.01.007>
25. *Condie, K.C.* Mantle Plumes and Their Record in Earth History. Cambridge University Press, 2001. 306 p.
 26. *Cosca, M.A., Mezger, K., and Essene, E.* The Baltica-Laurentia connection: Sveconorwegian (Grenvillian) metamorphism, cooling, and unroofing in the Bamble sector, Norway // *Journal of Geology*. 1998. Vol. 106. P. 539–552. <http://www.jstor.org/stable/10.1086/516040>
 27. *Culotta, R.C., Pratt, T., and Oliver, J.* A tale of two sutures: COCORP's deep seismic surveys of the Grenville province in the eastern U.S. midcontinent. *Geology*. 1990. Vol. 18, no. 7. P. 646–649. [http://dx.doi.org/10.1130/0091-7613\(1990\)018<0646:ATOTSC>2.3.CO;2](http://dx.doi.org/10.1130/0091-7613(1990)018<0646:ATOTSC>2.3.CO;2)
 28. *Dewey, J.F.* The evolution of the Appalachian/Caledonian orogen // *Nature*. 1969. Vol. 222. P. 124–129. <http://dx.doi.org/10.1038/222124a0>
 29. *Dobretsov, N.L., Kirdyashkin, A.A., and Kirdyashkin, A.G.* Diameter and formation time of plume head at the base of refractory lithospheric layer // *Transactions (Doklady) of the Russian Academy of Sciences/Earth Science Section*. 2006. Vol. 406, no. 1. P. 56–60. <https://doi.org/10.1134/S1028334X06010144>
 30. *Emery, K.O., Uchupi, E.* The geology of the Atlantic Ocean. New York, Berlin, Tokyo: Springer-Verlag. 1984. 1026 p.
 31. *Ernst, R.E., and Buchan, K.L.* Recognizing mantle plumes in the geological record // *Annual Review Earth Planetary Sciences*. 2003. Vol. 31. P. 469–523. <https://doi.org/10.1146/annurev.earth.31.1.00901.145500>
 32. *Evans, D.A.D., Mitchell, R.N.* Assembly and breakup of the core of Paleoproterozoic–Mesoproterozoic supercontinent Nuna // *Geology*. 2011. Vol. 39, no. 5. P. 443–446. <http://dx.doi.org/10.1130/G31654.1>
 33. *Farnetani, C.G., and Hofmann, A.W.* Mantle plumes / Harsh K. Gupta (ed.) *Encyclopedia of solid Earth geophysics*. Springer, 2011. P. 857–868. <https://doi.org/10.1007/978-90-481-8702-7>
 34. *Gaál, G. and Gorbatshev, R.* An Outline of the Precambrian Evolution of the Baltic Shield // *Precambrian Research*. 1987. Vol. 35. P. 15–52. [https://doi.org/10.1016/0301-9268\(87\)90044-1](https://doi.org/10.1016/0301-9268(87)90044-1)
 35. *Gee, D.G., Fossen, H., Henriksen, N., and Higgins, A.K.* From the Early Paleozoic platforms of Baltica and Laurentia to the Caledonide Orogen of Scandinavia and Greenland // *Episodes*. 2008. Vol. 31, no. 1. P. 44–51.
 36. *Goodwin, A.M.* Rooted Precambrian ring-shields: growth, alignment, and oscillation // *American Journal of Science*. 1985. Vol. 285. P. 481–531. <https://doi.org/10.2475/ajs.285.6.481>
 37. *Gorbatshev, R., Bogdanova, S.* Frontiers in the Baltic Shield // *Precambrian Research*. 1993. Vol. 64. P. 3–21. [https://doi.org/10.1016/0301-9268\(93\)90066-B](https://doi.org/10.1016/0301-9268(93)90066-B)
 38. *Gower, C.F., and Krogh, T.* A U–Pb geochronological review of the Proterozoic history of the eastern Grenville Province // *Canadian Journal of Earth Sciences*. 2002. Vol. 39. P. 795–829. <http://dx.doi.org/10.1139/e01-090>
 39. *Guillou, L., and Jaupart, C.* On the effect of continents on mantle convection // *Journal Geophysical Research*. 1995. Vol. 100. P. 24.217–24.238. <https://doi.org/10.1029/95JB02518>
 40. *Hammer P.T.C., Clowes R.M., Cook F.A., Van der Velden A.J., Vasudevan K.* The Lithoprobe trans-continental lithospheric cross sections: imaging the internal structure of the North American continent // *Canadian Journal of Earth Sciences*. 2010. Vol. 47, no. 5. P. 821–857. <https://doi.org/10.1139/E10-036>
 41. *Hand, E.* Mantle plumes seen rising from Earth's core // *Science*. 2015. Vol. 349 (6252). P. 1032–1033. <https://doi.org/10.1126/science.349.6252.1032>
 42. *Hanski, E.J., Huhma, H., Lehtonen, M.I., and Rastas, P.* 2.0 Ga old oceanic crust in northern Finland. In: *Hanski, E., and Vuollo, J. (Eds) International Ophiolite Symposium and Field Excursion, Abstracts: Geological Survey of Finland Special Paper*. 1998. Vol. 26. P. 24.
 43. *Heaman, L.M.* Global mafic magmatism at 2.45 Ga: Remnants of an ancient large igneous province? // *Geology*. 1997. Vol. 25. P. 299–302. [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(1997\)025<0299:GMMAGR>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(1997)025<0299:GMMAGR>2.3.CO;2)
 44. *Hill, R.I., Campbell, I.H., Davies, G.F., and Griffiths, R.W.* Mantle plumes and continental tectonics // *Science*. 1992. Vol. 256. P. 186–193. <https://doi.org/10.1126/science.256.5054.186>
 45. *Hoffman, P.F.* Did the breakout of Laurentia turn Gondwanaland inside-out? // *Science*.

1991. Vol. 252. P. 1409–1412. <http://www.jstor.org/stable/2875916>
46. Hynes, A. and Rivers, T. Protracted continental collision – evidence from the Grenville Orogen. *Canadian Journal Earth Sciences*. 2010. Vol. 47. P. 591–620. <https://doi.org/10.1139/E10-003>
47. Karlstrom, K.E., Åhäll, K.I., Harlan, S.S., Williams, M.L., McLelland, J., Geissman, J.W. Long-lived (1.8–1.0 Ga) convergent orogen in southern Laurentia, its extensions to Australia and Baltica, and implications for refining Rodinia // *Precambrian Research*. 2001. Vol. 111. P. 5–30. [https://doi.org/10.1016/S0301-9268\(01\)00154-1](https://doi.org/10.1016/S0301-9268(01)00154-1)
48. Kirdyashkin, A.A., Dobretsov, N.L., and Kirdyashkin, A.G. Thermochemical plumes // *Russian Geology and Geophysics*. 2004. Vol. 46, no. 9. P. 1005–1024.
49. Koistinen, T., Stephens, M.B., Bogatchev, V., Nordgulen, I., Wennerström, M., Korhonen, J. Geological map of the Fennoscandian Shield. Scale 1 : 2 000 000. Geological Surveys of Finland, Norway and Sweden and the North-West Department of Natural Resources of Russia. 2001.
50. Kontinen, A. An early Proterozoic ophiolite - the Jormua mafic-ultramafic complex, northeastern Finland // *Precambrian Research*. 1987. Vol. 35, no. 1. P. 313–341. [https://doi.org/10.1016/0301-9268\(87\)90061-1](https://doi.org/10.1016/0301-9268(87)90061-1)
51. Korsman, K., Koistinen, T., Kohonen, J., Wennerström, M., Ekdahl, E., Honkamo, M., Idman, H., and Pekkala, Y. (Eds.). Suomen Kallioperäkarta-Berggrundskarta över Finland (Bedrock map of Finland). Espoo, Finland, Geological Survey of Finland, scale 1:1,000,000. 1997.
52. Korsman, K., Korja, T., Pajunen, M., and Virransalo, P., GGT/SVEKA Working Group. The GGT/SVEKA Transect: structure and evolution of the continental crust in the Palaeoproterozoic Svecofennian orogen in Finland // *International Geol. Review*. 1999. Vol. 41. P. 287–333. <http://dx.doi.org/10.1080/00206819909465144>
53. Kotelnik, V.D., and Lobkovsky, L.I., 2007. The Myasnikov global theory of the evolution of planets and the modern thermochemical model of the Earth's evolution. *Izvestiya, Physics of the Solid Earth*. Vol. 43, no. 1. P. 24–41. <http://dx.doi.org/10.1134/S1069351307010041>
54. Lahtinen, R., Korja, A., and Nironen, M. Paleoproterozoic tectonic evolution / Lehtinen, M., Nurmi, P.A., Rämö, O.T. (Eds.) // *Precambrian Geology of Finland – Key to the Evolution of the Fennoscandian Shield*. Chapter 11. Elsevier B.V., Amsterdam. 2005. P. 481–531. [https://doi.org/10.1016/S0166-2635\(05\)80012-X](https://doi.org/10.1016/S0166-2635(05)80012-X)
55. Lahtinen, R., and Huhma, H. Isotopic and geochemical constraints on the evolution of the 1.93–1.79 Ga Svecofennian crust and mantle // *Precambrian Research*. 1997. Vol. 82. P. 13–34. [https://doi.org/10.1016/S0301-9268\(96\)00062-9](https://doi.org/10.1016/S0301-9268(96)00062-9)
56. Li, Z.X., Bogdanova S.V., Collins A.S., Davidson A., De Waele B., Ernst R.E., Fitzsimons I.C.W., Fuck R.A., Gladkochub D.P., Jacobs J., Karlstrom K.E., Lu S., Natapov L.M., Pease V., Pisarevsky S.A., Thrane K., Vernikovsky V. Assembly, configuration, and break-up history of Rodinia: A synthesis // *Precambrian Research*. 2008. Vol. 160. P. 179–210. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2007.04.021>
57. Lubnina, N.V., Mertanen, S., Söderlund, U., Bogdanova, S., Vasilieva, T.I., Frank-Kamenetsky, D. A new key pole for the East European Craton at 1452 Ma: Palaeomagnetic and geochronological constraints from mafic rocks in the Lake Ladoga region (Russian Karelia) // *Precambrian Research*. 2010. Vol. 183. P. 442–462. <https://doi.org/10.1016/j.precamres.2007.04.021>
58. Lubnina, N.V., Pisarevsky, S.A., Stepanova, A.V., Bogdanova, S.V., Sokolov, S.J. Fennoscandia before Nuna/Columbia: Paleomagnetism of 1.98–1.96 Ga mafic rocks of the Karelian craton and paleogeographic implications // *Precambrian Research*. 2017. Vol. 292. P. 1–12. <http://dx.doi.org/10.1016/j.precamres.2017.01.011>
59. Ludden, J. and Hynes, A. The LITHOPROBE Abitibi-Grenville transect: two billion years of crust formation and recycling in the Precambrian Shield of Canada // *Canadian Journal of Earth Sciences*. 2000. Vol. 37, no. 2–3. P. 459–476. <https://doi.org/10.1139/e99-120>
60. Martignole, J., Calvert, A.J., Friedman, R., and Reynolds, P. Crustal evolution along a seismic section across the Grenville Province (western Quebec) // *Canadian Journal of*

- Earth Sciences. 2000. Vol. 37. P. 291–306.
<https://doi.org/10.1139/e99-123>
61. Maruyama, S. Plume tectonics // Journal Geological Society Japan. 1994. Vol. 100. P. 24–49.
<http://doi.org/10.5575/geosoc.100.24>
 62. Maruyama, S., Yuen D.A., Karato, S.-I., and Windley, B.F. Dynamics of plumes and superplumes through time / Yuen D.A., Maruyama, S., Karato, S.-I., and Windley, B.F. (Eds.) Superplumes: Beyond Plate Tectonics. Chapter 15. Springer. 2007. P. 441-502.
https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5750-2_15
 63. Mints M.V. Tectonics and Geodynamics of Granulite-Gneiss Complexes in the East European Craton // Geotectonics. 2014. Vol. 48. P. 496–522.
<https://doi.org/10.1134/S0016852114060089>
 64. Mints, M.V., Eriksson, P.G. Secular changes in the relationships between plate-tectonic and mantle-plume engendered processes during Precambrian time // Geodynamics & Tectonophysics. 2016. Vol. 7, no 2. P. 173-232. <https://doi.org/10.5800/GT-2016-7-2-0203>
 65. Mints, M.V., Dokukina, K.A., Konilov, A.N., Philippova, I.B., Zlobin, V.L., Babayants, P.S., Belousova, E.A., Blokh, Yu.I., Bogina, M.M., Bush, W.A., Dokukin, P.A., Kaulina, T.V., Natapov, L.M., Piip, V.B., Stupak, V.M., Suleimanov, A.K., Trusov, A.A., Van, K.V., and Zamozhniaya, N.G. East European Craton: Early Precambrian history and 3D models of deep crustal structure // The Geological Society of America Special Paper. 2015. Vol. 510. 433 p. ISBN 978-0-8137-2510-9 (pbk.)
<https://doi.org/10.1130/2015.2510>
 66. Nataf H.-C. Seismic imaging of mantle plumes. Annual Review of Earth and Planetary Sciences. 2000. Vol. 28. P. 391–417.
<https://doi.org/10.1146/annurev.earth.28.1.391>
 67. O'Reilly, S.Y., Zhang, M., Griffin, W.L., Begg, G., and Hronsky, J. Ultradeep continental roots and their oceanic remnants: A solution to the geochemical “mantle reservoir” problem? // Lithos. 2009. Vol. 211. P. 1043–1054,
<http://doi.org/10.1016/j.lithos.2009.04.028>
 68. Peltonen, P., Kontinen, A., and Huhma, H. Petrology and geochemistry of metabasalts from the 1.95 Ga Jormua Ophiolite, Northeastern Finland // Journal of Petrology. 2009. Vol. 37, no. 6. P. 1359-1383.
<https://doi.org/10.1093/petrology/37.6.1359>
 69. Peltonen P., Kontinen A., and Huhma H. Petrogenesis of the mantle sequence of the Jormua Ophiolite (Finland): melt migration in the upper mantle during Palaeoproterozoic continental break-up // Journal of Petrology. 1998. Vol. 39, no. 2. P. 297-329.
<https://doi.org/10.1093/petroj/39.2.297>
 70. Pesonen, L.J., Elming, S.-Å., Mertanen, S., Pisarevsky, S., D'Agrella-Filho, M.S., Meert, J.G., Schmidt, P.W., Abrahamsen, N., Bylund, G. Palaeomagnetic configuration of continents during the Proterozoic // Tectonophysics. 2003. Vol. 375. P. 289– 324.
[https://doi.org/10.1016/S0040-1951\(03\)00343-3](https://doi.org/10.1016/S0040-1951(03)00343-3)
 71. Pesonen, L.J., Mertanen, S., and Veikkolainen, T. Paleo-Mesoproterozoic Supercontinents – A Paleomagnetic View // Geophysica. 2012. Vol. 47(1–2). P. 3–46.
 72. Pharaoh, T.C. and Brewer, T.S. Spatial and temporal diversity of Early Proterozoic Volcanic Sequences – comparisons between the Baltic and Laurentian Shields // Precambrian Research. 1990. Vol. 47. P. 169–189. [https://doi.org/10.1016/0301-9268\(90\)90037-Q](https://doi.org/10.1016/0301-9268(90)90037-Q)
 73. Rivers, T. The Grenville Province as a large hot long-duration collisional orogen – insights from the spatial and thermal evolution of its orogenic fronts / Murphy J.B., Keppie J.D., Hynes A.J. (Eds) // Ancient Orogens and Modern Analogues. Geological Society, London. Special Publications. 2009. Vol. 327. P. 405–444.
<https://doi.org/10.1144/SP327.17>
 74. Roberts, D. The Scandinavian Caledonides: event chronology, paleogeographic settings and likely modern analogues // Tectonophysics. Vol. 365(1-4). P. 283–299.
[https://doi.org/10.1016/S0040-1951\(03\)00026-X](https://doi.org/10.1016/S0040-1951(03)00026-X)
 75. Salminen, J., Klein, R., Veikkolainen, T., Mertanen, S., and Mänttari, I. Mesoproterozoic geomagnetic reversal asymmetry in light of new paleomagnetic and geochronological data for the Häme dyke swarm, Finland: Implications for the Nuna supercontinent // Precambrian Research. 2017. Vol. 288. P. 1–22.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.precamres.2016.11.003>
 76. Schulz, K.J., and Cannon, W.F. The Penokean orogeny in the Lake Superior region // Precambrian Research. 2007. Vol. 157. P. 4–25.
<https://doi.org/10.1016/j.precamres.2007.02.022>

77. Scott D.J., St-Onge M.R., Lucas S.B., Helmstaedt H. Geology and geochemistry of the Early Proterozoic Purtuniqu ophiolite, Cape Smith belt, northern Quebec, Canada / Peters Tj. et al. (Eds.) // Ophiolite Genesis and Evolution of the Oceanic Lithosphere. Amsterdam: Kluwer Academic Press, 1991. P. 817-849. https://doi.org/10.1007/978-94-011-3358-6_41
78. Tollo, R.P., Corriveau, L., McLelland, J., and Bartholomew, M.J. Proterozoic Tectonic Evolution of the Grenville Orogen in North America: An introduction / Tollo, R.P., Corriveau, L., McLelland, J., and Bartholomew, M.J. (Eds.) // Proterozoic Tectonic Evolution of the Grenville Orogen in North America. Geological Society America Memoir. 2004. Vol. 197. P. 1-18. <https://dx.doi.org/10.1130/0-8137-1197-5.1>
79. Torsvik, T.H., and Cocks, L.R.M. The Lower Palaeozoic palaeogeographical evolution of the northeastern and eastern peri-Gondwanan margin from Turkey to New Zealand // Geological Society London, Special Publications. 2009. Vol. 325(1). P. 3-21. <https://doi.org/10.1144/SP325.2>
80. Trubitsyn V.P., and Trubitsyn A.P. Evolution of mantle plumes and uplift of continents during the Pangea breakup. Russian Journal of Earth Sciences. 2005. Vol. 7. ES3001. <https://doi.org/10.2205/2005ES000179>
81. Wardle, R.J., Rivers, T., Gower, C.F. Nunn, G.A.G., Thomas, A. The Northeastern Grenville Province: New Insights / Moore, J.M., Davidson, A., Baer, A.J. (Eds.) // The Grenville Province. Geological Association of Canada Special Paper. 1986. Vol. 31. P. 13-29. <http://trove.nla.gov.au/version/46588339>
82. Weil, A.B., Van der Voo, R., Mac Niocaill, C., Meert, J.G. The Proterozoic supercontinent Rodinia: paleomagnetically derived reconstructions for 1100 to 800 Ma // Earth Planet. Sci. Lett. 1998. Vol. 154. P. 13-24. [https://doi.org/10.1016/S0012-821X\(97\)00127-1](https://doi.org/10.1016/S0012-821X(97)00127-1)
83. Whitmeyer, S.J., and Karlstrom, K.E. Tectonic model for the Proterozoic growth of North America // Geosphere. 2007. Vol. 3. P. 220-259. <https://doi.org/10.1130/GES00055.1>
84. Wilson, J.T. Did the Atlantic close and then re-open? // Nature. 1966. Vol. 211 (August 13, 1966). P. 676-681. <https://doi.org/10.1038/211676a0>



ATLANTIC TECTONIC ZONE: PLATE TECTONICS INITIATED BY SUPERPLUME

<i>Mints M.V.</i>	<i>Afonina T.B.</i>
DSc, Head of the laboratory of the Early Precambrian tectonics, Geological institute of The Russian Academy of Sciences (GIN RAS)	Leading engineer of the mineralogical analysis laboratory, Geological institute of the Russian Academy of Sciences (GIN RAS)
Address: Pyzhevsky lane 7, Moscow 119017 E-mail: michael-mints@yandex.ru	Address: Pyzhevsky lane 7, Moscow 119017 E-mail: afoninatoma@yandex.ru

Abstract. The Atlantic Zone (Northern and, probably, Southern Atlantic) comprises basement of the present-day Atlantic Ocean and tectonic structures in its framework. The geodynamic settings of their formation are immediately related to origination and evolution of the Atlantic and preceding oceans. The long-living (at least, ~2.2 Ga to the present) Atlantic Zone underwent several oceanic openings dated at 2.2-1.8 Ga (Svecofennian ocean), 1.7-1.3 Ga (Pre-Grenville ocean), 0.65-0.40 Ga (Iapetus), 0.16 Ga-the Present (Atlantic Ocean). The Atlantic type of geodynamic evolution has been initiated by activity of mantle plumes and exemplifies interaction of plume- and plate-tectonics. To appraise a degree of uniqueness of this type of evolution and its possible doubling in other regions, including those devoid of present-day oceans, further studies are required.

Key words: Atlantic Tectonic Zone, Lauroscandia, Archean, Proterozoic, plate-tectonics, plume-tectonics.

© Минц М.В., Афолина Т.Б., 2018

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В РУДАХ ЗОЛОТОРУДНЫХ И МОЛИБДЕНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ВОСТОЧНОГО ЗАБАЙКАЛЬЯ

Абрамов Б.Н.

Доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник,
Институт природных ресурсов, экологии и криологии Сибирского отделения РАН

Адрес: 672014, г. Чита, ул. Недорезова, 16а, а/я 521

E-mail: b_abramov@mail.ru

Аннотация: Анализ распределения редкоземельных элементов (РЗЭ) свидетельствует об образовании руд золоторудных и молибденовых месторождений Восточного Забайкалья из разноглубинных магматических очагов, функционировавших как в верхней континентальной коре (ВКК), так и в нижней континентальной коре (НКК). Установлено, что руды золоторудных и месторождений образованные из магматитов НКК характеризуются меньшей степенью дифференциации и большими концентрациями Σ РЗЭ относительно руд из магматитов ВКК. Руды молибденовых месторождений в сравнении с золоторудными характеризуются меньшими содержаниями тяжелых РЗЭ и меньшими значениями Σ РЗЭ.

Ключевые слова: Золоторудные и молибденовые месторождения, редкоземельные элементы, разноглубинные магматические очаги, Восточное Забайкалье.

С.С. Смирновым в 30-х годах XX века в Восточном Забайкалье было выделено три металлогенических пояса: оловянно-вольфрамовый, молибденово-золотой и полиметаллический [7]. В пределах золото-молибденового пояса отмечается близкая пространственная совмещенность и тесные взаимосвязи молибденовой и золоторудной минерализации [Смирнов]. В золоторудных месторождениях молибденовая минерализация типична для ранних высокотемпературных ассоциаций, золоторудная минерализация – для последующих ассоциаций с меньшими температурами образования. Для преобладающей части молибденовых месторождений характерны комплексные золото-молибденовые руды [Бугдая, Давенда].

Элементный состав и распределение РЗЭ в рудах золоторудных и молибденовых месторождений Восточного Забайкалья рассмотрены в немногочисленных публикациях [1-3].

Для установления особенности формирования золотой и молибденовой минерализаций рассмотрим распределение редкоземельных элементов (РЗЭ) в рудах золоторудных и молибденовых

месторождений. Редкоземельные элементы традиционно рассматриваются как индикаторы магматических процессов.

По современным схемам районирования на территории Восточного Забайкалья выделяются следующие рудные поля: 1 – R-Fe-Cu; 2 – R-Mo-W; 3 – Mo-Au; 4 – Sn-W-R; 5 – U-Au-Pb-Zn (рис. 1) [8]. В пределах данных рудных полей не всегда выдерживается соответствие данной схеме. Так, Шахтаминское и Бугдаинское молибденовые месторождения находятся в пределах оловянно-вольфрамово-редкометалльного пояса. При решении проблем металлогенического районирования многие исследователи не находило ясного ответа. В последние десятилетия результаты новых идей мобилизма, данные сейсмотомографических исследований, изучение глубинного строения Восточного Забайкалья констатировали, что образование рудно-магматических систем в регионе связывается с воздействием в переходной зоне мантии стагнированного океанического слэба на литосферу.

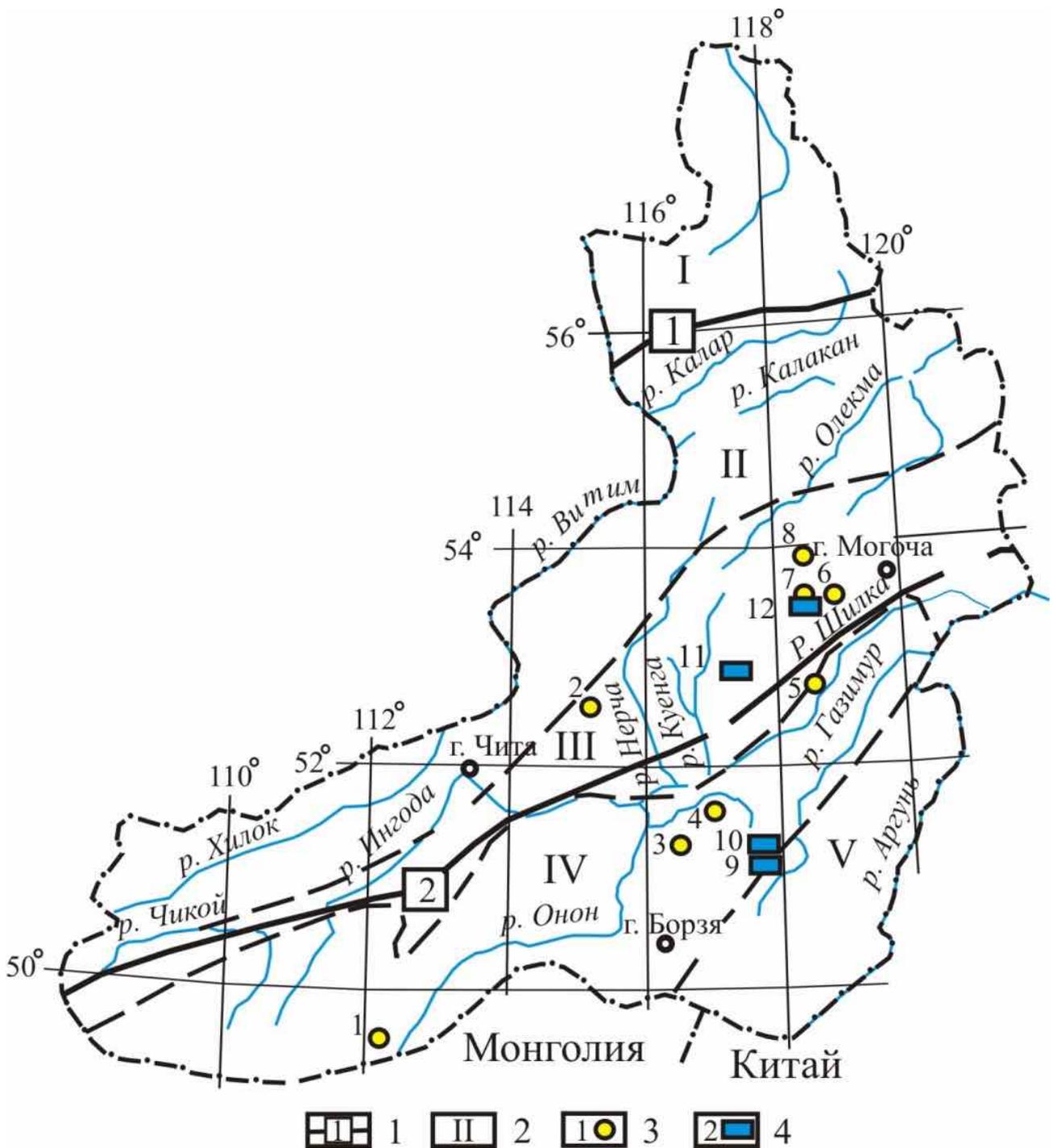


Рис. 1. Схема металлогенического районирования Восточного Забайкалья [7]

1 – крупные тектонические зоны (цифры в квадрате): 1 - Становая, 2 – Монголо-Охотская;

2 – рудные пояса: I - редкометалльно-железо-медный, II – редкометалльно-молибденово-вольфрамовый, III - молибденово-золотой, IV – оловянно-вольфрамово-редкометалльный, V - уран-золото-полиметаллический;

3 – золоторудные месторождения: 1- Любавинское, 2 - Теремкинское, 3 – Средне-Голготайское, 4 – Верхне-Алиинское, 5 – Карийское, 6 – Ключевское, 7 – Александровское, 8 – Итакинское;

4 - молибденовые месторождения: 9 – Бугдаинское, 10 – Шахтаминское, 11 – Жирекенское, 12 – Давендинское.

При этом образование разнотипного оруденения связывается с длительным воздействием (J_2 - K_1) мантийных потоков в низы литосферы с формированием разноразноуровневых рудоносных магматических очагов [8].

Многометалльность оруденения объясняется разнообразием возможных мантийно-коровых источников. При этом, в целом, сохраняется поясность в распределения оруденения, выявленная С.С. Смирновым. Модели образования первичных, промежуточных и периферийных магматических очагов приведены в работах [12].

Образование золоторудной и молибденовой минерализации тесно связывается с процессами формирования амуджикано-шахтаминского комплекса (J_{2-3}). При этом имеется целый ряд факторов, свидетельствующих о временном и пространственном разрыве между этими типами рудной минерализации и о возможной связи их с проявлениями разнотипного магматизма. Установлено, что гранитоиды амуджикано-шахтаминского комплекса рудных полей молибденовых и золоторудных месторождений имеют общие и отличительные геохимические особенности. К общим относятся: соответствие адакитам и высококаалиевой известково-щелочной серии, одинаковые глубины и степени фракционирования магматических очагов. Различие – в повышенных концентрациях тяжелых ред-

коземельных элементов в гранитах молибденовых месторождений относительно таковых в золоторудных месторождениях [3].

Рассмотрим распределение РЗЭ в рудах золоторудных и молибденовых месторождений (табл. 1¹, 2²). По распределению РЗЭ, их соотношениям возможно судить о степени дифференциации магматических очагов, глубинах функционирования, условиях и источниках образования. По составу РЗЭ можно определить глубину зарождения гидротермальных растворов и наличие флюидов в рудоносных магматических очагах. Для оценки степени дифференциации магматических очагов разных месторождений были рассчитаны Eu/Eu^* отношения [4]. Для оценки глубин формирования рудоносных магматических очагов использованы Eu/Sm отношения в трактовке С.Ф. Винокурова [5], а также по $(Gd/Yb)_{pm}$ отношениям по Hofman A и др. [10]. Степень дифференциации магматических очагов определяется по Eu/Eu^* отношениям [4]. $Eu/Eu^* = Eu_n / [Sm_n \times Gd_n]^{1/2}$. [4].

Важной частью познания процессов рудообразования является изучение спектров тетрад-эффектов (ТЭФ) лантаноидов. Они образуются в случае возникновения комплексных соединений РЗЭ [Ефремов]. Их формирование происходит в случае нарушения плавной формы нормированного спектра лантаноидов с образованием отдельных изгибов (тетрады).

¹ Рудные и редкие элементы определены в Геологическом институте СО РАН (г. Улан-Удэ) РФА методом (аналитик Б.Ж. Жалсараев), редкоземельные элементы определены методом ISP-AES (аналитики Л.А. Левантуева, Т.И. Казанцева). $\sum_{Ce} = \sum(La-Nd)$, $\sum_Y = \sum(Sm-Ho)$, $\sum_{Sc} = \sum(Er-Lu)$ по [Минеев]. Кварц с включениями пирита: 863, 353, 378, 356, 375, 229, 234, 236, 237, 237-3, 248, 260, 303, 304; кварц-турмалиновые жилы с включениями пирита: 353, 378, 579-1, 579-2, 579-3, 579-6, 863, 248, 260, 351, арсенопирита, пирита – 862; сливная магнетитовая руда с включениями пирита 356-1, 375; кварц-турмалиновые прожилки с включениями пирита, халькопирита: 681-2, 681-4; сливные арсенопирит-пиритовые руды: 689, 689-1; кварц с включениями пирита,

сфалерита, халькопирита – 517, 519, 529; кварц-карбонатная жила с включениями галенита.

² Примечание. Рудные и редкие элементы определены Геологическом институте СО РАН (г. Улан-Удэ) РФА методом (аналитик Б.Ж. Жалсараев), редкоземельные элементы определены методом ISP-AES (аналитики Л.А. Левантуева, Т.И. Казанцева). Пробы Бугдаинского месторождения проанализированы ISP MS методом в Институте геохимии СО РАН (г. Иркутск). Кварц с включениями молибденита – 78, 81, 180, 187, 284, 284-2, 180, 187, 284, 284-2; Кварц с включениями молибденита, пирита – 73, 447-2, 452, 448, 292-1.

Таблица 1.

Содержание элементов в рудах золоторудных месторождений Восточного Забайкалья, г/т

Элементы	Любавинское				Талатуйское				Верхне-Алиинское				Средне-Голготайское		
	781	791	862	863	353	356	375	378	681-2	681-4	689	689-1	517	519	529
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
As	285	10100	1620	1170	95	25	49	46	1040	13000	15000	15000	6600	65000	2230
Cu	-	-	-	-	282	161	57	530	-	10000	4000	8000	110	-	-
Pb	47	85	-	7	3,8	7,3	3,6	1,4	40	1500	4000	4000	600	260	600
Zn	150	160	71	92	39	39	22	14	59	-	-	-	104	-	125
Rb	55	36	30	40	14	85	16	22	100	-	-	-	-	-	20
Sr	9	137	52	20	279	200	34	86	1260	34	-	-	210	165	180
Zr	58	96	82	62	89	193	210	52	290	50	8	37	160	170	16
Mo	-	11	-	-	2,1	2,3	7,8	2,7	-	-	-	-	74	4	2400
Sn	14	5,5	3	2,6	8,7	3,3	-	-	2,4	52	56	49	32	150	14
Sb	16	16	11	9	2,1	-	-	-	-	410	1030	520	200	650	170
La	8,0	12,2	9,4	7,8	23,3	12,2	1,60	10,5	16,5	25,7	6,0	10,0	14,0	18,3	6,1
Ce	15,9	26,0	19,5	16,7	50,5	26,6	4,0	30,1	31,8	45,9	11,7	21,3	24,2	34,0	4,7
Pr	2,6	3,4	-	-	5,6	3,50	0,50	4,50	3,3	5,0	-	2,2	-	4,0	-
Nd	7,5	11,3	7,7	6,7	22,5	17,6	1,24	21,8	13,0	18,7	4,35	8,8	11,1	18,4	3,0
Sm	1,1	1,86	1,6	1,5	5,81	5,26	0,39	6,37	2,4	3,3	0,88	2,0	2,2	3,54	-
Eu	0,36	0,58	0,30	0,25	0,91	1,14	0,13	1,98	0,23	0,26	0,09	0,28	0,25	0,70	0,12
Gd	1,5	2,48	1,2	1,1	4,86	6,60	0,69	5,50	2,3	1,85	-	4,1	-	2,45	-
Tb	-	-	-	-	0,80	1,20	-	0,80	-	-	-	1,0	-	-	-
Dy	1,3	2,1	1,2	1,2	4,77	7,70	0,71	3,49	1,55	-	-	7,0	-	-	-
Ho	0,09	-	-	-	1,09	1,60	0,18	0,63	-	-	-	1,5	-	-	-
Er	0,75	1,15	0,80	0,78	3,24	4,60	0,45	1,49	0,88	-	-	4,5	-	1,0	-
Tm	0,2	0,29	-	-	0,45	0,66	0,09	0,19	-	-	-	0,6	-	-	-
Yb	0,61	0,16	0,70	0,62	3,32	4,89	0,65	1,25	0,69	0,15	0,21	3,8	0,45	0,89	0,34
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Lu	0,09	0,09	-	-	0,51	0,74	0,12	0,17	-	-	-	0,60	-	0,13	-
Y	2,9	11,4	6,2	6,4	33,0	56,0	5,5	18,6	8,8	2,4	2,6	51,0	4,8	9,2	3,7
ΣTR	43,9	73,01	48,6	43,0	160,1	150,3	16,2	107,4	81,5	103,3	25,8	118,7	57,0	92,6	18,0
Eu/Eu*	0,86	0,84	0,66	0,58	0,82	0,59	0,76	1,02	0,30	0,32	-	0,30	-	0,73	-
Eu/Sm	0,33	0,31	0,19	0,17	0,16	0,22	0,33	0,31	0,10	0,08	0,10	0,14	0,11	0,20	-
(La/Yb)pm	9,7	58	9,8	9,1	5	1,8	17,6	6,0	22,7	124	3,9	1,9	22,4	14,8	12,9
(Gd/Yb) pm	2,1	14	1,4	1,44	1,2	1,1	0,9	3,6	2,8	10,3	-	0,9	-	2,3	-
TE ₁	1,15	1,23	-	-	1,01	0,90	1,39	1,04	0,94	0,93	-	0,97	-	0,98	-
TE ₂	-	-	-	-	0,94	1,04	-	0,93	-	-	-	1,15	-	-	-
TE ₃	1,31	1,31	-	-	0,93	0,94	1,01	1,01	-	-	-	-	-	-	-
TE ₁₋₄	-	-	-	-	0,96	0,96	-	0,99	-	-	-	-	-	-	-
ΣCe	85,0	80,8	87,0	85,1	79,8	60,6	68,3	75,4	88,9	94,5	98,4	62,4	94,4	89,5	96,8
ΣY	10,9	15,5	10,2	11,0	14,3	26,9	19,5	21,1	8,9	5,4	4,2	23,5	4,7	8,0	0,84
ΣSc	4,1	3,7	3,6	3,8	5,9	12,5	12,2	3,5	2,2	0,1	0,9	14,0	0,9	2,4	2,4

Элементы	Карийское				Александровское						Итакинское				
	579-1	579-2	579-3	579-6	229	234	236	237	237-3	248	260	303	304	327	351
1	3	4	5	2	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
As	175	135	253	238	15	142	61	9	51	500	156	763	1898	7478	8247
Cu	-	-	-	-	5,3	11	24	11	167	18	107	25	16	9184	34
Pb	37	16	78	39	36	109	80	38	35	37	4700	49	56	61505	12
Zn	30	47	47	93	172	93	17	46	25	43	3000	289	121	1164	27
Rb	45	105	43	24	71	121	111	52	171	6,9	199	230	262	115	123
Sr	260	297	413	636	531	151	103	321	183	12	182	93	156	121	68
Zr	250	102	95	85	59	86	135	41	128	294	77	191	179	181	102
Mo	2,4	-	3,5	-	-	3,3	0,7	0,5	29	16,6	134	0,7	1,8	15,6	-
Sn	17	25	49	78	-	3,1	3,6	17	18	-	-	-	3,0	-	-
1	3	4	5	2	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Sb	7	8	10	9	49	-	38	7,5	37	13	57	19	26	5049	144
La	13,9	19,8	30,8	11,8	19,9	16,8	29,4	11,5	24,7	49,6	16,3	39,7	40,1	30,1	41,1
Ce	23,7	41,6	60,0	21,4	41,9	34,1	49,2	23,0	45,0	103,0	31,6	79,9	81,8	55,1	73,1
Pr	-	5,3	7,5	-	4,94	4,12	4,35	2,56	5,18	9,36	2,9	8,5	8,9	6,00	8,0
Nd	11,3	23,6	33,7	10,5	19,25	16,1	14,6	8,48	17,4	37,5	10,7	34,3	32,6	24,5	29,0
Sm	2,3	5,22	8,0	1,8	4,6	3,32	2,29	2,02	3,21	6,69	2,04	6,87	6,29	5,33	6,28
Eu	0,37	2,45	2,0	0,32	1,23	1,00	0,50	0,52	0,77	1,54	0,54	1,41	1,24	0,67	1,09
Gd	-	4,75	7,6	-	3,60	2,48	1,30	1,53	1,93	4,29	1,43	4,9	4,45	3,23	4,10
Tb	-	0,77	1,22	-	0,54	0,30	0,15	0,19	0,26	0,50	0,16	0,6	0,6	0,58	3,28
Dy	1,9	4,0	6,2	-	2,82	1,48	0,89	1,00	1,64	2,49	0,79	3,22	3,07	2,79	3,28
Ho	-	0,8	1,16	-	0,48	0,25	0,15	0,15	0,28	0,35	0,13	0,65	0,62	0,59	0,69
Er	2,0	2,0	3,0	-	0,96	0,60	0,55	0,44	0,85	0,99	0,32	1,78	1,84	1,60	2,00
Tm	-	0,32	0,46	-	0,11	0,08	0,08	0,05	0,12	0,14	0,05	0,25	0,22	0,28	0,28
Yb	2,0	1,85	2,87	0,80	0,81	0,50	0,48	0,36	0,88	0,93	0,32	1,81	1,91	1,58	1,89
Lu	-	0,22	0,37	-	0,13	0,09	0,09	0,06	0,14	0,17	0,05	0,33	0,30	0,28	0,29
Y	12,0	21,1	34,2	6,4	16,4	7,07	5,25	5,76	9,6	12,7	2,98	20,4	21,1	17,0	20,9
ΣTR	69,5	133,8	199,1	53,0	117,7	18,3	109,3	57,6	111,9	230,2	70,3	204,6	205,0	149,6	195,28
Eu/Eu*	-	1,50	0,97	-	0,93	1,06	0,88	0,90	0,95	0,88	0,97	0,74	0,72	0,50	0,66
Eu/Sm	0,16	0,47	0,24	0,18	0,27	0,30	0,21	0,26	0,24	0,23	0,26	0,20	0,20	0,12	0,17
(La/Yb)pm	5,05	7,7	2,1	13,4	18,1	24,4	44,1	23,8	19,9	38	36,5	15,7	15,1	13,7	15,62
(Gd/Yb)pm	-	-	2	-	3,7	4,2	2,3	3,7	1,8	3,8	3,7	2,2	1,9	1,7	1,8
TE ₁	-	0,95	0,91	-	1,01	0,99	0,97	1,07	1,01	0,99	1,05	0,96	1,05	0,93	0,97
TE ₂	-	0,99	1,02	-	1,04	0,93	0,90	0,99	0,99	1,00	0,92	0,98	0,90	1,02	3,37
TE ₃	-	1,13	1,06	-	0,82	0,83	0,90	0,80	0,92	0,74	0,93	1,04	0,84	0,97	0,93
TE ₁₋₄	-	0,99	0,99	-	0,95	0,91	0,92	0,95	0,97	0,90	0,96	0,99	0,92	0,97	1,45
ΣCe	72,3	81,9	66,3	82,4	73,1	80,5	89,4	79,0	82,2	86,6	87,5	79,4	79,7	77,3	86,7
ΣY	6,8	18,1	13,2	4,0	11,3	10,0	4,7	9,4	7,2	6,9	7,2	8,6	7,9	8,8	10,7
ΣSc	20,7	23,1	20,5	13,6	15,6	9,4	5,9	11,6	10,5	6,5	5,3	12,0	12,4	13,9	2,6

Таблица 2

Содержание элементов в рудах молибденовых месторождений Восточного Забайкалья, г/т

Элементы	Шахтаминское				Бугдаинское				Жирекенское				Давендинское	
	73	78	81	84	447-4	452	448	450-4	186	187	291-2	292-1	284	284-2
1	3	4	5	2	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
As	22	140	70	60	2240	1230	1420	1550	36	1171	25	4,7	2,2	5,6
Cu	9	86	258	6	18	23	12,1	19	363	25500	19	1,3	3,2	14
Pb	100	1800	60	330	495	114	19	71	86	352	143	38	12	2,8
Zn	21	2127	67	149	33	56	90	30	97	3900	48	22	7,7	2,1
Rb	7	23	2,2	3,4	96	32	42	10,9	12	17	5,7	13	5,4	7,6
Sr	37	2,7	28	49	24	7,3	49	5,3	47	71	6,1	74	33	6,1
Zr	168	166	77	76	137	26	23	10,5	82	76	-	-	-	-
Mo	46174	43096	25385	26495	95576	30955	23965	35674	21600	14400	65504	22899	10301	11009
Sn	-	2,4	-	-	18	10,8	4,13	2,96	-	8	-	18,1	-	2,1
Sb	67	15	390	164	20	4,35	10,3	2,9	25	212	24,6	-	5,2	-
La	13,3	24,6	5,4	58,6	10,7	3,37	4,64	2,98	5,2	11,8	4,06	11,3	2,55	3,45
Ce	31,8	40,6	12,0	124,6	19,0	5,9	8,4	4,76	9,3	22,0	5,96	20,3	4,09	7,13
Pr	3,8	4,8	-	13,4	2,07	0,63	0,89	0,50	-	2,8	1,68	3,59	0,97	2,10
Nd	15,4	15,1	5,0	39,9	8,6	2,60	3,65	2,04	2,6	8,4	6,03	12,20	6,39	7,95
Sm	3,4	3,7	-	5,6	1,45	0,51	0,55	0,31	0,46	1,3	2,54	4,17	2,09	2,73
Eu	0,44	0,26	0,23	0,56	0,50	0,09	0,11	0,08	0,14	0,26	0,30	0,42	0,33	0,52
Gd	2,15	1,7	1,0	1,5	1,10	0,28	0,37	0,20	0,73	1,3	0,58	1,59	0,27	0,77
Tb	1,5	-	0,23	-	0,13	0,03	0,04	0,02	-	-	0,43	1,09	0,43	0,80
1	3	4	5	2	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Dy	1,5	-	1,0	-	0,66	0,18	0,21	0,11	1,3	1,2	0,76	1,50	0,33	0,60
Ho	-	-	-	-	0,12	0,03	0,04	0,016	-	-	0,28	0,53	0,14	0,26
Er	-	-	-	-	0,37	0,09	0,12	0,05	-	-	0,83	1,84	0,80	0,77
Tm	-	-	-	-	0,05	0,01	0,01	0,004	-	-	0,14	0,35	0,09	0,16
Yb	0,60	0,41	0,5	0,2	0,44	0,10	0,11	0,05	0,85	0,71	0,23	0,69	0,07	0,16
Lu	-	-	-	-	0,07	0,01	0,01	0,005	0,11	0,11	0,06	0,16	0,07	0,09
Y	7,1	3,4	5,5	2,5	2,62	0,61	0,92	0,35	8,2	7,9	3,57	8,83	1,42	2,24
ΣTR	80,9	94,57	30,86	246,86	47,84	14,44	20,07	11,47	28,89	57,78	31,32	68,56	20,04	29,73
Eu/Eu*	0,50	0,32	-	0,59	1,21	0,73	0,74	1,02	0,73	0,61	0,75	0,50	1,34	1,09
Eu/Sm	0,13	0,07	-	0,10	0,34	0,18	0,20	0,27	0,86	0,20	0,12	0,10	0,16	0,19
(La/Yb) _{pm}	16,1	44,7	7,9	213,0	17,3	24,5	34,0	43,0	4,1	11,9	11,8	11,7	26,4	15,6
(Gd/Yb) _{pm}	3,0	3,5	1,7	6,25	2,0	2,5	3,0	3,0	0,7	1,5	2,0	1,9	2,8	4,1
TE ₁	1,05	1,0	1,33	1,33	0,90	0,89	0,91	0,67	-	1,08	0,88	1,00	0,68	1,00
TE ₂	0,62	-	0,50	0,41	0,89	0,91	0,91	0,82	-	-	1,59	1,54	2,16	1,74
TE ₃	0,38	-	0,35	0,36	0,93	-	0,97	-	-	-	0,80	0,88	0,32	0,58
TE ₁₋₄	0,63	-	0,61	0,54	0,96	-	0,93	-	-	-	1,04	1,07	0,78	1,00
ΣCe	87,0	93,4	97,2	96,8	89,2	90,4	91,8	92,4	82,6	90,2	74,2	79,3	75,2	75,0
ΣY	12,2	6,2	2,3	3,1	8,7	8,1	6,89	6,6	12,7	8,1	20,5	15,6	19,3	20,7
ΣSc	0,8	0,5	0,5	0,1	2,1	1,5	1,3	1,0	4,6	1,6	5,3	5,1	5,5	4,3

Выявлено, что спектры с тетрад-эффектом (ТЭФ) образуются при наличии во флюидах значительных концентраций летучих компонентов, а также при изменении кислотности-щелочности среды. Наличие спектров тетрад-эффектов РЗЭ четко прослеживается для заключительных стадий дифференциации редкометалльных интрузий [6,9]. Нарушение плавной линии спектра происходит с разделением на четыре группы (тетрады): La-Nd, Sm-Gd, Gd-Но и Er-Lu [6, 9].

Величина спектров ТЭФ рассчитывается по отклонению концентраций середины тетрады относительно краевых значений [10, 13]

$$TE_i = \sqrt{X_2/X^{2/3}_1 X^{1/3}_4 \times X_3/X^{1/3}_1 X^{2/3}_4}$$

Спектры ТЭФ рассчитываются для первой, третьей и четвертой тетрад. Значения РЗЭ нормированы к хондриту. Суммарное их значение рассчитывается по формуле $TE_{1-4} = \sqrt[3]{TE_1 TE_3 TE_4}$ [10, 13]. Спектры ТЭФ принимаются значимыми, если $TE_1 > 1,1$ (M тип), $TE_1 < 0,9$ (W тип)

[10]. Выявлено, что спектры с тетрад-эффектом (ТЭФ) образуются при наличии во флюидах значительных концентраций летучих компонентов, а также – при изменении кислотности-щелочности среды. Наличие спектров тетрад-эффектов РЗЭ четко прослеживается для заключительных стадий дифференциации редкометалльных интрузий [6, 9].

Распределение РЗЭ показывает, что в преобладающей части золоторудных и молибденовых месторождений источниками руд были разноглубинные, в разной степени дифференцированные магматические очаги (рис. 2).

Так, например на Любавинском золоторудном месторождении по распределению РЗЭ выделяются две группы кварцево-сульфидных руд. Магматические источники первой группы функционировали в верхней континентальной коре (ВКК) [Eu/Sm – 0,17-0,19; (Gd/Yb)_{pm} – 9,9-58,0], второй группы – в нижней континентальной коре (НКК) [Eu/Sm – 0,31-0,33; (Gd/Yb)_{pm} – 1,40-1,44]. Рудоносные магматиты первой группы (Eu/Eu* – 0,58-0,66) относительно вто-

рой группы ($Eu/Eu^* - 0,84-0,86$) были более дифференцированы. Магматические источники второй группы ($\Sigma Sc - 3,7-4,1$) относительно первой группы ($\Sigma Sc - 3,6-3,8$) характеризовались более высокими концентрациями элементов скандиевой группы, а также более высокими концентрациями $\Sigma PЗЭ$ [5] (табл. 1). По соотношениям PЗЭ аналогичная ситуация характерна для Талатуйского, Средне-Голготайского, Карийского и Итакинского месторождений, где магматические источники руд функционировали как в верхней, так и в нижней континентальной коре (рис. 3, табл. 1).

Анализ распределения PЗЭ показывает, что аналогичные закономерности распределения PЗЭ типичны и для молибденовых месторождений. Отличие заключается в том, что руды молибденовых месторождения в сравнении с золоторудными месторождениями характеризуются более низкими концентрациями $\Sigma PЗЭ$ и элементов скандиевой группы (рис. 4, табл. 2).

Расчет тетрад-эффектов в спектрах лантаноидов показывает, что в преобладающей части проб молибденовых и золоторудных месторождений отмечаются ТЭФ М и W-типов, свидетельствующие о насыщенности рудоносных магм летучими компонентами (табл. 1, 2).

Таким образом, в результате коллизионных процессов (J_{2-3}) образование разноглубинных в разной степени дифференцированных рудоносных магматических очагов связывается с воздействием мантийных потоков в низы литосферы. Особенности распределения PЗЭ в рудах мезозойских золоторудных и молибденовых месторождений Восточного Забайкалья указывают на образование их за счет разноглубинных и в различной степени дифференцированных магматических источников. Руды золоторудных месторождений, сформированные за счет магматитов НКК в сравнении с рудами, образованными из магматитов ВКК, характеризуются повышенными содержаниями $\Sigma PЗЭ$, меньшими значениями степени дифференциации магматических очагов. Руды молибденовых месторождений в

сравнении с золоторудными месторождениями характеризуются более низкими концентрациями $\Sigma PЗЭ$ и элементов скандиевой группы.

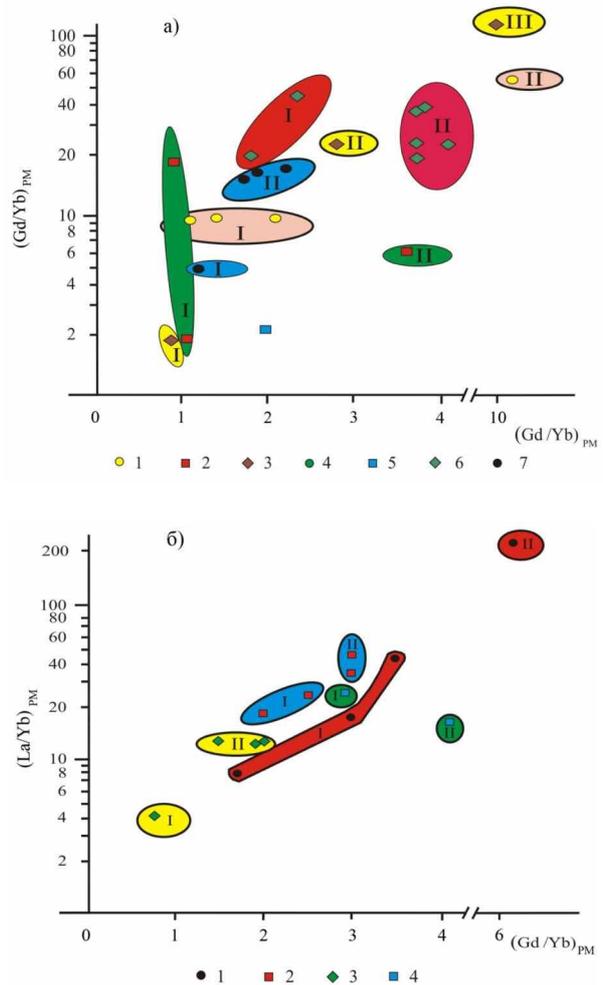


Рис. 2. Диаграммы $(La/Yb)_{PM} - (Gd/Yb)_{PM}$ руд золотоносных (а) и молибденовых (б) месторождений Восточного Забайкалья, характеризующих наличие разноглубинных рудоносных магматических источников. Нормирование по примитивной мантии [11].

а) руды золоторудных месторождений: 1 - Любавинского, 2 - Талатуйского, 3 - Верхне-Алиинского, 4 - Карийского, 5 - Александровского, 6 - Итакинского.

б) Руды молибденовых месторождений: 1 - Шахтаминского, 2 - Бугдаинского, 3 - Жирекенского, 4 - Давендинского. Глубины функционирования магматических расплавов: I – наименее глубокие, II – глубокие, III – наиболее глубокие.

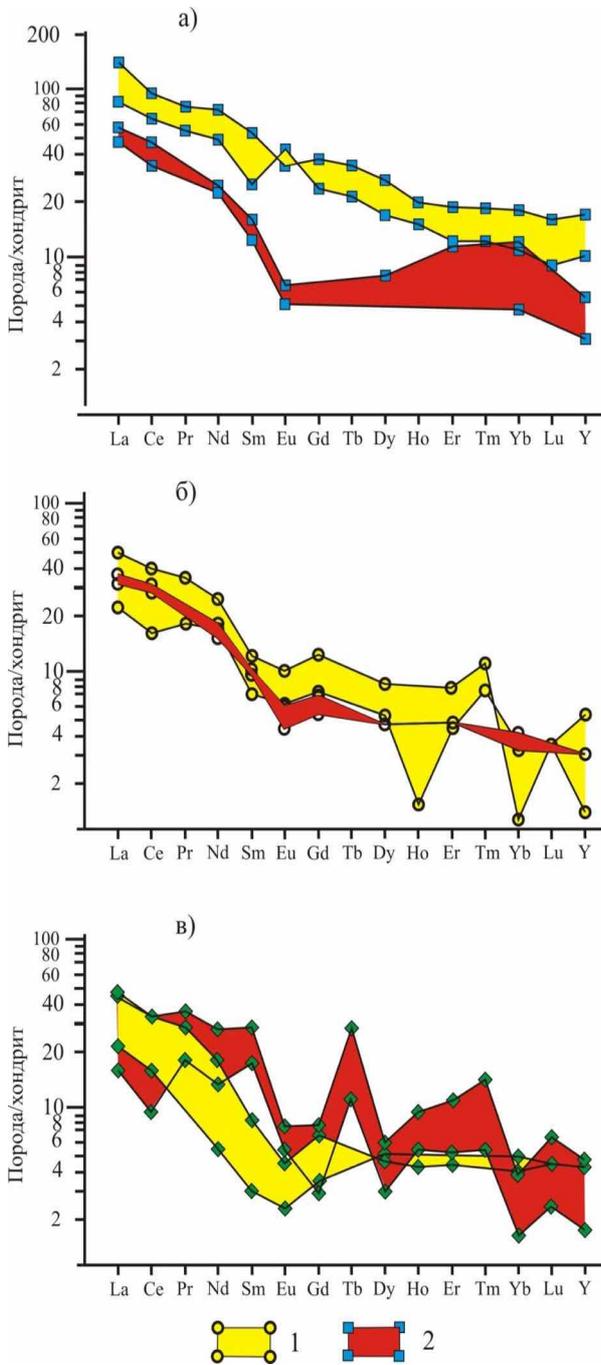


Рис. 3. Распределение редкоземельных элементов в рудах золоторудных и молибденовых месторождений Восточного Забайкалья. 1 – области распределения РЗЭ в нижней континентальной коре, 2 – области распределение РЗЭ в верхней континентальной коре.

Месторождения:

- а – Карийское золоторудное,
- б) – Любавинское золоторудное,
- в) – Жирекенское молибденовое.

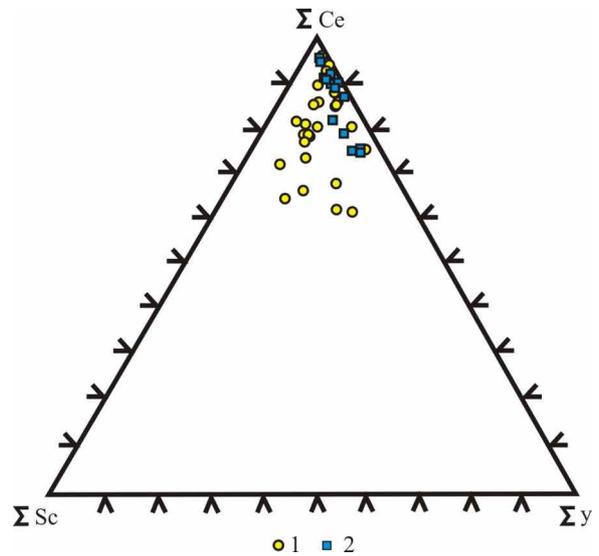


Рисунок 4. Диаграмма $\Sigma Sc - \Sigma Ce - \Sigma Y$ руд золоторудных и молибденовых месторождений Восточного Забайкалья. 1 – руды золоторудных месторождений, 2 – руды молибденовых месторождений.

$$\Sigma Ce = \Sigma(La-Nd),$$

$$\Sigma Y = \Sigma(Sm-Ho),$$

$$\Sigma Sc = \Sigma(Er-Lu) \text{ по [5].}$$

Литература

1. Абрамов Б.Н. Особенности распределения элементов-примесей в рудах основных типов мезозойских золоторудных месторождений Восточного Забайкалья // Доклады Академии Наук. 2014. Т. 455. №6. С. 681-686
2. Абрамов Б.Н. Особенности распределения редкоземельных элементов в породах и рудах Бугдаинского молибденового месторождения // Успехи современного естествознания. 2015. №1. С. 1303-1307.
3. Абрамов Б.Н. Особенности распределения редкоземельных элементов в рудах молибденовых месторождений Восточного Забайкалья // Отечественная геология. 2018. № 1. С. 55-60.
4. Интерпретация геохимических данных: Учебное пособие /Под ред. Е.В. Склярова/. М.: Интермет Инжиниринг. 2001. 288 с.

5. Минеев Д.А. Лантаноиды в рудах редкоземельных и комплексных месторождений. М.: Наука, 1974. 237 с
 6. Перетяжко И.С., Савина Е.А. Тетрад-эффекты гранитоидных пород – следствие процессов жидкостной несмесимости в богатых фтором силикатных расплавах // Доклады Академии Наук. 2010. Т. 433. № 4. С 524-529.
 7. Смирнов С.С. Очерк металлогении Восточного Забайкалья . М.: Госгеолиздат, 1944. 89 с.
 8. Хомич И.Г., Борискина Н.Г. Совершенствование минерагенического районирования Восточного Забайкалья на основе геофизических исследований // Геология и геофизика. - 2017. - Т. 58. - № 7. - С. 1029-1046.
 9. Ясыгина Т.А., Рассказов С.В. Редкоземельные элементы с тетрад-эффектом: проявление в палеозойских гранитоидах Окинской зоны Восточного Саяна // Геохимия. 2008. № 8. С. 877-889.
 10. Hofman A., Feigtson M. D., Raczek I. Case studies on the origin of basalt: III. Petrogenesis of the Mauna Ulu eruption, Kilauea, 1969-1971 // Contr. Mineral. Petrol. 1984, V. P. 24-35.
 11. Sun S.S., MeDnough W. F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: Implications for mantle composition and processes // Magmatism in the ocean basins / eds. A.D/ Saunders, M.J. Norry. Geol. London. 1989, Spec., Publ. 42. P. 313-345.
 12. Zhao D., Yamamoto Y., Yanada T. Global mantle heterogeneity and influence on teleseismic regional tomography // Gondwana Res.- 2013.- V.23.- №2.- P.595-616.
- References**
1. Abramov B.N. Peculiarities of the distribution of impurity elements in ores of the main types of Mesozoic gold ore deposits of the Eastern Transbaikalia // Reports of the Academy of Sciences. 2014. T. 455. № 6. Pp. 681-686
 2. Abramov B.N. Peculiarities of the distribution of rare-earth elements in rocks and ores of the Bugdain molybdenum deposit // Successes of modern natural science. 2015. №1. 1303-1307.
 3. Abramov B.N. Peculiarities of the distribution of rare-earth elements in the ores of molybdenum deposits in the Eastern Transbaikalia // Domestic Geology. 2018. № 1. P. 55-60.
 4. Interpretation of geochemical data: Textbook / Ed. E.V. Sklyarov. Moscow: Internet Engineering. 2001. 288 p.
 5. Mineev DA Lanthanides in the ores of rare-earth and complex deposits. M. : Nauka, 1974. 237 pp.
 6. Peretyazhko IS, Savina EA Tetrad effects of granitoid rocks - a consequence of the processes of liquid immiscibility in fluorine-rich silicate melts // Reports of the Academy of Sciences. 2010. T. 433. № 4. With the 524-529.
 7. Smirnov SS Essay on the metallogeny of the Eastern Transbaikalia. Moscow: Gosgeolizdat, 1944. 89 p.
 8. Khomich IG, Boriskina N.G. Perfection of the mineralogical zoning of the Eastern Transbaikal on the basis of geophysical studies // Geology and Geophysics. - 2017. - Vol. 58. - No. 7. - P. 1029-1046.
 9. Yasigina TA, Rasskazov S.V. Rare-earth elements with a tetrad-effect: manifestation in the Paleozoic granitoids of the Oka zone of the Eastern Sayan // Geochemistry. 2008. № 8. With. 877-889.
 10. Hofman A., Feigtson M. D., Raczek I. Case studies on the origin of basalt: III. Petrogenesis of the Mauna Ulu eruption, Kilauea, 1969-1971 // Contr. Mineral. Petrol. 1984, V.P. 24-35.
 11. Sun S.S., MeDnough W. F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: Implications for mantle composition and processes // Magmatism in the ocean basins / eds. A.D / Saunders, M.J. Norry. Geol. London. 1989, Spec., Publ. 42. P. 313-345.
 12. Zhao D., Yamamoto Y., Yanada T. Global mantle heterogeneity and influencing on teleseismic regional tomography // Gondwana Res.-2013.- V.23.- No. 2.-P.595-616.



PECULIARITIES OF DISTRIBUTION OF RARE EARTH ELEMENTS IN ORES OF GOLD AND MOLYBDENUM DEPOSITS IN EASTERN TRANSBAIKALIA

Abramov B.N.

Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Leading Researcher of the Laboratory of Geocology and Ore Genesis of the Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology of the SB RAS, Chita

Address: PO Box 521, 16a, Nedorezova str., Chita, 672014, Russia

E-mail: b.abramov@mail.ru

Abstract. *Analysis of the distribution of rare earth elements (REE) evidence of formation of ores of gold and molybdenum deposits, Eastern Transbaikalia, from mid-water in different degrees are differentiated-lying magma chambers, which functioned as the upper continental crust (VCC) or lower continental crust (NCC). It is established that gold and ore deposits formed from relatively NK-derived magmatites from ores of magmatites In the VC are characterized by a lower degree of differentiation, and large concentrations of Σ REE. Ores of molybdenum deposits in comparison with gold deposits are characterized by lower contents of heavy REE and lower values of REE.*

Key words: *Gold and molybdenum deposits, rare earth elements, mid-water magma chambers, Eastern Transbaikalia.*

© Абрамов Б.Н., 2018

U-Pb ДАТИРОВАНИЕ ЖИЛЫ ВЫСОКОБАРНОГО КИСЛОГО ГРАНУЛИТА (РАЙОН СЕЛА ГРИДИНО, БЕЛОМОРСКАЯ ЭКЛОГИТОВАЯ ПРОВИНЦИЯ)

<i>Докукина К.А.</i>	<i>Конилов А.Н.</i>	<i>Каулина Т.В.</i>	<i>Ван К.В.</i>	<i>Бондаренко Г.В.</i>
Кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник Лаборатории тектоники раннего докембрия, Геологический институт (ГИН) РАН	Старший научный сотрудник Лабораторией тектоники раннего докембрия, Геологический институт (ГИН) РАН, Институт экспериментальной минералогии РАН	Доктор геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник, Институт геологии КНЦ РАН, Апатиты	Кандидат геолого-минералогических наук, научный сотрудник, Институт экспериментальной минералогии РАН	Кандидат физико-математических наук, заведующая лабораторией физических методов исследований, Институт экспериментальной минералогии РАН
Адрес: 119017 Москва, Пыжевский пер, 7 E-mail: dokukina@mail.ru	Адрес: 119017 Москва, Пыжевский пер, 7 E-mail: konilov@iem.ac.ru	Адрес: 184209, г. Апатиты, ул. Ферсмана, 14 E-mail: kaulina@geoksc.apatity.ru	Адрес: 142432, Московская область, город Черноголовка, ул. академика Осипьяна, д.4 E-mail: kvv@iem.ac.ru	Адрес: 142432, г. Черноголовка, ул. Академика Осипьяна, д. 4 E-mail: bond@iem.ac.ru

Аннотация. *Метаморфические комплексы мезо-неоархейской Беломорской эклогитовой провинции локализованы в породах Южно-Кольской активной континентальной окраины вдоль северо-восточной окраины мезоархеско-палеопротерозойского Беломорского аккреционного орогена. Эклогитизация в ассоциации Гридино (Беломорская эклогитовая провинция) проявлены в породах основного состава: дайках и фрагментах, включенных в кислые породы мезоархейской континентальной коры. Исследована петрография и геохимия жилы эндербита, пересекающей эклогитизированную породу дайки габброноритов, и датированы цирконы, извлеченные из этой жилы. Минеральный парагенезис граната, орто- и клинопироксенов, кианита, высокотитанистого биотита, плагиоклаза и кварца в жиле был сформирован при пост-эклогитовом метаморфизме гранулитовой фации повышенных давлений ~ 12.5 кбар при 750 °С. Метаморфические цирконы в жиле с возрастом 2717 ± 13 млн лет содержат включения омфацита и фенгита, и соответственно ограничивают время эклогитового метаморфизма не моложе 2.72 млрд лет.*

Ключевые слова: *Мезоархей, Неоархей, Беломорская эклогитовая провинция, эклогит, гранулит, эндербит, амфиболит, циркон, SHRIMP II, дайка*

Введение

В пределах Южно-Кольской активной окраины вдоль северо-восточной границы Беломорского аккреционного орогена размещены тела эклогитов, сформированные в результате мезо-неоархейской субдукции океанических и континентальных комплексов (ассоциации Салма и Гридино). Протолитом эклогитов Салмы были габброиды срединно-океанического медленно-спредингового хребта с возрастом протолита 2.89-2.82 млрд лет [Минц и др., 2010; Konilov et al., 2011]. В ассоциации Гридино эклогитизации подвергались континентальные породы, представленные гнейсами тоналит-трондjemит-гранодиоритовой (ТТГ) серии, а также дайки и фрагменты пород основного состава включенные в ТТГ гнейсы. Эклогитизированные дайки

Гридино имеют химическое сродство с океаническими комплексами Салмы и могли, как предшествовать раскрытию Салминского океана, так и быть производными медленно-спредингового хребта, погружающегося в зону субдукции под край Кольского континента [Минц и др., 2010]. Детальные исследования привели нас к выводу о том, что эклогитовый метаморфизм всех пород Беломорской эклогитовой провинции был не моложе 2.7 млрд лет назад, мафические дайки Гридино как интрузии внедрялись раньше, а метаморфизм эклогитовой фации пород ассоциации Гридино произошел в результате мезо-неоархейской субдукции [Минц и др., 2010]. Целью данного исследования было подтверждение архейского возраста эклогитового метаморфизма.

Ранее мы датировали метасоматические прожилки с возрастом 2.4 млрд лет [Докукина и др., 2012], которые пересекают эклогитизированную дайку оливиновых габброноритов на восточном окончании села Гридино и связали их с активными тектоно-термальными событиями начала палеопротерозоя, вызванными подъемом суперплюма в мантийной области, подстилающей восточную часть Фенноскандинавского щита. Однако другие исследователи региона Гридино полагают, что цирконы с возрастом 2.4 млрд лет, выделенные из эклогитизированных мафических пород (будин и даек) [Слабунов и др., 2003, Слабунов и др., 2011] соответствует времени интрузии мафических даек, и выделяют в истории региона два этапа эклогитизации – архейский на рубеже 2.7 млрд лет, связанный с погружением архейских океанических пород в зону субдукции [Володичев и др., 2004], и локальный палеопротерозойский эклогитовый метаморфизм с возрастом ~ 2.4 млрд лет [Слабунов и др., 2011]. Группа исследователей из Санкт-Петербурга решают проблему проще и рассматривают

эклогитовый метаморфизм в рамках одного палеопротерозойского события с возрастом ~ 1.9 млрд лет [Скублов и др., 2011 и ссылки в ней]. Мы датировали цирконы в метаморфизованных мафических дайках на мысе Варгас и на мысе Гридин и получили архейский интервал интрузии базитовой магмы 2.87-2.82 млрд лет [Докукина и др., 2012]. Для того чтобы убедиться в архейском возрасте эклогитового метаморфизма мы датировали методом SHRIMP II цирконы из жилы высокобарного эндербита (кислого гранулит), пересекающей эклогитизированный оливиновый габбронорит на восточном окончании села Гридино (рис. 1).

Описание объекта

Из эндербита было отобрано две пробы. Первая проба 1111-06 была отобрана из корневой части жилы – в ее начале, недалеко от ее источника во вмещающих тоналитовых гнейсов. Вторая проба 1111-09 была отобрана в 10 метрах на восток на протяжении жилы внутрь тела эклогитизированного оливинового габбронорита (рис. 1).

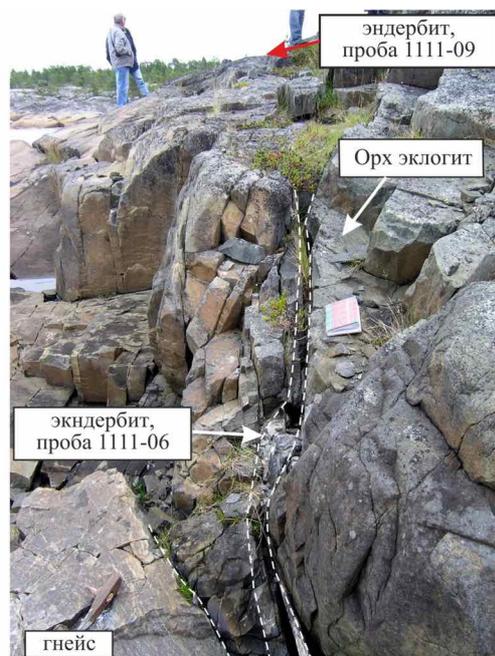
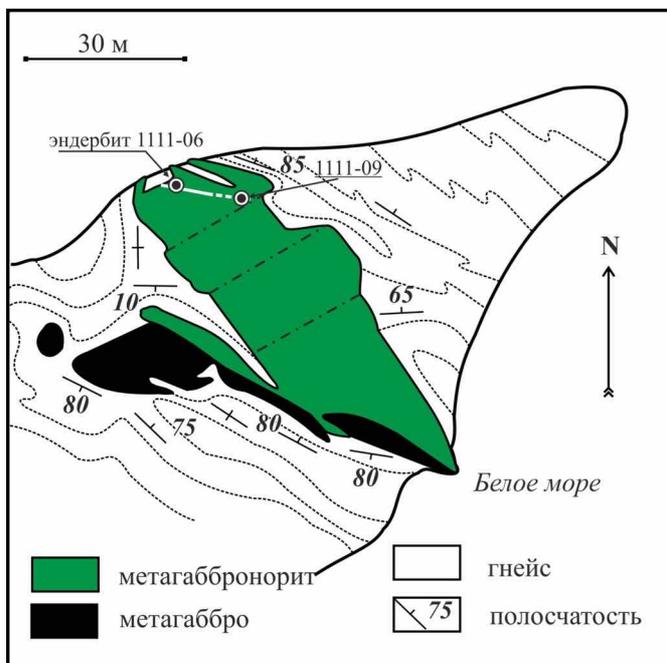


Рис. 1. Геологическая схема восточного окончания села Гридино [Володичев и др., 2005] и фотография жилы эндербитов в дайке метагабброноритов.

Граница между эклогитизированным габброноритом и эндербитовой жилы характеризуется тонкой зоной, сложенной гранат-ортопироксеновым амфиболитом (рис. 2а, б). Краевая зона эндербита мощностью около 1 см представлена равновесным гранат-клинопироксен-ортопироксен-биотит-плагиоклаз-кварцевым минеральным парагенезисом (проба 1111-06, рис. 1, 2а, в) или такой же минеральной ассоциацией, но без ортопироксена (проба 1111-09). Центральная часть эндербитовой жилы представляет собой кианит-гранатовый гнейс с редкими клинопироксеном и ортопироксеном (рис. 2а, г).

Гранат из центральной «гнейсовой» части эндербитовой жилы имеет ярко выраженную проградную зональность (рис. 2г) с высоким содержанием алмандинового и грассулярового миналов в ядре, и содержит включения кианита и омфацита (до 21 мольных % Jd) в краевой части. Гранат из амфиболита и краевой эндербитовой части жилы достаточно гомогенны по составу (рис. 2б, в) с незначительным увеличением алмандинового минала на каймах зерен.

Клинопироксен в эндербитовой жиле формирует (1) симплектитоподобные структуры с плагиоклазом и (2) микрозернистый гранобластовый агрегат с ортопироксеном, гранатом и биотитом в кварц-полевошпатовом матриксе. Биотит содержит до 5.8 масс. % TiO_2 . В некоторых случаях наблюдается проградный рост рутила вокруг ильменита (рис. 2 в). Оценка РТ-параметров кристаллизации метаморфической минеральной ассоциации соответствует условиям фации гранулитов повышенных давлений ~ 12.5 кбар при 750 °С.

Эндербитовая жила имеет тоналитовый состав (SiO_2 60.6-64.2, Na_2O 3.82-4.23, K_2O 0.92-1.52, Al_2O_3 15.2-16.1, TiO_2 0.42-0.72, ΣFeO 4.54-7.51, MnO 0.08-0.12, MgO 3.5-4.0, CaO 5.0-5.2 вес.%) при магнетизальности 0.49-0.58. Спектры РЗЭ характеризуется обогащением в ЛРЗЭ ($(La/Lu)_N=9-13$. Проба 1111-06 (корневая

часть жилы) отличается по содержанию редких и рассеянных элементов от пробы 1111-09 (на протяжении жилы в тело габброноритов). Порода пробы 1111-06 деплетирована в РЗЭ, крупноионных литофильных элементах, обогащена высокозарядными и имеет положительную европиевую аномалию ($Eu/Eu^* = 1.21$) в отличие от пробы 1111-09 ($Eu/Eu^* = 0.55$).

Из пробы 1111-06 было выделено несколько групп циркона. Первая группа (точки 1.1 и 2.1, рис. 3а) представлена бесцветными вытянутыми округленными зернами с хорошо выраженной тонкой осцилляторной зональностью, низкими концентрациями Th (36-77 ppm) и U (68-94 ppm), относительно высокими Th/U отношениями (0.55-0.85), позитивной цериевой ($Ce/Ce^* = 19-29$) и негативной европиевой ($Eu/Eu^* = 0.33-0.52$) аномалиями и обогащением в ТРЗЭ ($Lu_N/Sm_N = 73-155$, $Lu_N/La_N = 1313-4153$) (таб. 1). Возраст таких цирконов ~ 3.0 млрд лет (таб. 2).

Коричневатые резорбированные зерна цирконов второй группы на катодоллюминесцентных изображениях (CL) имеют ярко выраженные ядра и оторочки, имеющие сильно различающиеся характеристики. Светлые в CL ядра имеют слабо выраженную осцилляторную зональность (точки 3.1, 5.1, рис. 3а), черные оторочки характеризуются отсутствием внутренней структуры (точки 3.2, 4.1, 5.2, 8.1, рис. 3а). Ядра характеризуются относительно высокими содержаниями U (165-431 ppm) при низких содержаниях Th (25-61 ppm) и Th/U отношениями 0.15-0.16. Ядра имеют высокие содержания редкоземельных элементов ($\Sigma REE = 1497$) с плоским спектром распределения и значительным обогащением в ЛРЗЭ ($Lu_N/Sm_N = 1.7$, $Lu_N/La_N = 17$) с отрицательной европиевой и положительной цериевой аномалиями ($Eu/Eu^* = 0.39$, $Ce/Ce^* = 1.6$) (таб. 1). $^{207}Pb/^{206}Pb$ возраст этих ядер 2.83-2.88 млрд лет (таб. 2).

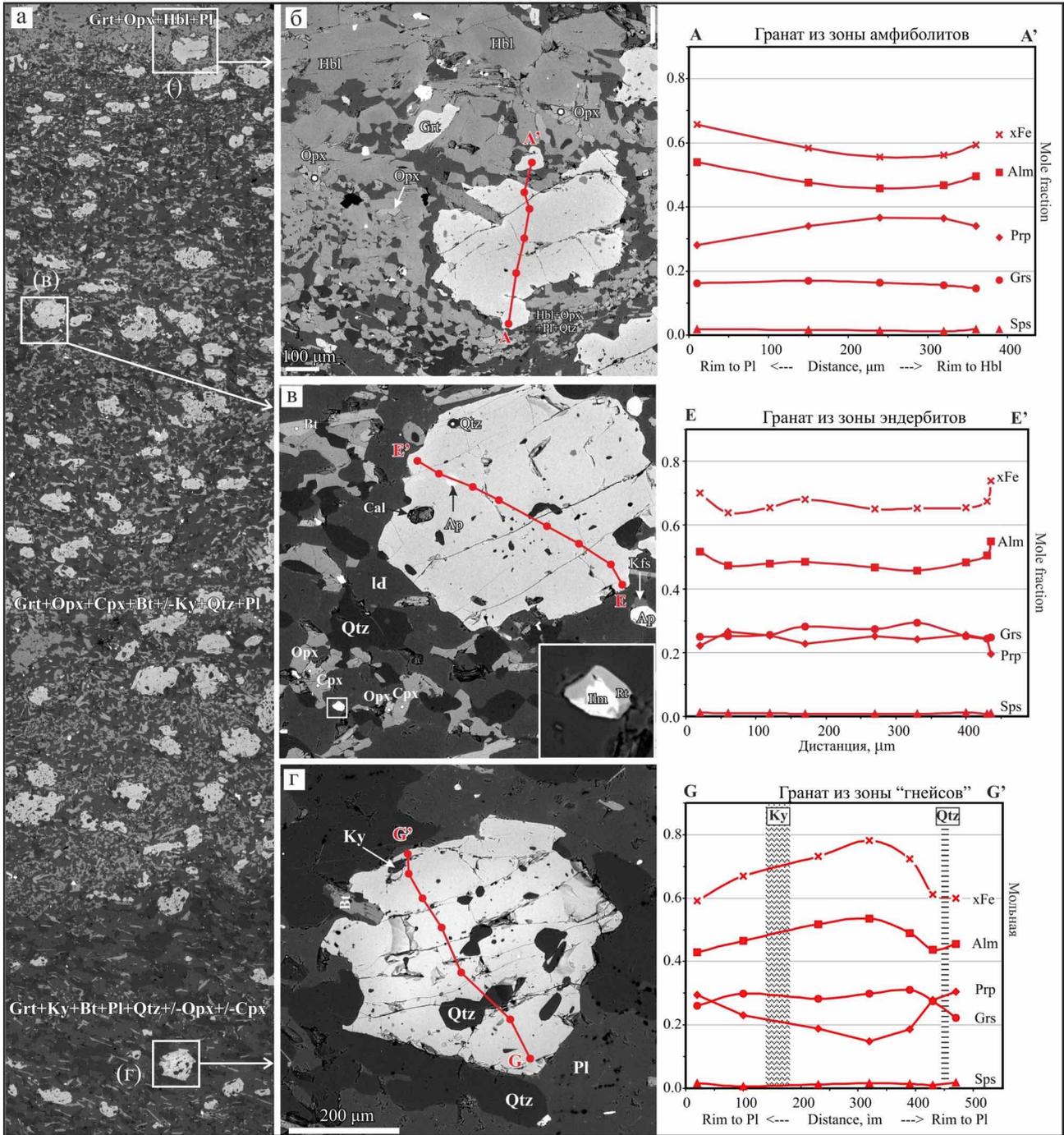


Рис. 2. BSE изображения шлифа (а) и гранатов (б-г) из разных зон в эндербитовой жилы (проба 1111-06) и композиционные профили через гранаты. В верхней части изображения можно видеть контакт жилы с ортопироксен-гранатовыми амфиболитами, сформированными по дайке эклогитизированных оливиновых габброноритов. На врезке демонстрируется увеличенное изображение рутила вокруг ильменита, обозначенное на изображении белым квадратом. Ap – апатит, Bt – биотит, Cal – кальцит, Grt – гранат, Hbl – амфибол, Srx – клинопироксен, Ilm – ильменит, Kfs – калиевый полевой шпат, Ky – кианит, Орх – ортопироксен, Pl – плагиоклаз, Rt – рутил, Qtz – кварц.

Таблица 1.

Содержание малых элементов (ppm) в исследованных цирконах из эндербитовой жилы, северо-восточная окраина села Гридино¹

Sample	P	Ca	Ti	Li	Sr	Y	Nb	Ba	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Dy	Er	Yb	Lu	Hf	Th	U
Проба 1111-06																						
1111-06.1.1		1.96	6.67	2.41	0.59	729	11.46	0.79	0.11	9.76	0.06	0.91	1.87	0.48	10.33	49	126	269	48	7382	26	74
1111-06.2.1		6.47	119.26	4.89	0.82	877	7.45	19.28	0.36	25.99	0.31	2.95	4.12	1.52	19.31	65	141	281	50	6255	65	112
1111-06.3.1		3497	21.88	18.77	93	1026	17.52	11.18	27.99	198.97	33.1	247.9	177.4	23.2	185.02	111	143	299	50	11084	77	550
1111-06.3.2		10.01	11.58	45.28	0.63	231	9.94	3.53	0.46	8.75	0.56	4.20	3.53	0.55	6.80	18	36	76	13	8552	11	402
1111-06.5.1	55.25	0.01	5.18	30.41	0.44	405	59.93	1.98	0.38	11.19	0.34	2.62	2.68	0.43	8.37	68	167	29	29	8681	23	240
1111-06.5.2	303.02	42.78	19.48	42.78	2.80	1082	11.60	6.04	10.99	85.41	11.86	99.18	101.15	15.35	146.46	174	330	112	55	9803	69	529
1111-06.8.1		3.95	4.56	71.18	0.57	296	14.30	2.03	0.58	8.25	0.60	4.73	4.33	0.66	8.15	20	48	108	20	8731	16	698
1111-06.9.1	53.07	6.23	6.16	33.30	0.52	377	36.79	2.07	0.30	11.43	0.31	2.60	3.27	0.77	10.96	61	132	29	24	9531	61	377
Проба 1111-09																						
1111-09.1.1	81.45	0.42	5.10	22.40	0.33	297	30.27	0.77	0.04	13.31	0.08	0.95	1.78	0.43	8.32	47	94	25	18	9421	106	239
1111-09.3.1	128.34	0.89	4.62	25.62	0.52	353	14.36	0.32	0.06	13.70	0.08	1.08	1.79	0.44	8.71	59	126	30	24	10246	121	303
1111-09.4.1	160.65	0.27	5.80	14.44	0.58	360	6.31	0.68	0.04	21.15	0.05	0.77	1.52	0.21	8.56	64	123	30	21	9480	71	97
1111-09.6.1	130.95	0.70	5.73	10.16	0.45	374	12.22	0.54	0.08	19.90	0.06	0.71	1.46	0.16	7.93	65	123	30	22	9802	53	73
1111-09.6.2	159.21	0.34	3.12	1.45	0.77	167	5.55	0.42	0.02	15.59	0.05	0.45	1.54	0.18	7.41	58	124	21	16	7934	38	42
1111-09.7.1	0.68	18.56	8.07	8.29	0.49	265	19.33	1.89	1.40	22.46	1.24	9.79	10.84	1.47	16.74	43	97	24	17	9156	36	73
1111-09.7.1D	1.27	20.53	8.44	10.83	0.71	273	14.53	1.81	1.76	24.53	1.48	11.36	10.25	1.66	16.71	48	105	25	17	9074	44	89
1111-09.9.1	228.78	19.96	6.81	5.69	1.01	473	9.73	1.21	0.13	13.80	0.21	3.01	3.70	0.42	14.49	80	138	42	25	8318	50	34
1111-09.9.2	63.85	11.66	6.02	20.82	0.45	195	9.11	1.06	0.13	10.05	0.16	1.35	1.36	0.30	4.77	33	77	16	14	9324	69	170

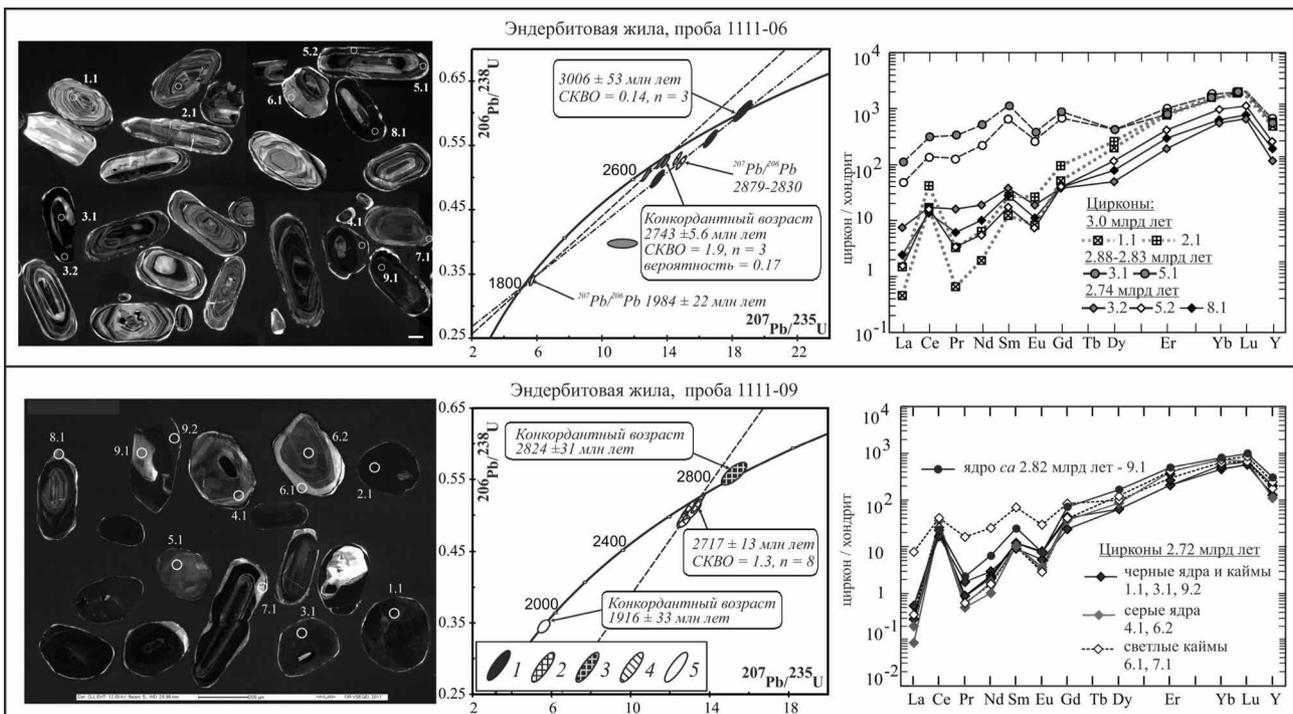


Рис. 3. Изображения цирконов в катодолуминесценции, распределение РЗЭ в датированных цирконах (хондрит по [Sun, McDonough, 1989]) и диаграммы с конкордией для пробы эндербита 1111-06 и 1111-09. 1 – цирконы с осцилляторной зональностью, 2 – обогащенные в ЛРЗЭ ядра, 3 – высокоурановые черные каймы, 4 – гранулитовый циркон, 5 – низкоторийевые серые каймы.

¹ Редкие и рассеянные элементы в цирконах (в точках локального U-Pb изотопного анализа) определены на ионном масс-спектральном микроанализаторе Cameca IMS-4f в Ярославском отделении Физико-Технологического Института РАН.

Таблица 2.

SHRIMP II U-Th-Pb изотопные данные для цирконов из эндербитовой жилы (пробы 1111-06 и 1111-09)².

Точка	²⁰⁶ Pb _c	U	Th	²⁰⁶ Pb*	²³² Th	²⁰⁶ Pb	²⁰⁷ Pb	D	²⁰⁷ Pb*		²⁰⁷ Pb*		²⁰⁶ Pb*		Rho
	%	ppm			²³⁸ U	Возраст, млн лет		%	²⁰⁶ Pb*	±%	²³⁵ U	±%	²³⁸ U	±%	
Проба 1111-06															
1111-06.1.1	--	68	36	35.3	0.55	3042 ±55	3013 ±19	-1	0.224	1.2	18.7	2.5	0.603	2.3	0.9
1111-06.2.1	0.26	94	77	45.4	0.85	2869 ±44	2952 ±14	+3	0.216	0.9	16.7	2.1	0.561	1.9	0.9
1111-06.3.1	0.04	431	61	196	0.15	2740 ±41	2830 ±8	+4	0.200	0.5	14.6	1.9	0.530	1.8	1.0
1111-06.3.2	0.01	296	12	133	0.04	2715 ±35	2732 ±9	+1	0.189	0.6	13.6	1.7	0.524	1.6	0.9
1111-06.4.1	--	220	73	99.4	0.34	2722 ±36	2735 ±10	+1	0.189	0.6	13.7	1.7	0.525	1.6	0.9
1111-06.5.1	0.03	163	25	73.1	0.16	2712 ±38	2879 ±11	+7	0.207	0.7	14.9	1.9	0.523	1.7	0.9
1111-06.5.2	--	293	10	127	0.03	2635 ±35	2680 ±10	+2	0.183	0.6	12.7	1.7	0.505	1.6	0.9
1111-06.6.1	--	37	69	15.8	1.94	2605 ±54	2785 ±24	+8	0.195	1.4	13.4	2.9	0.498	2.5	0.9
1111-06.7.1	--	103	27	30.1	0.27	1890 ±31	1984 ±22	+5	0.122	1.2	5.7	2.3	0.341	1.9	0.8
1111-06.8.1	0.02	566	20	255	0.04	2719 ±33	2759 ±7	+2	0.192	0.4	13.9	1.6	0.525	1.5	1.0
Проба 1111-09															
1111-09.1.1	0.33	143	85	0.62	64.2	2695 ±34	2724 ±14	1	0.1879	0.84	13.45	1.8	0.5190	1.6	0.88
1111-09.2.1	0.02	596	64	0.11	254	2597 ±30	2691 ±8.9	4	0.1842	0.54	12.60	1.5	0.4962	1.4	0.93
1111-09.3.1	0.01	192	97	0.52	84.5	2664 ±33	2691 ±14	1	0.1842	0.83	13.00	1.7	0.5118	1.5	0.88
1111-09.4.1	0.27	67	65	1.01	29.1	2632 ±41	2704 ±23	3	0.1857	1.4	12.91	2.3	0.5041	1.9	0.81
1111-09.5.1	0.18	56	32	0.59	24.3	2643 ±40	2737 ±20	4	0.1894	1.2	13.23	2.2	0.5067	1.9	0.84
1111-09.6.1	0.50	21	21	1.07	9.19	2668 ±55	2736 ±35	3	0.1893	2.1	13.38	3.3	0.5130	2.5	0.76
1111-09.6.2	0.51	50	48	0.98	21.4	2586 ±41	2718 ±25	5	0.1873	1.5	12.74	2.5	0.4935	1.9	0.78
1111-09.7.1	0.50	50	34	0.70	22.1	2643 ±43	2685 ±27	2	0.1835	1.6	12.83	2.6	0.5069	2.0	0.77
1111-09.8.1	1.17	60	4	0.07	18.1	1912 ±37	1930 ±70	1	0.1182	3.9	5.63	4.5	0.3453	2.2	0.50
1111-09.9.1	0.58	20	42	2.13	9.78	2859 ±59	2810 ±36	-2	0.1981	2.2	15.24	3.4	0.5580	2.5	0.76
1111-09.9.2	0.04	108	60	0.57	47.8	2668 ±35	2731 ±13	2	0.1887	0.79	13.33	1.8	0.5126	1.6	0.90

Черные каймы имеют повышенные содержания U (220-566 ppm) и низкие содержания Th (10-73 ppm) и Th/U отношения (0.03-0.04, исключая одно повышенное 0.34). Плоский PЗЭ спектр таких цирконов ($Lu_N/Sm_N = 23-29$, $Lu_N/La_N =$

270-336, рис. 3а, таб. 1) характеризуется положительной цериевой ($Ce/Ce^* = 3.5-4.2$) и отрицательной европиевой аномалиями ($Eu/Eu^* = 0.34$). Три точки дали конкордантное значение возраста 2743 ±5.6 млн лет (рис. 3а, таб. 2).

² Измерения пробы 1111-06 выполнены А.Н. Ларионовым, 1111-09 Е.Н. Лепехиной на ионном зонде SHRIMP II (ВСЕГЕИ); ошибки – Pb_c и Pb* – обычный и радиогенный свинец соответственно, D – степень дискордантности.

Только одна тонкая кайма, серая в катодолюминесценции (точка 7.1, рис.2а), дала возраст 1984 ± 22 млн лет ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$) (таб. 2).

На протяжении жилы (проба 1111-09) в породе преобладают идиоморфные округлые или вытянутые бесцветные либо коричневатые цирконы (рис. 3б), имеющие в катодолюминесценции серый или темно-серый цвет с “fir-tree” зональностью, типичной для цирконов гранулитовой фации метаморфизма [например, Vavra et al., 1996]. Возраст таких цирконов 2717 ± 13 млн лет (рис. 3б, таб. 2). Распределение РЗЭ характеризуется положительной цериевой ($\text{Ce}/\text{Ce}^* = 17-106$) и отрицательной европиевой ($\text{Eu}/\text{Eu}^* = 0.18-0.36$) аномалиями и обогащением в ТРЗЭ ($\text{Lu}_\text{N}/\text{Sm}_\text{N} = 61-83$, $\text{Lu}_\text{N}/\text{La}_\text{N} = 1049-4415$) (таб. 1). Такие цирконы соответствуют цирконам гранулитовой фации метаморфизма, кристаллизовавшимся в равновесии с расплавом [Whitehouse, Kamber, 2003]. Цирконы содержат мономинеральные и поликристаллические нановключения (рис. 4), состоящие из фенгита (3.21 катионов Si на 11 атомов O), биотита, кварца и омфациита (Jd 20 мол.% при CaTs 15 мол.%). Включение омфациита в метаморфическом цирконе подтверждает наши предыдущие выводы о возрасте эцлогитового метаморфизма не моложе 2.72 млрд лет [Докукина и др., 2012; Докукина и др., 2009; Докукина и др., 2010].

Некоторые гранулитовые цирконы содержат округлые светлые или черные в CL древние ядра. Было датировано одно древнее светлое ядро (точка 9.1, рис. 3), которое дало конкордантное значение возраста 2824 ± 31 млрд лет. Датированное ядро характеризуется обогащением ТРЗЭ ($\text{Lu}_\text{N}/\text{Sm}_\text{N} = 40$, $\text{Lu}_\text{N}/\text{La}_\text{N} = 1818$), положительной цериевой ($\text{Ce}/\text{Ce}^* = 21$) и отрицательной европиевой аномалиями ($\text{Eu}/\text{Eu}^* = 0.18$). Этот возраст в пределах ошибки совпадает с возрастом обогащенных РЗЭ ядер цирконов в корневой части жилы в пробе 1111-06.

Только одна тонкая серая в катодолюминесценции кайма (точка 8.1, рис.3б) дала конкордантный возраст 1916 ± 33 млн лет (таб. 2).

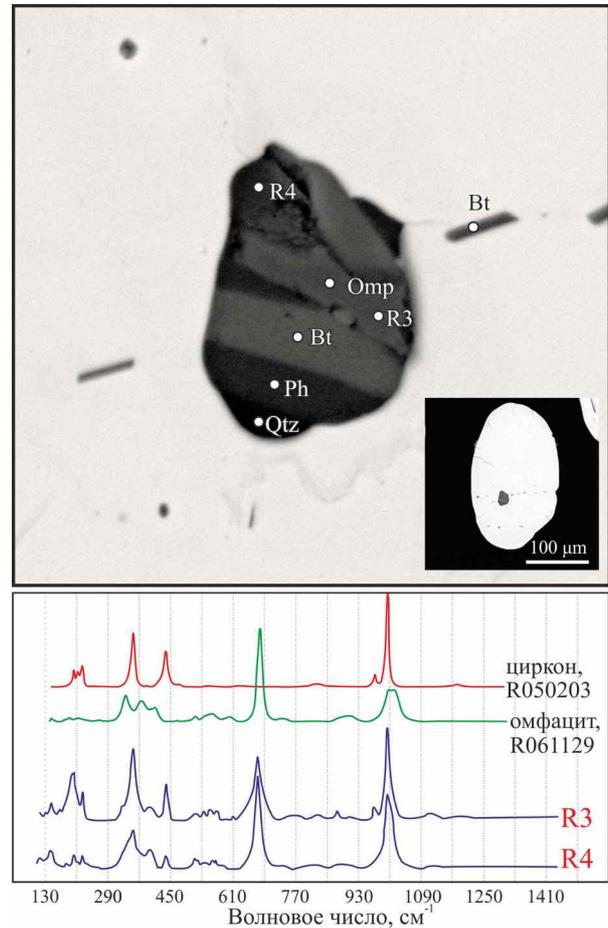


Рис. 4. BSE изображения поликристаллического включения в цирконе из пробы эндербиты 1111-09 и примеры Рамановских (КР) спектров в точках R3 и R4.

Обсуждение и выводы

Проба 1111-09 на продолжении эндербитовой жилы характеризуется незначительным обогащением железом, калием, РЗЭ и отрицательной европиевой аномалией относительно корневой части эндербитовой жилы (проба 1111-06). Эти характеристики по-видимому отвечают более высокой степени плавления вмещающих тоналитовых гнейсов – источника расплава для формирования жилы эндербиты. Разница состава между пробами может быть обусловлена степенью насыщения расплава реститовым

гнейсовым материалом. Другими словами, корневая часть эндербитовой жилы содержит значительное количество нерасплавленного материала и наследует его геохимические свойства. Это предположение подтверждает большое количество древних магматических цирконов с возрастом около 3.0 млрд лет, извлеченных из пробы 1111-06, которые вероятно соответствуют времени формирования магматического протолита вмещающих тоналитовых гнейсов. Вычисление температуры кристаллизации цирконов дало разброс значений (для цирконов 1.1 и 1.2 соответственно 635 и 1048 °C). Магматический циркон с таким же возрастом 3.0 млрд лет был измерен в пробе дайки метагаббро с возрастом внедрения ~2.82 млрд лет на мысе Варгас [Dokukina; Konilov, 2011]. Модельные Sm-Nd возрасты гнейсов ассоциации Гридино также мезоархейские 3089-2973 млн лет [Докукина и др., 2012].

Формирование резорбированных и обогащенных в ЛРЗЭ с возрастом 2.88-2.83 млрд лет ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$) могло быть связано с термальным воздействием на тоналитовые гнейсы при интрузии габброноритовой магмы, поскольку этот возраст приблизительно совпадает с интервалом времени формирования мафических даек 2.87-2.82 млрд лет. Одно светлое в катодоллюминесценции ядро в пробе 1111-09 дало конкордантный возраст 2824 ± 31 млн лет и также совпадает в пределах ошибки с возрастом обогащенных ЛРЗЭ ядер цирконов из пробы 1111-06. Вероятно, эти цирконы отвечают времени формирования интрузии габброноритов.

Рост черных в катодоллюминесценции кайм с возрастом 2.74 млрд лет мы связываем с высокотемпературным (на уровне гранулитовой фации) плавлением тоналитов и формированием эндербитовой жилы. Наиболее распространенные цирконы в пробе 1111-09 с возрастом 2717 ± 13 млн лет похожи на маг-

матические цирконы по высокому содержанию Y и TP3Э, положительной Ce и отрицательной Eu аномалиям. В тоже время, эти цирконы имеют овальную форму и fir-three зональность в катодоллюминесценции и отвечают цирконам гранулитовой фации, сформированным в присутствии анатектического расплава [Vavra et al., 1996; Rubatto, 2002]. Гранулитовые цирконы содержат включения омфациита и фенгита, и соответственно ограничивают время эклогитового метаморфизма не моложе 2.72 млрд лет. Таким образом мы имеем дополнительные доказательства архейского возраста эклогитового метаморфизма в ассоциации эклогитов Гридино Беломорской эклогитовой провинции.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ 15-05-01214 и программы Президиума РАН № 19. Благодарим за постоянную поддержку, сотрудничество и конструктивную критику д. г.- м. н. М.В. Минца.

Литература

1. Минц М.В., Конилов А.Н., Докукина К.А., и др. // Доклады академии наук. 2010. Т. 434, № 6. С. 776-781.
2. Konilov, A.N., Shchipansky, A.A., Mints et al. / (Dobrzhinetskaya L., Cuthbert S., Faryad W., Wallis S., Eds.) Ultrahigh Pressure Metamorphism: 25 years after the discovery of Coesite and Diamond. Elsevier, 2011. P. 623-670.
3. Dokukina K.A., Konilov A.N. / (Dobrzhinetskaya L., Cuthbert S., Faryad W., Wallis S., Eds.) Ultrahigh Pressure Metamorphism: 25 years after the discovery of Coesite and Diamond. Elsevier, 2011. P. 591-634.
4. Докукина К.А., Конилов А.Н., Ван К.В. и др. // Доклады академии наук, 2012. Т. 445. № 1. С. 1-8.
5. Слабунов А.И., Володичев О.В., Бибилова Е.В. / Изотопная геохронология в решении проблем геодинамики и

- рудогенеза. Материалы II Российской конференции по изотопной геохронологии. Санкт-Петербург: ЦИК, 2003. С. 465-467.
6. Слабунов А.И., Володичев О.И., Скублов С.Г., Березин А.В. // Доклады академии наук. 2011. Т. 437. № 2. С. 238-242.
 7. Володичев О.И., Слабунов А.И., Бибилова Е.В. и др. // Петрология. 2004. Т. 12, № 6. С. 609-631.
 8. Скублов С.Г., Хервартц Д., Березин А.В. / Проблемы плейт- и плюм-тектоники в докембрии. Материалы III Росс. конф. по проб. геологии и геодинамики докембрия. Санкт-Петербург. 2011. ИГГД РАН. С. 166-168.
 9. Володичев О.И., Слабунов А.И., Степанов В.С. и др. // Беломорский подвижный пояс и его аналоги: геология, геохронология, геодинамика, минералогия. Материалы науч. конф. и путеводитель экскурсии. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2005. С. 60-74.
 10. Sun S.S., McDonough W.F. / (A.D. Saunders and M.J. Norry, Eds.), "Magmatism in the Ocean Basins" Geol. Soc. Lond. Spec. Publ., 1989. V. 42. P. 313-345.
 11. Vavra G., Gebauer D., Schmid R., Compston, W. // Contributions to Mineralogy and Petrology, 1996. V. 122. P. 337-358.
 12. Whitehouse, M.J., Kamber, B.S. // Precambrian Research, 2003. V. 126. P. 363-377.
 13. Rubatto, D. // Chemical Geology. 2002. V. 184. P. 123-138.
- References**
1. Mints MV, Konilov AN, Dokukina KA, et al. / Reports of the Academy of Sciences. 2010. P. 434, No. 6. P. 776-781.
 2. Konilov, A.N., Shchipansky, A.A., Mints et al. / (Dobrzhinetskaya L., Cuthbert S., Faryad W., Wallis S., Eds.) Ultrahigh Pressure Metamorphism: 25 years after the discovery of Coesite and Diamond. Elsevier, 2011. P. 623-670.
 3. Dokukina K.A., Konilov A.N. / (Dobrzhinetskaya L., Cuthbert S., Faryad W., Wallis S., Eds.) Ultrahigh Pressure Metamorphism: 25 years after the discovery of Coesite and Diamond. Elsevier, 2011. P. 591-634.
 4. Dokukina K.A., Konilov A.N., Van K.V. and others. // Reports of the Academy of Sciences, 2012. T. 445. № 1. S. 1-8.
 5. Slabunov AI, Volodichev OV, Bibikova E.V. / Isotope geochronology in solving problems of geodynamics and ore genesis. Materials of the II Russian Conference on isotope geochronology. St. Petersburg: CEC, 2003. pp. 465-467.
 6. Slabunov AI, Volodichev OI, Skublov SG, Berezin A.V. // Reports of the Academy of Sciences. 2011. P. 437. № 2. P. 238-242.
 7. Volodichev OI, Slabunov AI, Bibikova EV and others // Petrology. 2004. V. 12, No. 6. P. 609-631.
 8. Skublov SG, Hervartz D., Berezin A.V. Problems of Plate and Plume Tectonics in the Precambrian. Materials III Ross. Conf. on samples. geology and geodynamics of the Precambrian. St. Petersburg. 2011. IGGD of the Russian Academy of Sciences. Pp. 166-168.
 9. Volodichev OI, Slabunov AI, Stepanov VS et al. // Belomorsky mobile belt and its analogues: geology, geochronology, geodynamics, mineralogy. Materials of scientific. Conf. and tour guide. Petrozavodsk: KarRC RAS, 2005. S. 60-74.
 10. Sun S.S., McDonough W.F. / (A.D. Saunders and M.J. Norry, Eds.), "Magmatism in the Ocean Basins" Geol. Soc. Lond. Spec. Publ., 1989. V. 42. P. 313-345.
 11. Vavra G., Gebauer D., Schmid R., Compston, W. // Contributions to Mineralogy and Petrology, 1996. V. 122. P. 337-358.
 12. Whitehouse, M.J., Kamber, B.S. // Precambrian Research, 2003. V. 126. P. 363-377.
 13. Rubatto, D. // Chemical Geology. 2002. V. 184. P. 123-138.



U-PB DATING OF A HIGH-PRESSURE GRANULITE FELSIC VEIN (GRIDINO AREA OF THE BELOMORIAN ECLOGITE PROVINCE, RUSSIA)

Dokukina K.A.	Konilov A.N.	Kaulina T.V.	Von K.V.	Bondarenko G.V.
PhD, Main Researcher of the laboratory of the Early Precambrian tectonics, Geological institute of The Russian Academy of Sciences (GIN RAS)	Senior researcher at the Early Precambrian Tectonics Laboratory, Geological Institute (GIN) of the Russian Academy of Sciences, Institute of Experimental Mineralogy, RAS	<i>Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, leading scientific associate, Institute of Geology of the Kola Science Center of the Russian Academy of Sciences, Apatity</i>	<i>PhD of Geological and Mineralogical Sciences, scientific collaborator, Institute of Experimental Mineralogy, RAS</i>	<i>PhD of physical and mathematical sciences, head of the laboratory of physical methods of research, Institute of Experimental Mineralogy, RAS</i>
Address: 7, Pyzhevsky lane, Moscow 119017, Russia E-mail: dokukina@mail.ru	Address: 7, Pyzhevsky lane, Moscow 119017, Russia E-mail: konilov@iem.ac.ru	Address: 14. Fersmana str., Apatity, 184209, Russia E-mail: kaulina@geoksc.apatity.ru	Address: 4, ul. Academician Osipyan str., Chernogolovka, Moscow Region, 142432, Russia E-mail: kvv@iem.ac.ru	Address: 14. Fersmana str., Apatity, 184209, Russia E-mail: bond@iem.ac.ru

Abstract. Metamorphic complexes of the Mesoarchean-Neoproterozoic Belomorian eclogite province are located within the South Kola active margin along the northeastern border of the Mesoarchean-Paleoproterozoic Belomorian accretionary orogen. In the Gridino area, mafic dykes and fragments of mafic rocks were eclogitized. Petrography and geochemistry of an enderbite vein that crosscuts an eclogitized dyke of olivine gabbrotonite was studied; zircon obtained from the enderbite vein was dated. Mineral assemblage of garnet, orthopyroxene, clinopyroxene, Kyanite, high-Ti biotite, plagioclase and quartz was formed at post-eclogitic high-pressure granulite facies metamorphism of about 12.5 kb at 750 °C. Metamorphic zircon with the age of 2717 ± 13 Ma from the enderbite vein contains omphacite and phengite inclusions, and it is an upper age limit for eclogite metamorphism in the Gridino area.

Key words: Mesoarchean, Neoproterozoic, Belomorian eclogite province, eclogite, granulite, enderbite, amphibolite, zircon, SHRIMP II, dyke

© Коллектив авторов, 2018

CADASTRE INFORMATION SUPPORT

Tsvetkov V.Ya.

Doctor of Technical Science, Professor, deputy head, Center for strategic analysis and development, Research and Design Institute of design information, automation and communication on railway transport

Address: 27, bldg 1 Nizhegorodskaya Str., Moscow, 109029, Russia

E-mail: cvj2@mail.ru

Abstract: *The article explores the information support of the cadastre. The paper reveals the content of one of the basic functions of the cadastre - the information function. The information function of the cadastre requires information support. The importance of information support for the cadastre consists of two factors: the provision of cadastral work and the subsequent formation of the information content of the cadastre. Information support for the cadastre is disclosed as a set of technologies and data obtained as a result of cadastral work. Information support of the cadastre includes technological support and information filling with cadastral data. Information support for the cadastre includes normative documentation. Information support for the cadastre requires periodic updating, which is due to changes in laws and regulations. The current state of the state cadastre of real estate is characterized by a large amount of information on cadastral objects that are of a high quality and varied in quality. This information situation creates the Big Data problem. Therefore, the role of information support for the state real estate cadastre increases manyfold. Information support for land resources fulfills three main tasks: technological, information, and legal. The technological task provides the implementation of technologies for the collection of surveying and inventory. The information task provides accounting and maintenance of information on the cadastre. It supports land management for the adoption of specific management decisions on the organization of rational use and protection of land. The legal task provides information support to the legal and economic mechanisms for regulating land relations. The article describes the structural scheme for obtaining cadastral information. The scheme for obtaining cadastral information contains three qualitative levels. The article describes the mechanism for the formation of cadastral information. Cadastral documents, which form the basis of information support, are described in the article. The features of creating and using cadastral maps are described. The association of cadastral information with land management information is described in the article. The article describes three foundations in the land management system that violate the integrity of information provision in this area. These funds: the state cadastre of real estate, the information system for ensuring the town-planning activity, the state fund of land management data. The article reveals the relations of the territorial environment and subject property. The article describes the features of cadastral information*

Key words: *cadastre, cadastral information, information support, state cadastre of real estate, cadastral information funds, cadastral documents, information technology.*

1. Introduction

One of the main functions of a cadastre is the information one. It includes information support of people, organizations, state agencies and public services, providing reliable and accurate information on real estate items, their legal status and cadastral value. A cadastre's information function requires information support. It explains the importance of cadastre information support. The current state of the State Cadastre of Real Estate is characterized by bulky and quality-diversified information on cadastral items. Such information situation creates a problem attributable to Big Data. In this context, the importance of information support of the State Cadastre of Real Estate has increased dramatically, including issues of territory management [1,

2]. However, today the above function of a cadastre is performed ineffectively and not fully, as it faces a few problems. Cadastre information support is connected with information support for land resources. Information support for land resources performs the following tasks: information support of land management for making specific management decisions on rational use and protection of land, information support of legal and economic mechanisms of handling of land matters.

2. Overview Diagram of Cadastre Information Support

Cadastre information support can be divided into two types of information support: information support for obtaining ca-

dastral information and information support in application of cadastral information.

Cadastral information support is a complex that includes: technology, hardware, computations, mixed data categories,

maps and spatial models, as well as regulatory documentation. Fig. 1 shows an overview diagram of information support for obtaining cadastral information. It consists of 3 stages and 3 levels.

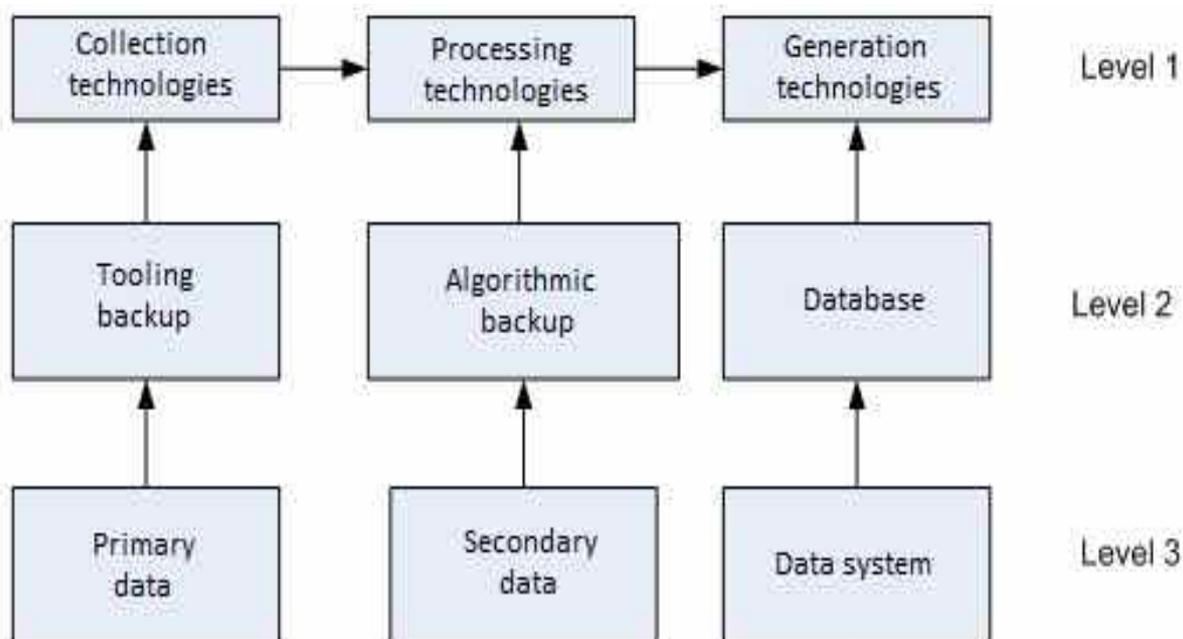


Fig.1. Overview Diagram of Information Support for Obtaining Cadastral Information

Information support (Fig. 1) includes three levels. Level 1 is for technology. This is a technological support level. The first level is responsible for data collection. The second level is for processing. The third level is for systemizing.

Level 2 is a backup for Level 1. It includes tooling backup with a range of measuring devices. Tools ensure support of collection technologies. Collected data are processed using data processing algorithms. Data processing algorithms constitute algorithmic backup. After processing, data are placed into a data store. Databases are most commonly chosen for data storage. Data in a data store or a database are further systemized. Data are either added to the existing data or used to update any outdated data. Data stores, databases and data banks constitute information support for storing cadastral information and other spatial information.

Level 3 is for data. Data collecting results in generation of primary data. Primary data are transferred to the

processing system and transformed into secondary data. Secondary data are systemized and sorted out and placed into the cadastral database. Systemized and approved data refer to level three in the overview diagram in Fig.1.

3. Cadastral Documents

Cadastral documents are a foundation of information support in application of cadastral information [3, 4]. In the course of management of the State Cadastre of Real Estate (SCRE) [5] or development of urban planning documentation, large-scale topographic maps and plans are created. Cadastral maps must be drawn using a generalized base map and contain, in graphic or text form, cadastral data of land parcels, buildings, structures etc. A generalized base map forms a part of cadastre information support.

In practice, in the course of the SREC management and development of urban planning documentation, different

coordinate systems are used. The situation is worsened by the absence of open keys for shifting between coordinate systems. This results in difficulties in re-calculation of coordinates and degradation of their accuracy. [6, 7].

A cadastral agency maintains cadastral maps to be used by general public. Such cadastral maps are called public cadastral maps. Public cadastral maps constitute cadastre cartographic information support.

Scope of information in public cadastral maps or scope of information in other cadastral maps is established by a cadastral statutory regulation authority [8, 9]. Public cadastral maps are made available at the cadastral agency's official website. Nevertheless, in Russia, cadastral maps of territories of municipal entities and territories of constituent entities of the Russian Federation are not widely available. This situation makes it difficult to use cadastral maps by local authorities and common user. All of this creates difficulties for the development of the cadastre and its information support. Mapping scale is the factor that characterizes the relation between cadastral information and its visualization in a plan or other map materials.

4. Three Land Management Databases

Currently in the Russian Federation, land management items are described at least in three information systems. First information system is the State Cadastre of Real Estate. Second information system is the Urban Development Support Information System (UDSIS). Third information system is the Public Database with data obtained from land management activities. Spatial Data Infrastructure (SDI) [10] was supposed to unite these databases. However, work on SDI development has been almost completely wound down, and a disassociation between departmental databases of spatial information still exists.

Availability of three databases provides for three different types of

information support. When using information from different databases, additional work need to be done to transform the information from such databases to ensure correlation of information in documents. Moreover, automated data exchange between the SCRE information system, UDSIS information system and other information systems lacks compatibility of data structures and, most importantly, coordinated regulatory support.

Such information situation creates uncertainty of information support received in different systems. Such uncertainty is not always taken into account in the development of managerial decisions at the level of constituent entities of the Russian Federation, thus resulting in negative consequences in the course of land resources management.

Besides a public cadastre, each state has a land management system. A cadastre is auxiliary to the land management system but serves as a foundation for its activities. Land management system is the main mechanism for carrying out land reorganization. It includes functions of information support of land resources management.

Land resources management includes the following types of activities: land cadastre and land monitoring, topographic-geodesic surveying, soil, geo-botanical and other examinations and surveys, spatial planning, spatial forecasting, spatial modeling, information analysis of rational use and protection of lands, information control over land reorganizations and condition of land resources. All those types of activities require a wide range of information support.

5. Territorial Environment and Real Property

Cadastral information is a foundation of information support of cadastral activities. It provides means for determining the contents of different cadastres and

accentuates cadastral information among other types of spatial information, e.g. geodesic, topographic, urban development, etc.

Qualities of spatial objects are related to the concept of “territorial environment”. Territorial environment is a combination of objects on the ground surface ensuring people’s vital activities. A combination of objects representing the environment can be changed in accordance with the tasks solved by the land management.

Qualities of the environment objects can be subjected to cadastral activities and included in the description of real property. Therefore, the terms “real property” and “role of territorial environment” can refer to the same objects and their qualities. For example, urban environment is represented

by urban objects. Town objects transferred into ownership are considered real property and town property.

The concepts of “territorial environment” and “real property” are interrelated due to common and similar qualities of objects that ensure vital activities of the area residents. Conceptual interpretation of such relation provides that similar qualities of real objects that constitute territorial environment and real property can bring those concepts together, thus supplementing the semantic scope of each of them.

There are other objects that have a variety of qualities and may have different purpose and refer to different types of real property. (Fig. 2).

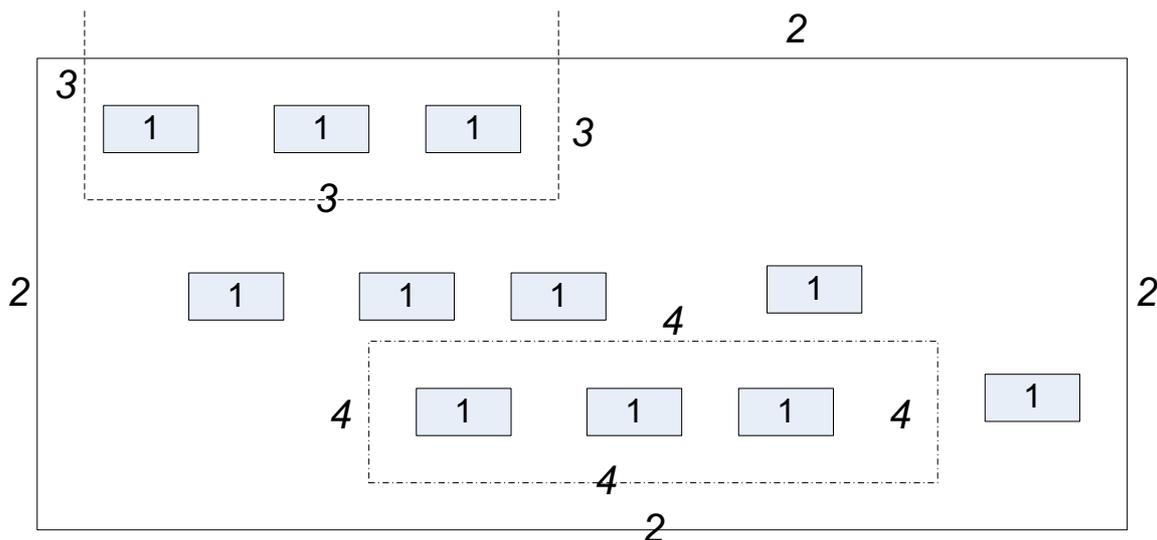


Fig. 2. Variety of Interpretations of Object “Building” for Different Territorial Environments
 Keys to Fig. 2: 1 – object “Building”; 2 – boundaries of urban environment; 3 – boundaries of agricultural environment; 4 – boundaries of industrial environment.

Diversity of land qualities ensures vital activities in such territorial environments as: agricultural, industrial, urban, etc. In the same time, such lands represent different real property. Buildings and constructions constitute urban environment, because their qualities ensure normal conditions for living, recreation and work of people living in this territory.

The same objects can be included into

another environment, for example – industrial, because their qualities can be used for ensuring normal production activities of a plant, factory and constitute their real property.

Diversity of qualities of spatial objects makes it difficult to refer them to a specific territorial environment. However, among a number of spatial objects there are some

that are included into territorial environments with different functionalities, however the type of real property remains unchanged. Such land plots are considered real property in all territorial environments. Let's review it on the example of urban environment and an external environment. In this example we assume that agricultural environment is external to urban environment.

According to its natural qualities, land is the same both inside a town and outside it. In all environments land is distributed into different types of ownership according to the same pattern. Land natural qualities are used in urban environment and agricultural environment in different ways.

In agricultural environment most commonly such land qualities are used that ensure generation of agricultural products; whereas for urban environment such qualities are of little importance. In towns, land is mostly used for roads, buildings, streets, etc. This environment pays attention to such qualities of land as: terrain, physical and mechanical composition, geological composition, ground water level, etc. Two environments – urban and environment – use qualities and functionality of land in different ways.

Qualities of land as real property are used differently, if such property is represented by land parcels. Land parcels as property items cover the ground uniformly, without any gaps; and qualities of such land parcels are closely related to the land qualities, ensuring continuity of the land parcels on the ground and, accordingly, continuity of the land property, irrespective of the territorial environment functionality. Land parcels and land property remain such until they exist, and such continuity cannot be disturbed by any territorial environment whatsoever.

The only connections between territorial environment and land property are those, by virtue of which land property can be classified by the property types. The property types are as follows: regional, state and other. In accordance with this

quality, land property can be given the characteristics of a territorial environment, e.g. urban, regional, state environment. However, it is impossible to give qualities of a land property to a territorial environment.

6. Cadastral Information.

Let's define cadastral information as follows: cadastral information is a combination of systemized parameters that set forth general and particular qualities of a cadastral object, sufficient for evaluation of its condition and making a decision.

Cadastral information has characteristic features that can be attributed to such information only. Such characteristic features include: statutory recognition of a status through cadastral information; rendering of specific cadastral details by multi-faceted values; inclusion of legal status details into the scope of cadastral information.

Main features make it possible to explicitly differentiate cadastral information from other types of information on objects; as such features are attributable to cadastral information only.

Cadastral information forms an interrelated system of information objects. Cadastral information system is a part of information support in application of cadastral information.

In a cadastral information system, elements of input data for description of location of objects are represented by cadastral inventory items, boundaries of which divide the territory of a town without any overlapping or gaps. Cadastral inventory items represented by a district, street, block, street section, crossroad (square) use a cadastral coordinate system of hierarchic structure, where the lowest level is represented by a block, street, street section or a crossroad.

The set elements boundaries that enclose the cadastral coordinate system, can be represented by rectangular (Fig.2) or geodesic coordinates.

Cadastral information, irrespective of

the methods of its generation, is represented in the form of cadastral visual models and cadastral plans, layouts, various tables, entries in cadastral books, etc. [11]. All of those constitute information support in application of cadastral information.

In the context of non-automated methods of cadastre management, cadastral information is provided in the form of paper cadastral plans. Another part of cadastral information is represented by actual values of aspects describing a specific object.

Cadastral information is divided into geometrical, that includes metrical characteristics, and semantic, that includes all other characteristics [12]. In automated systems and geo-information system, geometric information is also separated from semantic information.

7. Conclusion

Cadastre information support is a complex technological system that includes technologies, computations, systematization and legal identification. As of today, cadastre information support has not yet been put together into a comprehensive system. There are many uncoordinated organizational, technological and computation provisions. Cadastral information is an informational foundation of cadastre support. Cadastre information support includes different information types which are not referred to cadastral information, such as geodesic, topographic, economic, town-planning and other types of information. They differ in scope, qualitative content, manner of placement of their data. Cadastre information support is connected with other information types. Diversity of forms and regulatory requirements for other information types creates difficulties for their coordinated use and is an obstacle for effective application of cadastral information.

References

1. Douglas C. H. Small island states and territories: sustainable development issues and strategies—challenges for changing islands in a changing world // Sustainable Development. – 2006. – V. 14. – №. 2. – p. 75-80.
2. Tsvetkov V.Ya., Oznamets V.V. Analysis of sustainable development of territories // ITNO: Information technologies in science, education and management. 2018. № 1. P. 48-53. (in Russian)
3. Varlamov, A. A. State Cadastre of Real Estate. - Moscow. : Kolos, 2012. - 679 p. - 679 p. (in Russian)
4. Giniyatov, IA On the classification of documents of the state cadastre of real estate // Vestnik SSGA. - 2012. - № 17. - p. 85-87. (in Russian)
5. On the approval of the procedure for maintaining the state cadastre of real estate: the order of the Ministry of Economic Development of Russia from No. 42 (as amended on January 20, 2013). - Access mode: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_180428. (in Russian)
6. Kondrakova SA, Dolgirev AV Cadastral errors and ways of their correction // Cadastre of real estate and monitoring of natural resources. - 2015. - P. 45-49. (in Russian)
7. Gospodinov SG, Tsvetkov V.Ya., Oznamets VV, Selmanova N.N. Modeling under geodetic support of a cadastre // ITNOU: Information technologies in a science, formation and management. 2018. № 1. P. 40-47. (in Russian)
8. The Concept of the Federal Target Program "Development of a Unified State Registration System of Rights and Cadastre Registration of Real Estate (2014 - 2019)", Order of the Government of the Russian Federation of June 28, 2013 № 1101- p and Resolution of the Government of the Russian Federation of 10.10.2013 № 903. - Access mode: <https://rosreestr.ru/upload/Doc/17-upr/> (in Russian)

9. Tsvetkov V.Ya. State regulation of land and property relations. - Moscow: МИИТ, 2014. – 140p. (in Russian)
10. Savinykh V.P., Solovyev I.V., Tsvetkov V.Ya. Development of National Infrastructure of Spatial Data Based on Development of Surveying and Mapping Database of the Russian Federation // Journal of Higher Education Institutions. Geodesy and Aerial Photography. – 2011. – No. 5. – pp. 85-91. (in Russian)
11. Mayorov A.A., Tsvetkov V.Ya. Storage and Protection of Cadastral Information Resources. – Moscow, Moscow State University of Geodesy and Cartography, 2009. – 126 pp. (in Russian)
12. Geodesy, cartography, geoinformatics, cadastre: Encyclopedia. In 2 x t. / Ed. A.V. Borodko, V.P. Savinykh. - M.: OOO Geodezkartizdat, 2008. - T. I - 496 p. (in Russian)



ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАДАСТРА

Цветков В.Я.

Доктор технических наук, профессор, заместитель руководителя, Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте (НИИАС)

Адрес: 109029 Москва, Нижегородская ул., 27 стр. 1. Москва, Россия

E-mail: cvj2@mail.ru

Аннотация: Статья исследует информационное обеспечение кадастра. Статья раскрывает содержание одной из основных функций кадастра - информационной функции. Информационная функция кадастра требует информационной поддержки. Важность информационного обеспечения кадастра состоит в двух факторах: обеспечении кадастровых работ и последующем формировании информационного содержания кадастра. Информационное обеспечение кадастра раскрывается как совокупность технологий и данных, полученных в результате кадастровых работ. Информационное обеспечение кадастра включает технологическое обеспечение и информационное наполнение кадастровыми данными. Информационное обеспечение кадастра включает нормативную документацию. Информационное обеспечение кадастра требует периодической актуализации, что обусловлено изменением законов и нормативов. Современное состояние государственного кадастра недвижимости характеризуется большими по объему и разнообразными по качеству сведениями о кадастровых объектах. Эта информационная ситуация создает проблему Big Date. В этой связи многократно возрастает роль информационного обеспечения государственного кадастра недвижимости. Информационное обеспечение для земельных ресурсов выполняет три основные задачи: технологическую, информационную, юридическую. Технологическая задача обеспечивает выполнение технологий по сбору межеванию и инвентаризации. Информационная задача обеспечивает учет и ведение сведений по кадастру. Она осуществляет поддержку землеустройства для принятия конкретных управленческих решений по организации рационального использования и охраны земли. Юридическая задача обеспечивает информационную поддержку юридического и экономического механизмов регулирования земельных отношений. Статья описывает структурную схему получения кадастровой информации. Схема получения кадастровой информации содержит три качественных уровня. Показан механизм формирования кадастровой информации. Описаны кадастровые документы, которые составляют основу информационного обеспечения. Описаны особенности создания и использования кадастровых карт. Показана связь кадастровой информации с землеустроительной информацией. Статья описывает три фонда в системе землеустройства, которые нарушают целостность информационного обеспечения в этой области. Эти фонды: государственный кадастр недвижимости, информационная система обеспечения градостроительной деятельности, государственный фонд данных землеустройства. Статья раскрывает отношения территориальной среды и предметной собственности. Статья описывает особенности кадастровой информации.

Ключевые слова: Arctic territories, polar geography, geoinformation analysis, complex processing, data integration, information resources.

© Цветков В.Я., 2018

МОДЕЛИРОВАНИЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ТЕРРИТОРИЙ

Ознамец В.В.

Кандидат технических наук, заведующий кафедрой Московского государственного университета геодезии и картографии (МИИГАиК)

Адрес: Россия, 105064, Москва, Гороховский пер, 4,
E-mail: voznam@bk.ru

Аннотация. Статья описывает моделирование ситуаций развития территорий с использованием одной структурной и двух математических моделей. В качестве основы анализа использована оценка наличия и применения ресурсов. Статья раскрывает значение ресурсов разного рода для развития территории. Статья показывает зависимость развития территории от размещений ресурсов. Статья доказывает влияние размещения ресурсов на эффективность развития территорий. Дается структурная модель развития территории, которая учитывает ресурсы, производство и факторы их размещения. Структурная модель служит основой применения математических моделей. За основу моделирования приняты две математические модели из других предметных областей. Первая модель - это модель Лотки-Вольтерры из области борьбы за существование. В рамках развития территорий она адаптирована к параметрам «продукция» - «потребитель». В основе анализа использована теория В.И. Арнольда о «мягком управлении». В модель Лотки-Вольтерры вводятся возмущающие параметры, которые отражают конкуренцию и колебания рынка. Конкуренция и колебания рынка влияют на производство, на потребление ресурсов и в целом на развитие региона или территории. Применение возмущающих воздействий приводит к трем сценариям развития территорий. Первый сценарий развития территории – устойчивое развитие. Вторым сценарий – неустойчивое развитие и развал региональной системы. Третий сценарий развития территории, согласно данной модели, колебательный. Он включает периодическое отклонение от равновесия региональной системы и возврат к нему. Устойчивое развитие территорий связано с различными видами ресурсов, которые эта территория имеет. Динамика расхода ресурсов также влияет на устойчивое развитие региона. Вторым моделью анализа является логистическая модель выпуска продукции, с учетом потребления ресурсов. Даны сценарии изменения региональной системы на основе этой модели. Показано, что динамика развития и функционирования региональной системы зависит от наличия ресурсов и скорости их потребления. Логистическая модель развития территории дает два сценария развития. Первый сценарий означает устойчивое развитие региона. Вторым сценарий означает деградацию региональной системы. Отмечены обобщенные критерии устойчивости развития территорий. Статья формулирует условие устойчивого развития региона. Любая модель регионального развития должна быть исследована на воздействие возмущающих факторов. Для устойчивого развития территории расход ресурсов для производства должен находиться в определенных рамках, «не больше и не меньше». Статья доказывает, что размещение производства и ресурсов является латентным фактором, который влияет на эффективность производства и устойчивое развитие территории.

Ключевые слова: управление территорией, устойчивое развитие, ресурсный анализ, модель Лотки-Вольтерры, логистическое уравнение, сценарии развития.

Введение

Вопросы устойчивого развития региона являются составной частью развития государства [1-3]. Устойчивое развитие требует применения специальных методов управления и анализа развития территории. Эти методы способствуют устойчивому социально-экономическому развитию территории, создают социальную защиту населения и стабилизируют уровень его потребления. Устойчивое развитие территории определяется устойчивостью развития его основных производств. Устойчивость развития

производства означает виду его способность противостоять воздействиям, которые могут привести к спаду производства. Развитие производства и его эффективность зависят от эффективного использования и размещения ресурсов и средств их переработки и использования. Таким образом, задача устойчивого развития региона или территории связана с эффективностью размещения производств и ресурсов в регионе. Это обуславливает проведение пространственного анализа для оценки устойчивого развития региона.

Теория размещения.

Более двух столетий решаются задачи рационального размещения ресурсов. Теория размещения производства [4], является частью региональной экономики. Эта теория решает задачи где и почему какая хозяйственная деятельность находится там, где и почему, и базируется на принципе, что фирмы выбирают месторасположения, которые будут максимизировать их прибыль, а частные лица выбирают те места, которые максимизируют собственную полезность. Одним из первых теорию рационального размещения и производства (1826 г.) начал разрабатывать Иоганн фон Тюнен рис.1 [4]. Его основная идея состояла в росте цен по мере приближения к центру потребления. Благодаря ему появился термин «кольца Тюнена», который характеризовали радиальную функцию стоимости (рис.1). Также благодаря его идеям появился термин «сельскохозяйственный штандорт», который отражал радиальную зависимость относительно центра потребления. Развитием теории размещения послужили работы Вильгельма Лоунхардта (1885г). Его знаменитый треугольник Лоунхардта [4] или «Рациональный штандорт» применяют до настоящего времени.

В. Лоунхардт учел ряд закономерностей и нарушил однородную модель Тюнена. Он принял во внимание, что производство скоропортящихся, тяжелых и объемных продуктов будет располагаться вблизи города. Он учел, что производство металлов связано с сырьем для сталелитейной промышленности. Он учел, что энергозатратное производство будет располагаться рядом с источником энергии.

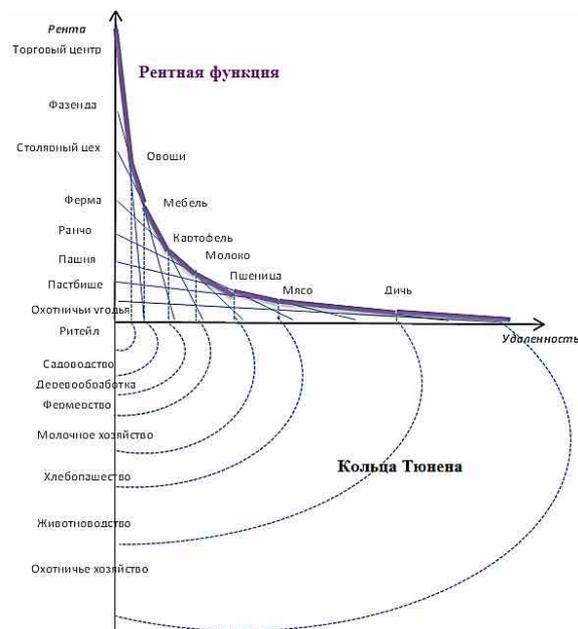


Рис.1. Теория сельскохозяйственного производства на основе теории Тюнена [4]
 Fig.1. Theory of agricultural production on the basis of the theory of Tünen

Принимая во внимание три основных фактора он построил знаменитый треугольник (рис.2) .

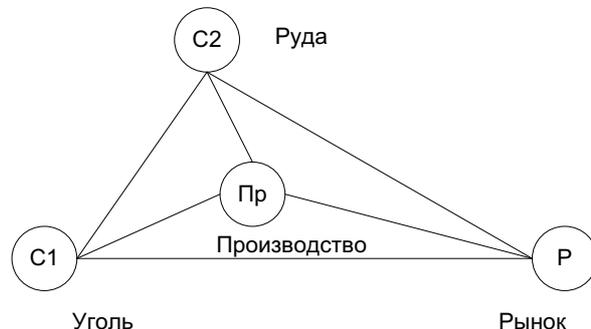


Рис.2. Треугольник Лоунхардта
 Fig.2. Launhardt's triangle

Треугольник включает сырье 1 – уголь (С1), сырье 2 - руда (С2), рынок (Р) и производство (Пр). Дальнейшее развитие модели Лоунхардта осуществил Альфред Вебер, хотя принципиально ничего не внес в эту тринитарную модель [5]. Основная задача при построении треугольника – минимизировать затраты для размещения производства. Следует также отметить что в треугольнике С1-С2-Р существует другой важный

треугольник С1-С2-Пр, который также требует решения задачи размещения. На этих двух примерах видна важность размещения ресурсов для развития территории.

Структурная модель управления.

Для анализа устойчивого развития территорий и последующего моделирования можно использовать простую схему на рис.3. Целью управления является проблема развития территории. Она может быть поставлена внешней системой или быть внутренней. Для решения проблемы руководящий аппарат формирует план решения. При этом в его распоряжении имеются ресурсы: Ч -человеческие, Ф -

финансовые ресурсы и производство, в котором главную роль играет треугольник С1-С2-Пр. Производство на основе имеющихся ресурсов выдает результата, который частично идет на восполнение ресурсов, частично на рынок для развития региона. В этом месте следует отметить, что результат региональной деятельности имеет двойственный характер и это уже ставит задачу адекватного распределения результатов производства

Устойчивость производства территориально комплекса определяется обеспечением поддержанием стабильности потоков приведенных на рис.1.

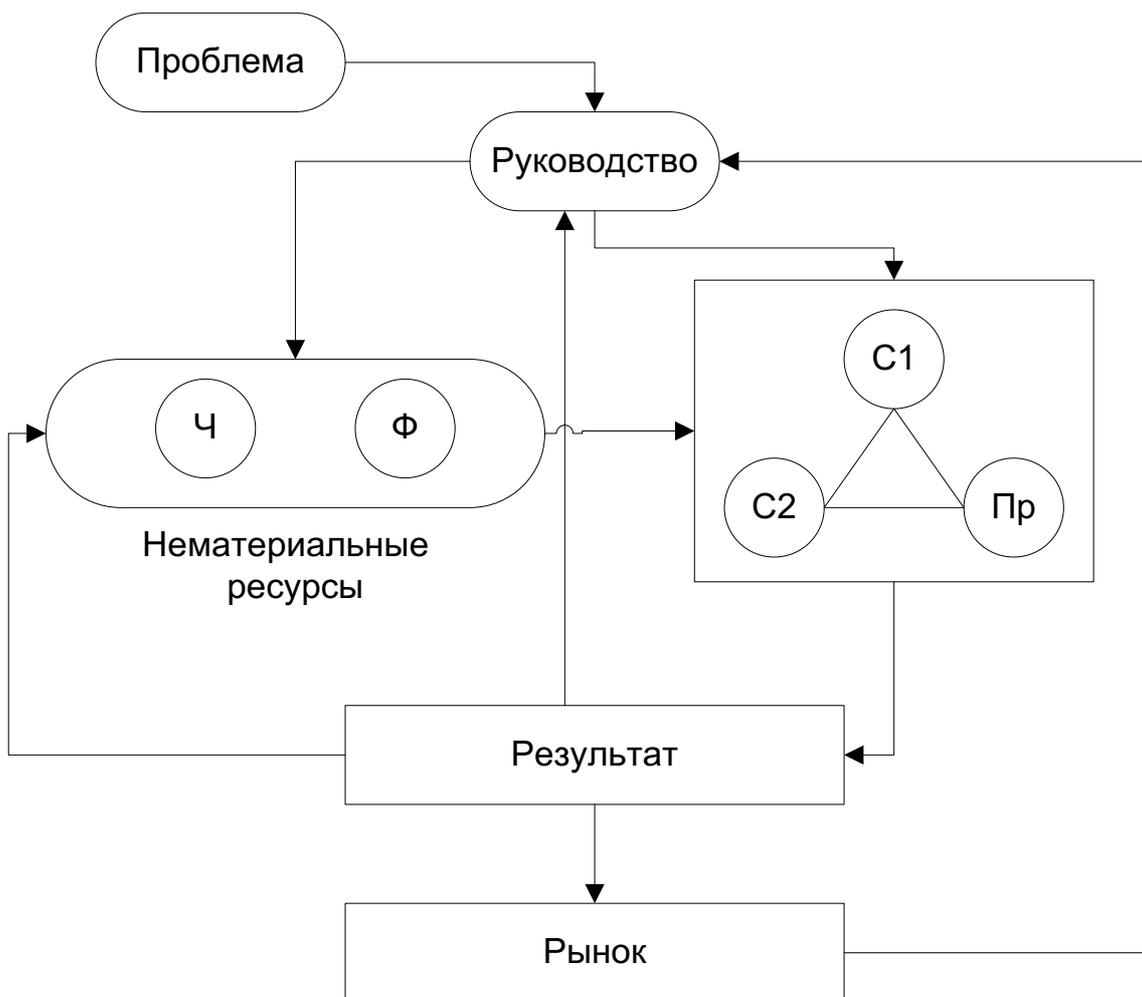


Рис.3. Структурная модель управления территорией
Fig. 3. Structural model of territory management

Как следует из модели на рис.3 устойчивость развития региона зависит от уровня финансирования, наличия ресурсов и эффективности производства. На эффективность производства влияет размещение ресурсных и производственных центров. В современной теории инновационного развития эти центры называют «полюсами развития». Высокий уровень самообеспеченности территории является основой для устойчивости социально-экономического развития территории.

Математические модели

Модель на рис.3 связана с рынком продукции и потребителями. Поэтому в качестве первой модели устойчивости развития территории можно использовать отношения между этими показателями. В качестве математической модели можно взять модель Лотка Вольтерра [6, 7] – модель борьбы за существование. Она выражается в виде двух дифференциальных уравнений.

$$\frac{dx}{dt} = ax - cxy \quad (1)$$

$$\frac{dy}{dt} = -by + dxy \quad (2)$$

В уравнениях (1), (2) x - число единиц продукции, y - число потребителей продукции. Постоянная a описывает скорость прироста продукции в отсутствие потребителей, постоянная b описывает отток потребителей при отсутствии продукции. Вероятность взаимодействия продукции и потребителя пропорциональной их количеству (xy) и отражается константами c, d . Каждый акт взаимодействия уменьшает «популяцию» продукции, но увеличивает «популяцию» потребителей. Математический анализ

этой модели [8] показывает, что имеется стационарное состояние (A) (рис. 4), всякое другое гое начальное состояние (B) приводит к периодическому колебанию численности как продукции и потребителей так что по прошествии некоторого времени система возвращается в состояние A .

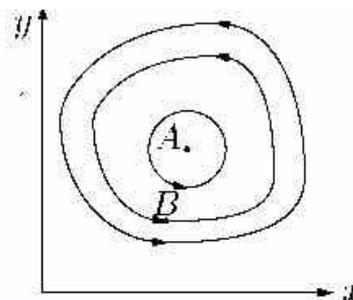


Рис.4. Модель условно устойчивого развития при балансе потребителей и продукции

Fig. 4. The model of conditionally stable development in the balance of consumers and products

Возможно наличие внешних возмущений, что приводит к добавлению в правые части (1), (2) возмущающих воздействий

$$\frac{dx}{dt} = ax - cxy + \delta f(x, y)$$

$$\frac{dy}{dt} = -by + dxy + \delta g(x, y)$$

Здесь $\delta \ll 1$. Возмущающие воздействия отражены функциями f и g , которые учитывают, например, конкуренцию или колебания рынка. В результате вывод о периодичности и возвращении системы в исходное состояние A теряет силу. В зависимости от вида малых поправок f и g , возможны разные сценарии. Основных сценариев три. Первый сценарий - устойчивое развитие, когда поправки не оказывают существенного влияния на ситуацию рис.4. Второй сценарий - это развал системы рис.5.

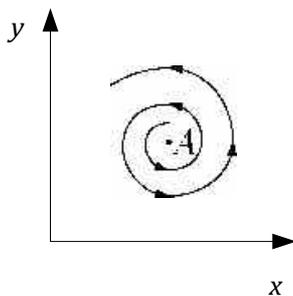


Рис. 5. Сценарий разрушения системы
Fig.5. Scenario of system failure

В этом случае воздействия f и g разбалансируют систему и выводят ее из устойчивого состояния. Третий сценарий связан с ее колебанием. В этом случае воздействия f и g периодически разбалансируют систему и на время выводят ее из устойчивого состояния. Но система находит ресурсы и возвращается в состояние устойчивости.

Для заключения о том, какой из сценариев реализуется в данной системе управления, необходима дополнительная информация о возможных возмущениях f и g . Без этой информации условно устойчивая модель может привести к качественно ошибочным предсказаниям.

Главный вывод состоит в том, что после построения любой модели управления или модели сбалансированного развития региона необходимо оценить ее устойчивость на основе дополнительных возможных возмущающих воздействий, который в свою очередь, оцениваются на основе рисков для данной территории. Риски оцениваются на основе информации о ситуации в регионе. Отсутствие информации создает информационную асимметрию между реальностью и планами. Информационная асимметрия о ситуации влечет рост рисков [9].

Можно обобщить вывод и постулировать, что любая модель управления в открытой системе является условно устойчивой. Для

анализа ее устойчивости необходимо исследовать воздействие возможных действий внешней среды на состояние территории. Доверять выводам, сделанным на основании условно устойчивой модели, можно лишь тогда, когда они подтверждаются исследованием их структурной устойчивости. Поэтому упрощенная модель (1), (2) не отражает всех особенностей регионального развития.

Для анализа устойчивости воспользуемся еще одной моделью, которую называют логистической. В теории эволюции логистическое уравнение описывает [10], как эволюционирует популяция из N особей с учетом рождаемости, смертности и количества ресурсов, доступных данной популяции. В региональном управлении можно построить подобное уравнение, описывающее развитие территории, которое также является логистическим уравнением. Оно описывает, как эволюционирует территория производящая продукцию P (рис.6) с учетом количества ресурсов, их пополнения и истощения. Такое логистическое уравнение можно представить в виде

$$\frac{dP}{dt} = cP(K - P) - kP \quad (3)$$

В выражении (3) c и k — параметры пополнения и истощения ресурсов, K — ресурсная емкость территории как системы [11]. Выражение (3) относительно производной P' является параболическим и имеет два корня (рис.6), которые будут определять область устойчивости. Во многих приложениях величину упрощенно A полагают равной 0. Соответственно, логистическая кривая имеет упрощенный вид и ее нижняя граница соответствует горизонтальной оси координат. В более общем случае A задает нижнюю асимптотическую границу.

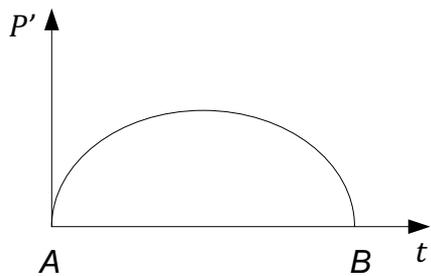


Рис.6. Область устойчивости развития
Fig.6. Area of sustainability of development

При любом исчерпании ресурсов система развития территории выходит на асимптотическое значение $B=K-k/c$, (рис.5), зависящее от разности между ресурсной способностью среды и отношением постоянных истощения и пополнения ресурсов. При достижении этого стационарного значения (рис.7) прекращается развитие территории она находится в состоянии в каждый момент времени возникает столько ресурсов, сколько их исчезает.

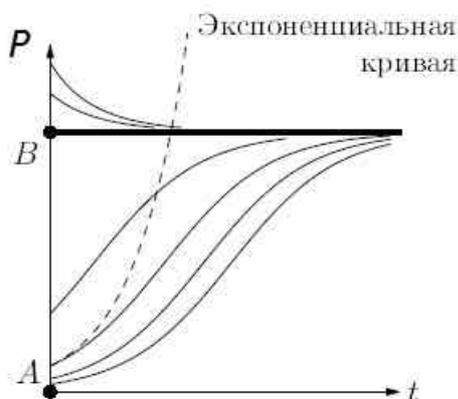


Рис.7. Логистическая кривая
Fig. 7. Logistic curve

На рис.7 граница A условно смещена от нулевой линии. Существует возможность представления логистической модели в дискретном виде. Такое дискретное логистическое уравнение представимо в виде [10]

$$P_{i+1} = P_i (1 + c (1 - P_i / K)), \quad (4)$$

где P_i и P_{i+1} — популяции с интервалом в один год (членом, учитывающим

истощение, пренебрегаем). Р. Мэй [12], а также В.И. Арнольд [8] обратили внимание на особенность таких уравнений. Несмотря на простоту, выражения (3), (4) допускают много решений.

При значениях параметра $0 < c < 1/4$ [8] (рис.8) в дискретном случае так же, как и в непрерывном, наблюдается монотонное приближение к равновесию. Существуют две асимптоты области устойчивого развития до полного истощения ресурсов.

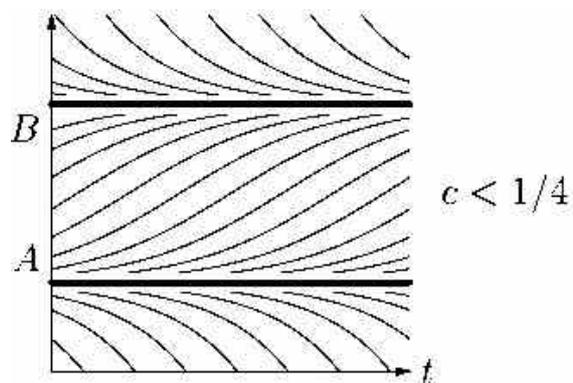


Рис.8. Асимптотическое развитие региона до истощения ресурсов
Fig.8. Asymptotic development of the region to depletion of resources

В принципе этот сценарий развития приемлем, поскольку для продолжения любого развития необходимо пополнение ресурсов. При значениях параметра $c > 1/4$ [8] (рис.9) территориальная система деградирует и разрушается подобно рис.5.

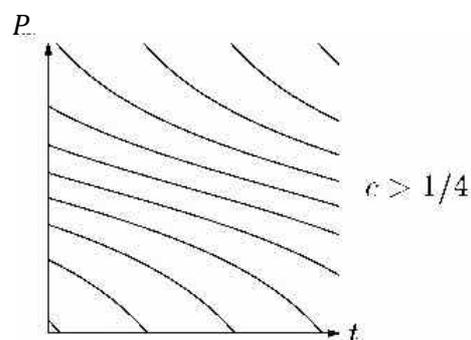


Рис.9. Деградация системы
Fig. 9. Degradation of the system

Рассмотренные параметры являются условными и качественными. В реальной практике величина (c) определяется условиями развития региона. В данном моделировании показаны различные виды сценариев развития региона в зависимости от ресурсов и скорости их потребления.

Однако из этого следует вывод, стремясь к увеличению интенсивности развития территории, планирующая организация не должна превосходить критический уровень потребления ресурсов (в нашем случае $c = 1/4$).

Простой пример, можно выплачивать зарплату раз в неделю, раз в две недели (во многих зарубежных странах такая практика), раз в месяц и раз в год. Выплата заработной платы раз в год соответствует самому скоростному режиму расхода ресурсов, но она приведет к развалу системы. Деньги будут истрачены за короткое время, затем начнется кризис рынка и покупателя, что изображено на рис 5. Следовательно, отсутствие анализа параметров плана и не исследование динамики развития территории, при разном расходе ресурсов, может приводить к полной деградации этой системы вследствие возникающей неустойчивости.

Заключение

В настоящее время понятие «устойчивое развитие территорий» находится в дискуссионном состоянии. Несмотря на очень большое количество работ в этом направлении, отсутствует четкая формулировка, выраженная через параметры и математические модели. То, что устойчивое развитие регионов служит основой устойчивого развития страны, признается всеми. Но отсутствие стандартизированной методологии оценки устойчивого развития территорий приводит к многочисленным и противоречивым точкам зрения. Можно констатировать,

что при анализе устойчивого развития территорий, необходимо применять системный подход и рассматривать в виде единой системы общественно-хозяйственную деятельность, экологическую сферу и социальную сферу. При оценке развития территорий необходимо принимать во внимание в первую очередь наличие и состояние ресурсов разного вида: природные ресурсы, человеческие ресурсы, финансовые ресурсы и технические ресурсы. Устойчивое развитие предполагает пополнение всех видов ресурсов, а также сбалансированность связей между ними.

Методологическая проблема устойчивого развития территорий состоит в проведении всестороннего анализа функционирования региональной системы. Такая система должна рассматриваться как открытая, то есть подверженная влиянию внешних факторов. Под влиянием внешних факторов открытая система способна к развитию и деградации. Это предстоит установить в процессе анализа. Для анализа необходимо применять динамические модели развития региона, учитывающие потребление и запасы ресурсов, а также скорость потребления ресурсов. Такие модели связаны с дифференциальными уравнениями. Это позволит исследовать возможные вариации условий функционирования территории, что позволит сделать вывод об устойчивом или не устойчивом развитии.

Литература

1. Хайруллов Д. С., Еремеев Л. М. Проблемы устойчивости социально-экономического развития региона // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2012. – Т. 7. – №. 1. – С. 73-76.
2. Подпругин М. О. Устойчивое

развитие региона: понятие, основные подходы и факторы // Российское предпринимательство. – 2012. – №. 24. - с.214-221.

3. Ознамец В.В. К вопросу о финансировании обновления фондов геодезических предприятий // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка.– 2000.– №4.– С. 87–92.
4. Лимонов Л.Э. Региональная экономика и пространственное развитие/ - М.: Издательство Юрайт, 2014 - 381с .
5. Цветков В.Я. Триада как интерпретирующая система. // Перспективы науки и образования. - 2015. - №6. - с.18-23.
6. Lotka A. Elements of Physical Biology. Baltimore, 1925. Reprinted by Dover in 1956 as Elements of Mathematical Biology.
7. Вольтерра В. Математическая теория борьбы за существование / Пер. с франц. М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1976. 288 с.
8. Арнольд В. И. «Жесткие» и «мягкие» математические модели. — М.: МНИМО. 2004. — 32 с. ISBN 5-94057-134-4.
9. Tsvetkov V. Ya. Information Asymmetry as a Risk Factor // European researcher. Series A. 2014, Vol.(86), № 11-1, pp. 1937-1943.
10. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса: Новый диалог человека с природой: Пер. с англ./ Общ. ред. В. И. Аршинова, Ю. Л. Климонтовича и Ю. В. Сачкова. — М.: Прогресс, 1986.— 432 с.
11. V. Ya. Tsvetkov, Resource Method of Information System Life Cycle Estimation // European Journal of Technology and Design . – 2014. - Vol.(4), № 2, pp.86-91.
12. May R. Simple Mathematical Models with very Complicated Dynamics. Nature, 1976, vol. 261, p. 459-467

References

1. Hajrulloev D. S., Ereemeev L. M. Problemy ustojchivosti social'no-jekonomicheskogo razvitija regiona //Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2012. – Т. 7. – №. 1. – S. 73-76.
2. Podprugin M. O. Ustojchivoe razvitie regiona: ponjatie, osnovnye podhody i faktory //Rossijskoe predprinimatel'stvo. – 2012. – №. 24. - s.214-221.
3. Oznamec V.V. K Voprosu o finansirovanii obnovlenija fondov geodezicheskijh predpriyatij // Izvestija vysshijh uchebnyh zavedenij. Geodezija i ajerofotos#emka.– 2000.– №4.– S. 87–92.
4. Limonov L.Je. Regional'naja jekonomika i prostranstvennoe razvitie/ - М.: Izdatel'stvo Jurajt, 2014 - 381s .
5. Tsvetkov V. Ya. Triada kak interpretirujushaja sistema. // Perspektivy nauki i obrazovanija. - 2015. - №6. - s.18-23.
6. Lotka A. Elements of Physical Biology. Baltimore, 1925. Reprinted by Dover in 1956 as Elements of Mathematical Biology.
7. Volterra V. Matematicheskaja teorija bor'by za sushhestvovanie / Per. s franc. М.: Nauka, Glavnaja redakcija fiziko-matematicheskoi literatury, 1976. 288 s.
8. Arnold V. I. «Zhestkie» i «mjagkie» matematicheskie modeli. — М.: MNIMO. 2004. — 32 s. ISBN 5-94057-134-4.
9. Tsvetkov V. Ya. Information Asymmetry as a Risk Factor // European researcher. Series A. 2014, Vol.(86), № 11-1, pp. 1937-1943.
10. Prigozhin I., Stengers I. Porjadok iz haosa: Novyj dialog cheloveka s pri-rodoj: Per. s angl./ Obshh. red. V. I. Arshinova, Ju. L. Klimontovicha i Ju. V. Sachkova. — М.: Progress, 1986.—432 s.
11. V. Ya. Tsvetkov, Resource Method of Information System Life Cycle Estimation // European Journal of Technology and Design . – 2014. - Vol.(4), № 2, pp.86-91.
12. May R. Simple Mathematical Models with very Complicated Dynamics. Nature, 1976, vol. 261, p. 459-467.



MODELING OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF TERRITORIES

Oznamets V.V.

PhD, Professor, Head of the department, Moscow State University of Geodesy and Cartography (MIIGAiK)

Address: Gorochovsky line, 4. Moscow, 105064, Russia**E-mail:** voznam@bk.ru

Abstract. *The article describes the modeling of situations of development of territories using one structural and two mathematical models. An assessment of the availability and use of resources was used as a basis for the analysis. The article reveals the importance of resources of all kinds for the development of the territory. The article shows the dependence of the development of the territory on the allocation of resources. The article proves the influence of allocation of resources on the effectiveness of development of territories. The structural model of territory development is given, which takes into account resources, production and factors of their location. The structural model serves as a basis for the application of mathematical models. Two mathematical models from other subject areas are used as a basis for modeling. The first model is the Lotka-Volterra model from the field of struggle for existence. Within the framework of the development of the territories, it is adapted to the parameters "products" - "consumer". The analysis is based on the theory of VI. Arnold about "soft governance." The Lotka-Volterra model introduces disturbing parameters that reflect competition and market fluctuations. Competition and market fluctuations affect production, resource consumption and, in general, the development of a region or territory. The use of disturbing effects leads to three scenarios for the development of territories. The first scenario of development of the territory is sustainable development. The second scenario is the unsustainable development and disintegration of the regional system. The third scenario for the development of the territory, according to this model, is oscillatory. It includes a periodic deviation from the equilibrium of the regional system and a return to it. Sustainable development of the territories is associated with various types of resources that this territory has. The dynamics of resource consumption also affects the sustainable development of the region. The second model of analysis is the logistic model of output, taking into account the consumption of resources. Scenarios for changing the regional system based on this model are given. It is shown that the dynamics of development and functioning of the regional system depends on the availability of resources and the speed of their consumption. The logistical model of territory development gives two scenarios of development. The first scenario means sustainable development of the region. The second scenario means the degradation of the regional system. The generalized criteria for the sustainability of the development of territories are noted. The article formulates the condition for sustainable development of the region. Any model of regional development should be investigated for the impact of disturbing factors. For sustainable development of the territory, the consumption of resources for production must be within certain limits, "no more and no less". The article proves that the location of production and resources is a latent factor that affects the efficiency of production and the sustainable development of the territory.*

Key words: Territory management, sustainable development, resource analysis, Lotka-Volterra model, logistic equation, development scenarios.

© Ознамец В.В., 2018

КОГНИТИВНАЯ КАРТА КАК ИНСТРУМЕНТ ОЦЕНКИ НЕДВИЖИМОСТИ

Цветков В.Я.	Сельманова Н.Н.
Доктор технических наук, профессор, Московский технологический университет (МИРЭА)	Старший преподаватель, Московский государственный университет геодезии и картографии (МИИГАиК)
Адрес: 119454, Москва Проспект Вернадского, 78 E-mail: cvj2@mail.ru	Адрес: 105064, Москва, Гороховский пер., 4 E-mail: cvdisser@list

***Аннотация.** Статья описывает методы применения когнитивных карт для решения задач кадастра. Описаны условия применения когнитивных карт в области кадастра. Статья раскрывает механизм когнитивных карт. Когнитивная карта рассматривается как альтернатива технологической схеме, которую применяют в четких условиях с ограниченной информацией. Когнитивные карты как механизм относительно устойчивы во времени и легко модифицируются. Это определяет их преимущество по адаптивности по сравнению с технологическими схемами. Статья дает анализ видов когнитивных карт и выделяет два способа их применения дескриптивный и прескриптивный. Статья описывает основные объекты, которые используют при построении когнитивных карт: концепт, паттерн и информационная ситуация. Показана связь и различие между концептом и паттерном. Статья описывает топологическую модель когнитивной карты – ориентированный граф. Показано отличие топологической схемы когнитивной карты от обычных графов. Статья показывает различие между слабо-формализованными когнитивными картами и формальными когнитивными картами. Описаны условия применения когнитивных карт этих видов. Статья описывает нечеткие когнитивные карты и условия их применения. Приведены примеры когнитивных карт для риэлтерской фирмы, для технологии межевания и для технологии оценки недвижимости. Статья проводит сравнение обычной технологии оценивания недвижимости и с технологией оценивания недвижимости на основе когнитивной карты. Когнитивная карта позволяет учитывать взаимное влияние факторов оценки. Когнитивная карта позволяет учитывать взаимное влияние этапов технологии оценивания. Статья отвечает возможность когнитивных карт к саморазвитию. Это делает применение когнитивных карт адаптивным механизмом в сравнении с детерминированными технологиями. Когнитивная карта является инструментом накопления опыта и знания.*

***Ключевые слова:** кадастр, оценка недвижимости, когнитивные карты, технологии оценивания, управление недвижимостью.*

Введение

В практике управления принятия решений в условиях нечеткой или объемной информации все чаще применяют когнитивные карты [1-4] как средство решения задач в этих ситуациях. Когнитивную карту применяют как альтернативу детерминированной технологической схеме. Технологическую схему для реализации решений можно применить в условиях четкой, структурированной информации небольшого объема. Термин небольшой объем определяет такие порции информации, которые обладают когнитивными свойствами: обзорности, воспринимаемости и интерпретируемости [5]. В ситуации, для которой существуют условия не обзорности, не воспринимаемости [6], не структурированности [7], нечеткости

- для принятия решений применяют когнитивные карты. Ульрих Найссер использует термин «ориентировочная схема» как синонимом «когнитивной карты», чтобы подчеркнуть, что это активная модель, направленная на поиск решения. «Когнитивные карты определяются сбором информации и действием, а не вербальным описанием» [8]. В ходе применения и исследования выяснилось, что когнитивные карты относительно устойчивы во времени и легко модифицируются. Это делает их удобным адаптивным средством принятия решений в изменяющихся и не повторяющихся условиях.

Механизм действия когнитивных карт

Считают, что термин «когнитивная карта» введен Э. Толменом [9]. Позже с использованием этого понятия Р.

Аксельродом [10] был введен термин «когнитивное моделирование». Когнитивные карты по-разному трактуются у разных авторов [11]. Это обусловлено разным целевым назначением когнитивных карт и разными акцентами при их построении. Например, говорят о причинно-следственных картах [12]. В ряде работ такие карты относят к причинно-следственным схемам или схемам импакт анализа, в которых дается логическое или математическое описание причинно-следственных отношений [13]. Когнитивные карты трактуют как концептуальные карты с фиксированным типом причинно-следственных связей [14, 15]. Когнитивные карты применяют: в концептуальном моделировании, в моделировании динамики слабоструктурированных ситуаций, при решении стратегических проблем [16]. Выделяют два подхода [17] применения когнитивных карт: прескриптивный (процессуальный) и дескриптивный (описательный) [18].

Основными понятиями в области когнитивного моделирования [5] и применения когнитивных карт являются концепт, паттерн и информационная ситуация. Это описывает упрощенную модель применения когнитивных карт. Концепты, образующие предметную область, по отдельным своим признакам вступают в системные отношения сходства, различия и иерархии с другими концептами. Они представляют собой общее концептуальное понятие. Концепт является носителем знания и общего понятия в предметной области.

Паттерн – реализация концепта в конкретной информационной ситуации. Паттерн является носителем опыта, частного эмпирического знания и частным понятием для конкретной ситуации. Паттерн есть реализация концепта как информационная единица, закрепленная символически в

целях накопления опыта. Паттерн — форма, образец, который создает субъект. Концепт и паттерн служат основой построения вершин когнитивной карты и могут использоваться совместно или отдельно. Чем больше конкретики, тем больше используются паттерны. Чем меньше конкретики, тем больше концептов, то есть обобщенных понятий.

Информационная ситуация – это область применения когнитивной карты. Когнитивную карту применяют не во всей предметной области, а только в ее части, которую описывает информационная ситуация. Информационная ситуация является видом сложной информационной модели [19-21]. Применение информационной ситуации связывает когнитивную карту с областью информационного анализа. Информационная ситуация отражает семантическую составляющую когнитивной карты.

Существует более сложный подход построения когнитивных карт в котором применяю понятия семантического ядра, «не-факторов» [22] и модель информационной конструкции [23]. Но это применяют для сложных объемов данных и слабо структурированных информационных массивов. Для задач кадастра достаточно применения трех понятий: концепт, паттерн, информационная ситуация.

В аспекте формализации выделяют слабо-формализованные когнитивные карты (СФКК) [1, 14] и формальные когнитивные карты (ФКК). СФКК используют: для формирования общего представления о ситуации; для сравнительного анализа точек зрения субъектов относительно некоторой ситуации; для понимания механизмов выработки решений. ФКК применяют для анализа и моделирования слабоструктурированных ситуаций,

источником знаний о которых служат правдоподобное знание субъекта.

Топологической основой (топологической моделью) для обеих методов построения когнитивной карты служит ориентированный граф. Вершины графа соответствуют концептам или паттернам, дуги графа интерпретируются как прямые причинные влияния между элементами. На рис.1 приведен пример ФКК для риэлтерской фирмы. Эта карта характеризует деятельность фирмы в зависимости от условий и факторов. Реальная деятельность включает большее число параметров и факторов. Поэтому данную когнитивную карту можно рассматривать как обобщенную функциональную схему организации, которую применяют для оперативного анализа ситуаций.

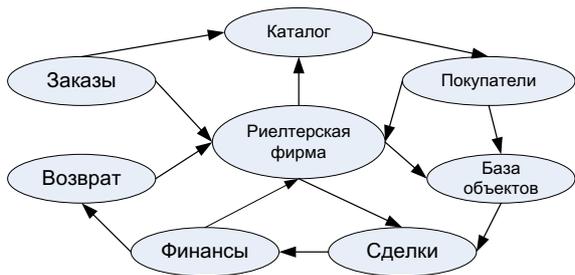


Рис.1. Структура риэлтерской фирмы в виде когнитивной карты
Fig.1. The structure of a real estate firm in the form of a cognitive map

Кроме того, в топологическую модель включают некоторые параметры такие, как знак влияния (как для ФКК, так и для СФКК) или сила влияния. На основе СФКК развиваются методы построения, анализа и сравнения карт на базе теории графов. Когнитивная карта может быть описана как граф

$$G = \langle V, A, F \rangle$$

где V – множество вершин (концептов). A – множество дуг (связей); $F = \{+ -\}$ – множество типов связей между концептами. При положительной связи

усиление концепта причины X приводит к усилению концепта следствия Y

$$X \uparrow \rightarrow Y \uparrow$$

При отрицательной связи усиление концепта причины X приводит к ослаблению концепта следствия Y

$$X \uparrow \rightarrow Y \downarrow$$

На рис.2 приведен пример СФКК [24] с выделением типов связей F

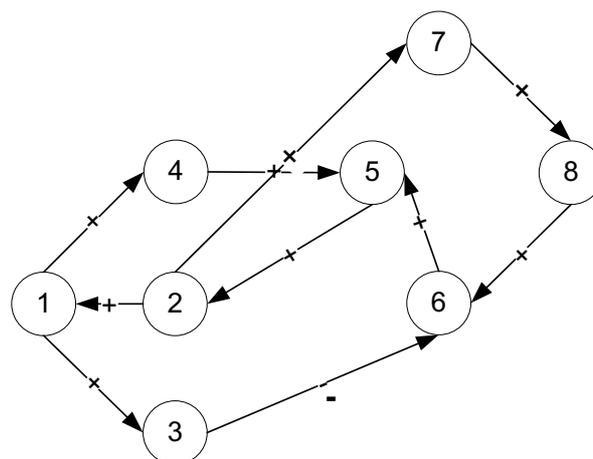


Рис. 2. Когнитивная карта информационной ситуации в виде СФКК.

Fig.2. Cognitive map of the information situation in the form of a poorly formalized map

Цифрами обозначенные взаимодействующие факторы. Под номером 1 обозначен входной фактор, под номером 8 обозначен целевой фактор. Плюсы (+) и минус (-) показывают тип связи. Обращает на себя внимание, что в этом графе (рис.2), в отличие от графа на рис.1, присутствует цикличность, которая в принципе может создавать неустойчивость. С другой стороны цикличность способствует самоорганизации. Именно это отличает когнитивные карты от технологической схемы. Схема на рис.2 является динамической и описывает разные моменты времени. Состояние информационной ситуации X в момент

времени $(t+1)$ определяется выражением

$$X(t+1)=X(t) + P(t+1) \quad (1)$$

Здесь $P(t+1)$ входное воздействие в момент времени $(t+1)$.

Выражение (1) интерпретируется следующим образом. Состояние информационной ситуации в последующий момент времени $X(t+1)$ определяется состоянием информационной ситуации в текущий момент времени $X(t)$ и внешним воздействием (P) на эту ситуацию в последующий момент времени $(t+1)$.

Прогноз развития ситуации задается структурой когнитивной карты, которая задает связь между воздействием $P(t+1)$ в последующий момент времени и воздействием в текущий момент времени $P(t)$. Прогноз развития информационной ситуации (рис.2) описывается выражением

$$P(t+1)=W \times P(t) \quad (2)$$

Здесь: W - матрица смежности орграфа на рис.2.

Выражения (1, 2) дают основание считать такое ситуационное управление - управлением по состояниям [25].

Нечеткие когнитивные карты

Нечеткость при построении когнитивных карт связана с нечеткостью информационной ситуации и с неуверенностью экспертной оценки. Это обусловлено тем, что при экспертном оценивании эксперт использует свой опыт, который представляет неявное неформализованное знание. Неявность экспертного знания такова, что эксперт может давать разные оценки в одной и той же ситуации в зависимости от ментальности или ментальных факторов, не связанных с ситуацией, а с субъектом общения. Причем следует отметить, что знания эксперта являются тацитными, а не имплицитными [26]. В

силу нечеткой, частичной не формализуемой экспертной оценки объективно существуют риски недостоверного задания функциональных моделей экспертных представлений. Один из методов снижения таких рисков основан на применении нечетких когнитивных карт.

Можно выделить два вида факторов риска при задании функциональных моделей экспертных представлений причинно-следственной зависимости [14]. Первый - это когнитивные смещения при назначении самых весов [27]. Второй - это искажающий эффект между точечной оценкой веса экспертом, которая заведомо является нечеткой, и представлением веса в математической модели. Точечная оценка не является согласованной. Математическая модель является согласованной оценкой. В соответствии с математической моделью, веса прямых влияний в когнитивной карте характеризуют не только отдельные (точечные) влияния, но и пропорции (интегративные оценки) разных влияний на один фактор. Считают, что «мягкие» качественные измерения типа сравнение или отнесение к классу более надежны, чем введение субъективных вероятностных количественных оценок. Это обусловлено эффектом интегративности [28] качественных оценок в противовес точечным субъективным оценкам. Интегральная или интегративная оценка всегда менее чувствительна к погрешности, чем точечная.

Нечеткие когнитивные карты представляют собой нечеткий ориентированный граф, узлы которого являются нечеткими множествами. Направленные ребра графа не только отражают причинно-следственные связи между концептами, но и определяют степень влияния (вес) связываемых концептов. На рис. 3.

показан пример применения нечеткой когнитивной карты при проведении межевания.

Активное использование нечетких когнитивных карт в качестве средства моделирования систем обусловлено возможностью наглядного представления анализируемой системы и легкостью интерпретации причинно-следственных связей между концептами. Нечеткие когнитивные карты используют во многих областях для моделирования динамических систем. Они обладают наглядностью, гибкостью отображения предметной области, возможностями абстрактного представления и использования нечеткой логики. Нечеткая когнитивная карта может быть описана как граф

$$G = \langle V, A, Gf, F \rangle$$

где V – множество вершин (концептов), обозначающих вершины графа. A – множество дуг (связей), которые могут иметь веса. F – функция, которая каждой паре концептов (V_i, V_j) , ставит в

соответствие значение e_{ij} , принадлежащее интервалу $[-1;1]$. Gf – функция активности концепций системы. Каждому узлу ставится в соответствие мера активности в момент времени t . Она может принимать значения от 0 (нет активности) до 1 (активен). $Gf(0)$ задает вектор начальных значений активности узлов. $Gf(t)$ – вектор состояний (активности) узлов на итерации t .

Когнитивная оценочная карта

На рис. 4 приведена линейная типовая схема оценки недвижимости. Все оценки примерно одинаковы [29-31]. Для конкретности схема на рис.4 взята по методике, изложенной в [32]. Там схема оценки приведена в табличном виде, но в принципе это тоже самое. В соответствии с [32] и другими работами процесс оценки недвижимости состоит из последовательности этапов, выполняемых специалистом-оценщиком для определения ее стоимости.

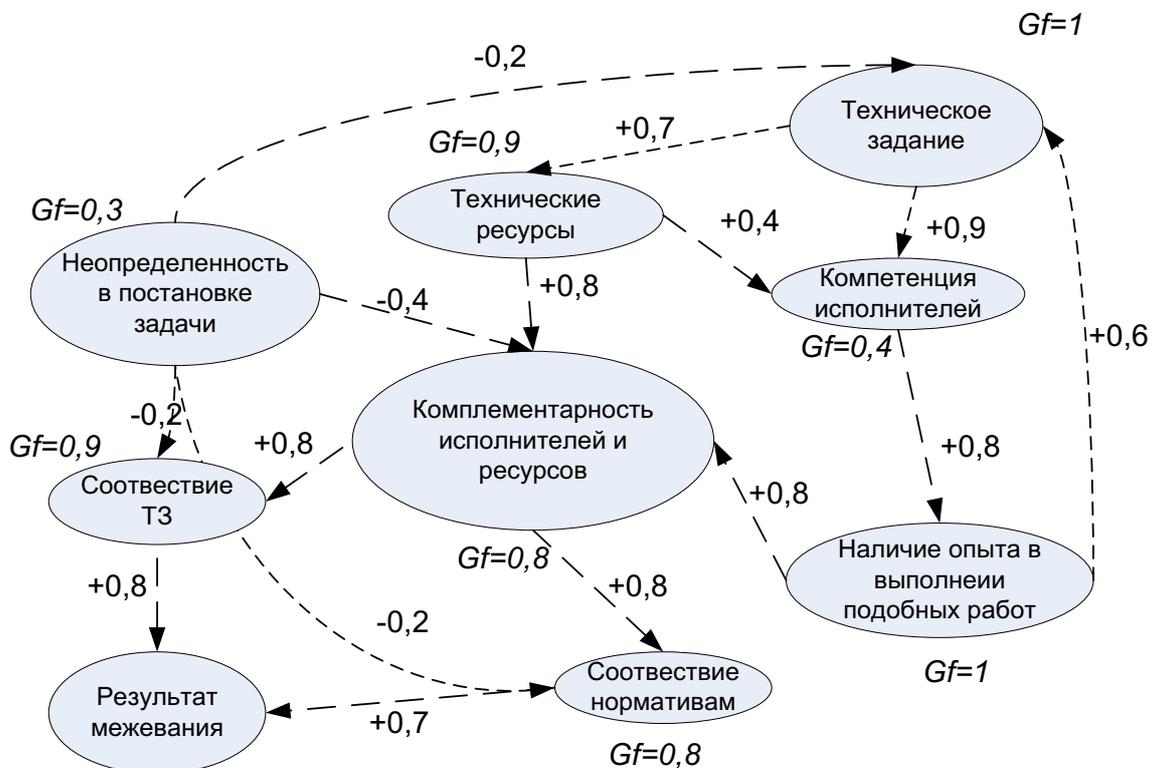


Рис.3. Нечеткая когнитивная карта проведения работ по межеванию.

Fig. 3. Fuzzy cognitive map for surveying work.

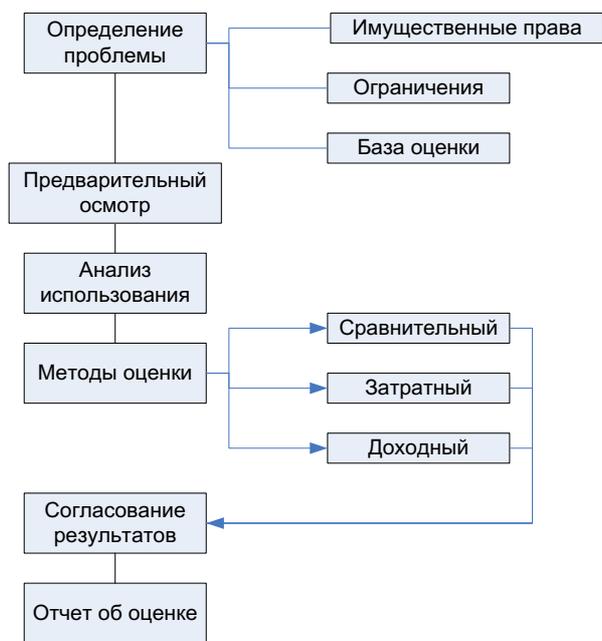


Рис.4. Линейная оценка недвижимости.

Fig. 4. Linear estimation of real estate

На этапе "Определение проблемы" осуществляется постановка задачи, которую необходимо решить. При этом подробно описывают оцениваемый объект, устанавливают оцениваемые права собственности, указывают дату, цели и базу оценки, а также формулируют и согласовывают с заказчиком ряд ограничений.

Объект оценки описывают на основе соответствующих подтверждающих права на недвижимость юридических документов и результатов непосредственного осмотра оценщиком. На рис.4 и рис.5 этап для сокращения обозначен этап «Анализ использования», но под этим следует понимать полное название «Анализ наилучшего и наиболее эффективного использования земли». При оценке земельного участка необходимо определить вариант наилучшего и наиболее эффективного использования, который определяется взаимодействием ряда факторов. Этот этап включает не только существующее, но и возможное использование объекта недвижимости, даже если текущее

использование объекта обеспечивает высокую стоимость недвижимости на дату оценки.

Согласование включает определение итоговой стоимости объекта оценки с учетом всех результатов. Однако не всегда возможно четко оценивать недвижимость на основе большинства, например, из-за неразвитости рынка недвижимости и земельного рынка, нехватке достоверной информации и наличии большого количества недостоверной информации. Это должно быть обосновано и отражено в отчете об оценке. Отчет об оценке - документ, содержащий обоснование только мнения оценщика о стоимости имущества.

На рис.5 приведена схема оценки в виде когнитивной карты. Она показывает, что процесс оценки не является линейным и является многофункциональным. Назначение когнитивной карты принятие решений в целях лучшего и наиболее эффективного использования земельного участка.

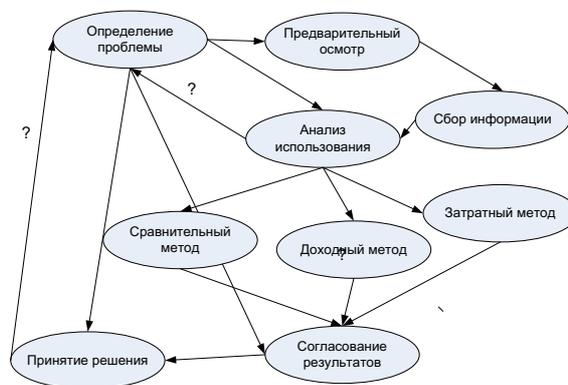


Рис.5. Когнитивная оценочная карта.

Fig. 5. Cognitive map of real estate valuation

Принципиальным для когнитивной карты на рис.5 является то, что она соответствует схеме на рис.4, но с дополнением связей, которые в схеме на рис.4 отсутствуют. В частности, знак вопроса означает неопределенность в

данном концепте и возврат к исходной позиции. Возможностью когнитивной карты является введение любых необходимых связей и их весовая оценка для конкретной ситуации. В классических методиках (рис.4) понятие веса фигурирует только для учета степени влияния внешнего стоимостного фактора на итоговую цену недвижимости. Но оно отсутствует как оценка влияния методических факторов друг на друга (рис.2). Когнитивная карта (рис.5) допускает включение дополнительных концептов без нарушения схемы оценки.

Следует отметить что концепт «Анализ наилучшего использования земельного участка» (на рис.5 «анализ использования») включает изучение альтернативных вариантов использования земельного участка и выбор оптимального. При этом учитываются перспективность местоположения, состояние рыночного спроса, стоимость застройки, стабильность предполагаемых доходов и т.п. Значение при оценке наилучшего использования земельного участка, придается анализу имеющихся улучшений. Множество факторов на этом этапе анализа дает основание представлять этап «Анализ использования» (рис.5) в виде отдельной когнитивной карты. Это дает основание говорить о том, что когнитивная карта обладает свойством вложенности и системности. Сложная система включает в себя более простые системы. Когнитивная карта отвечает этим требованиям, следовательно, является системным объектом. Когнитивная карта позволяет учитывать взаимное влияние факторов оценки и этапов технологии. В классических технологиях оценки этого нет.

Заключение

Семантическая карта имеет несколько интерпретаций, которые дополняют друг друга. Как информационное описание она отражает информационную ситуацию. Как математическая модель она представляется графом: четким или нечетким. Как механизм принятия решений она является адаптивной качественно-количественной моделью поддержки принятия решений. Как технологический объект когнитивная карта является альтернативой детерминированной технологической схеме. Однако они дополняют друг друга и не являются противоречием. В условиях типовых стационарных ситуаций с хорошим нормативным обеспечением детерминированная технологическая схема является оперативней и эффективней. В условиях изменчивой или слабоструктурированной информации эффективнее становится когнитивная карта, которая решает в первую очередь качественные задачи, под которые подстраивают количественные расчеты. В условиях больших объемов информации и частого изменения информационной ситуации также эффективней становится когнитивная карта. Когнитивная карта может быть рассмотрена как инструмент оценки недвижимости в новых ситуациях, для которых обычные нормативные методы не дают четкого результата. Когнитивная карта является инструментом накопления опыта и знания.

Литература

1. Авдеева З.К., Коврига С.В. Формирование стратегии развития социально-экономических объектов на основе когнитивных карт. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2011. – 184с.

2. Головинский П.А. Самоорганизующиеся когнитивные карты в строительстве / Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций (CASC'2011): Труды IX Международной конференции (14-16 ноября 2011 г., Москва). – М.: ИПУ РАН, 2011. – с. 134-137.
3. Васильев В.И., Машкина И.В., Степанова Е.С. Использование нечетких когнитивных карт для анализа процесса информационного противоборства / Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций (CASC'2011): Труды IX Международной конференции (14-16 ноября 2011 г., Москва). – М.: ИПУ РАН, 2011. – с.190-194
4. Гольдштейн А.Б., Пожарский Н. А., Лихачев Д.А. О когнитивных картах в управлении телекоммуникационным оператором. // Информатизация и связь. – 2016. - №1. – с.11-15
5. Цветков В.Я. Когнитивные факторы в дистанционном образовании // Современное дополнительное профессиональное педагогическое образование 2016. - № 1. – с.71-79.
6. Цветков В.Я. Когнитивные аспекты построения виртуальных образовательных моделей// Перспективы науки и образования-2013. -№3. С38-46.
7. Баранов В.В. Методология и методы принятия решений в слабоструктурированных системах . / Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций (CASC'2011): Труды IX Международной конференции (14-16 ноября 2011 г., Москва). – М.: ИПУ РАН, 2011. – с.29-33
8. Найссер У. Познание и реальность. - М.: Прогресс, 1981. 232с.
9. Tolman E. C. Cognitive maps in rats and men //Psychological review. – 1948. – V. 55. – №. 4. – p.189.
10. Axelrod, Robert M. (ed), Structure of decision: The Cognitive Maps of Political Elites, Princeton, NJ, Princeton University Press, 1976, p 404
11. Кудж С.А. Когнитивные модели и моделирование: Монография. – М.: МАКС Пресс, 2017. – 112 с.
12. Schaffernicht M. *Causality and diagrams for system dynamics*.// Proceedings of the 25th International Conference of the System Dynamics Society July 29 - August 2, 2007, Boston, USA - 148p
13. Кудж С.А., Цветков В.Я. Качественные рассуждения: Монография. – М.: МАКС Пресс, 2017. – 112с.
14. Авдеева З.К. Сравнительный анализ выборочных когнитивных карт по степени формализации. / Труды Международной конференции. Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций (CASC'2009) (17-19 ноября 2009 г., Москва). – М.: ИПУ РАН, 2009. –с 11-22.
15. Цветков В.Я. Когнитивное управление. Монография - М.: МАКС Пресс , 2017. - 72с. ISBN 978-5-317-05434-2.
16. Abramova, N.A. ; Avdeeva, Z.K. & Kovriga, S. V. (2008) *Cognitive Approach to Control in Ill-structured Situation and the Problem of Risks*.// In: Advances in Robotics, Automation and Control, J. Aramburo and A.R. Trevino (ed.), (85-110) , IN-TECH, ISBN : 978-953- 7619-16-9,Viena, 2008.
17. Bell D. E., Raiffa H., Tversky A. (ed.). Decision making: Descriptive, normative, and prescriptive interactions. – Cambridge university Press, 1988.
18. Цветков В.Я. Дескриптивные и прескриптивные информационные модели // Дистанционное и виртуальное обучение. – 2015. - №7. - с.48- 54.
19. Шайтура С.В. Информационная ситуация в геоинформатике// Образовательные ресурсы и технологии. – 2016. - №5 (17). – с.103-

- 108.
20. Tsvetkov V. Ya. Information Situation and Information Position as a Management Tool // European researcher. Series A. 2012, Vol.(36), № 12-1, p.2166- 2170.
 21. Павлов А.И. Пространственная информационная ситуация // Славянский форум, 2016. -4(14). - с.198-203
 22. Нариньяни А.С. НЕ-факторы: краткое введение.// Новости искусственного интеллекта. - Вып.2/2004. -М: КОМКНИГА, 2006 , с. 52 – 63
 23. Лотоцкий В.Л. Информационная ситуация и информационная конструкция // Славянский форум. - 2017. -2(16). – с.39-44.
 24. Новиков Д.А. «Когнитивные игры»: линейная импульсная модель» // Проблемы управления, 2008, №3, с.14–22.
 25. Цветков В.Я. Когнитивные технологии // Информационные технологии. – 2017. – 2(23). –с.90-96.
 26. Цветков В.Я. ИмPLICITные и тацитные знания // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. - 2016. - №5- 1. – с.140-141.
 27. Робертс Ф. Дискретные математические модели с приложениями к социальным, биологическим и экологическим задачам. - М.: Наука, 1986.
 28. Цветков В.Я. Ресурсность и интегративность сложной организационно технической системы // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. - 2016. - №5-4. – с.676-676.
 29. Ульянин А. В. Теоретические и практические аспекты массовой оценки недвижимости как базы налогообложения //Российское предпринимательство. – 2003. – №. 1.
 30. Пылаева А. В. Информационное обеспечение кадастровой оценки

недвижимости //Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. – 2012. – №. 5. – С. 45-49.

31. Гриненко С. В. Экономика недвижимости - Конспект лекций. Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2004. -107с
32. Щербакова Н. А. Экономика недвижимости - Ростов-на-Дону: Феникс. – 2002. -58с

References

1. Avdeeva Z.K., Kovriga S.V. Formation of a strategy for the development of socio-economic facilities based on cognitive maps. Saarbrucken: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG. KG, 2011. - 184s.
2. Golovinsky P.A. Self-organizing cognitive maps in construction / Cognitive analysis and management of the development of situations (CASC'2011): Proceedings of the IX International Conference (November 14-16, 2011, Moscow). - Moscow: IPP RAS, 2011. - p. 134-137.
3. Vasiliev VI, Mashkina IV, Stepanova E.S. Use of fuzzy cognitive maps for the analysis of the information confrontation process / Cognitive analysis and management of the development of situations (CASC'2011): Proceedings of the IX International Conference (November 14-16, 2011, Moscow). - Moscow: IPP RAS, 2011. - p.190-194
4. Goldstein AB, Pozharsky NA, Likhachev DA About cognitive maps in the management of a telecommunications operator. // Informatization and communication. - 2016. - №1. - p11-15
5. Tsvetkov V.Ya. Cognitive factors in distance education / / Modern additional professional pedagogical education 2016. - № 1. - p.71-79.
6. Tsvetkov V.Ya. Kognitivnye aspects of constructing virtual educational models // Prospects of science and education - 2013.-№3. C38-46.
7. Baranov V.V Methodology and methods of decision-making in weakly structured systems. / Cognitive analysis and management of the development of situations

- (CASC'2011): Proceedings of the IX International Conference (November 14-16, 2011, Moscow). - Moscow: IPP RAS, 2011. - p.29-33
8. Naisser U. Cognition and Reality. - Moscow: Progress, 1981. 232с.
 9. Tolman E. C. Cognitive maps in rats and men // Psychological review. - 1948. - V. 55. - No. 4. - p.189.
 10. Axelrod, Robert M. (ed), Structure of the decision: The Cognitive Maps of Political Elites, Princeton, NJ, Princeton University Press, 1976, p 404
 11. Kuge S.A. Cognitive models and modeling: Monograph. - Moscow: MAX Press, 2017. - 112 p.
 12. Schaffernicht M. Causality and diagrams for the system dynamics.// Proceedings of the 25th International Conference of the System of the Dynamics Society July 29 - August 2, 2007, Boston, USA - 148p
 13. Kuj SA, Tsvetkov V.Ya. Qualitative reasoning: Monograph. - Moscow: MAX Press, 2017. - 112s.
 14. Avdeeva Z.K. Comparative analysis of selective cognitive maps according to the degree of formalization. Proceedings of the International Conference. Cognitive analysis and management of the development of situations (CASC'2009) (November 17-19, 2009, Moscow). - Moscow: IPP RAS, 2009.-with 11-22.
 15. Tsvetkov V.Ya. Cognitive management. Monograph - Moscow: MAX Press, 2017. - 72s. ISBN 978-5-317-05434-2.
 16. Abramova, N.A. ; Avdeeva, Z.K. & Kovriga, S. V. (2008) Cognitive Approach to Control in Ill-structured Situation and the Problem of Risks. In: Advances in Robotics, Automation and Control, J. Aramburo and A.R. Trevino (ed.), (85-110), INTECH, ISBN: 978-953- 7619-16-9, Viena, 2008.
 17. Bell D. E., Raiffa H., Tversky A. (ed.). Decision making: Descriptive, normative, and prescriptive interactions. - Cambridge university Press, 1988.
 18. Tsvetkov V.Ya. Descriptive and prescriptive information models // Remote and virtual learning. - 2015. - № 7. - p.48-54.
 19. Shaytura S.V. Information situation in geoinformatics // Educational resources and technologies. - 2016. - No. 5 (17). - p.103-108.
 20. Tsvetkov V. Ya. Information Situation and Information Position as a Management Tool // European researcher. Series A. 2012, Vol. (36), No. 12-1, p.2166-2170.
 21. Pavlov A.I. Spatial information situation // Slavic Forum, 2016. -4 (14). - p.198-203
 22. Narinyani A.S. NE-factors: a brief introduction. // News of artificial intelligence. - Issue 2/2004. -М: КОМКНИГА, 2006, с. 52 - 63
 23. Lototsky V.L. Information situation and information structure // Slavic Forum. - 2017. -2 (16). - p.39-44.
 24. Novikov D.A. "Cognitive games": linear impulse model // Problems of management, 2008, №3, p.14-22.
 25. V.Y. Tsvetkov. Cognitive technologies // Information technologies. - 2017. - 2 (23). -p.90-96.
 26. Tsvetkov V.Ya. Implicite and tacitic knowledge // International Journal of Applied and Fundamental Research. - 2016. - No. 5 - 1. - p.140-141.
 27. Roberts F. Discrete mathematical models with applications to social, biological and ecological problems. - Moscow: Nauka, 1986.
 28. V.Y. Tsvetkov. Resource and Integrity of a Complex Organizational Technical System. International Journal of Applied and Fundamental Research. - 2016. - №5-4. - p.676-676.
 29. Ulyanin AV Theoretical and practical aspects of mass valuation of real estate as a tax base // Journal of Russian Entrepreneurship. - 2003. - No. 1.
 30. Pylaeva AV Information support of cadastral valuation of real estate // Land management, cadastre and land monitoring. - 2012. - No. 5. - P. 45-49.
 31. Grinenko SV The Economics of Real Estate - A summary of lectures. Taganrog: Publishing house TRTU, 2004. -107 p.
 32. Shcherbakova NA The Economy of Real Estate - Rostov-on-Don: Phoenix. - 2002. -58 p.



COGNITIVE MAP AS A TOOL FOR ASSESSING REAL ESTATE

Tsvetkov V.Ya.	Selmanova N.N.
Doctor of Technical Science, Professor, Moscow Technological University (MIREA)	Senior lecturer, Moscow State University of Geodesy and Cartography (MIIGAiK)
Address: 78, Vernadsky Prospect, Moscow, 119454, Russia E-mail: cvj2@mail.ru	Address: 4, Gorokhovskiy pereulok 105064, Moscow, Russia E-mail: cvdissier@list.ru

Abstract. The article describes methods of applying cognitive maps to the cadastre. The conditions for applying cognitive maps in the field of cadastre are described. The article reveals the mechanism of cognitive maps. The cognitive map is considered as an alternative to the technological scheme, which is used in precise conditions with limited information. Cognitive maps are easily modified, and as a mechanism they are relatively stable in time. This property determines the advantage of cognitive maps for adaptivity in comparison with technological schemes. The article provides an analysis of types of cognitive maps and identifies two ways of using them: descriptive and prescriptive. The article describes the main objects that are used in the construction of cognitive maps: the concept, the pattern and the information situation. The article describes the connection and distinction between the concept and the pattern. The article describes the topological model of the cognitive map - the oriented graph. The article describes the difference between the topological scheme of a cognitive map and ordinary graphs. The article shows the difference between weakly formalized cognitive maps and formal cognitive maps. The conditions for the application of cognitive maps of these species are described. The article describes fuzzy cognitive maps and conditions for their application. Examples of cognitive maps for a real estate firm, for land surveying technology and for real estate valuation technology are given. The article compares the usual technology of property valuation and with the technology of real estate valuation on the basis of a cognitive map. The cognitive map allows to take into account the mutual influence of the evaluation factors. The cognitive map allows to take into account the mutual influence of the stages of the evaluation technology. The article answers the possibility of cognitive maps for self-development. This property makes the application of cognitive maps an adaptive mechanism in comparison with deterministic technologies. The cognitive map is a tool for accumulating experience and knowledge.

Key words: cadastre, real estate valuation, cognitive maps, valuation technologies, property management.

© Цветков В.Я., Сельманова Н.Н., 2018

ВЗАИМОСВЯЗЬ ПРОБЛЕМ В СФЕРАХ КАДАСТРОВОГО УЧЕТА, РЕГИСТРАЦИИ И КАДАСТРОВОЙ ОЦЕНКИ НЕДВИЖИМОСТИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Лобанова А.Э.	Овчинникова А.С.
Кадастровый инженер, ООО «КРТ Система»	Кадастровый инженер, ООО «КРТ Система»
Адрес: Москва, 3-й проезд Перова поля, дом 8, стр. 11 E-mail: хахехухо@mail.ru	Адрес: Москва, 3-й проезд Перова поля, дом 8, стр. 11 E-mail: anchik68@mail.ru

***Аннотация.** В начале IX века в России у населения зародилась потребность в определении границ своих владений, а также сохранении и защите прав на объекты недвижимого имущества, что дало толчок к созданию некой системы управления и учета земельными ресурсами, и уже в последствии и иными объектами недвижимости. Таким образом, сформировались кадастровая и регистрационная системы Российской Федерации. С течением времени они постепенно развивались, а возникающие при таком развитии проблемы решались посредством внесения изменений в законодательство. В 2017 году произошло объединение двух наимоощнейших и наиболее объемных информационных ресурсов России – единого государственного реестра прав и государственного кадастра недвижимости – в единый государственный реестр недвижимости. Это событие обусловило необходимость изучения проблематики ведения данного ресурса, а также недостатков проведения процедур (кадастровый учет и регистрация прав), целью которых является его наполнение и актуализация, в их общей взаимосвязи. Кроме того, сведения, содержащиеся в реестре недвижимости, являются исходной информацией при проведении кадастровой оценки, из-за чего при данной процедуре также возникают несовершенства. Стоит отметить, что единый государственный реестр недвижимости обязательно должен соответствовать положениям законодательства, что подтверждает его юридическую значимость в государственном управлении земельными ресурсами и объектами недвижимости. Обеспечивая защиту прав собственников, землепользователей, землевладельцев и других правообладателей, реестр выполняет свою правовую функцию перед гражданами. Экономическая роль реестра недвижимости заключается в сборе, хранении, анализе, обновлении и упорядочивании сведений об объектах недвижимости и их правообладателях, что является основой для начисления налоговых платежей. Также не стоит забывать и об экологической стороне предмета реестра недвижимости, которая позволяет формировать и рационально использовать земельные ресурсы и осуществлять охрану земель. С технической точки зрения реестр недвижимости содержит в себе геодезическую и картографическую основы для проведения кадастровых работ, а также позволяет производить точные расчеты площадей во избежание возникновения недостатков землепользований. И наконец, реестр недвижимости выполняет такие социальные задачи, как предоставление сведений заявителям, упрощение процедур запросов сведений, информирование граждан и юридических лиц, возможность кадастрового учета и регистрации прав, кадастровая оценка недвижимости.*

***Ключевые слова:** государственный кадастровый учет, проблемы кадастровой системы Российской Федерации, законодательство, геодезия, объекты недвижимости, общество, регистрация прав, кадастровая оценка, взаимодействие систем учета, регистрации и оценки, сведения о недвижимом имуществе, налоги.*

Согласно законодательству Российской Федерации, с 2017 года в Российской Федерации существует единый государственный реестр недвижимости, который структурирует сведения о недвижимости и правах на нее с целью упрощения регулирования имущественных отношений.

Ранее авторами настоящего исследования уже были рассмотрены проблематики в сфере кадастровой системы [12] и государственной кадастровой оценки [7], а также сделан упор на необходимость изучения заявленной тематики, что подвигло к дальнейшим исследова-

ниям и поиску решений по устранению выделенных проблем. Однако наряду с уже выделенными недостатками в системе управления земельными ресурсами и объектами недвижимости [8], стоит обратить особое внимание на систему государственной регистрации недвижимого имущества.

Так как реестровая система учета недвижимости в Российской Федерации находится на этапе развития и совершенствования, то в ней, как и в любой другой сфере человеческой деятельности, существует ряд проблем. Анализ современных проблем рассматриваемой

системы позволяет выявить возможность их решения, а также определить перспективу развития работ по совершенствованию сферы реестра недвижимости. Кроме того, опыт Российской Федерации по внедрению данной сферы может быть полезен в качестве зарубежного опыта для других стран, не использующих подобную систему в целях создания информационного ресурса о недвижимости, а также обеспечения государственных гарантий прав на имущество.

Для детального рассмотрения проблем сферы управления земельными ресурсами и объектами недвижимости стоит углубиться в историю ее развития, которой многие научные деятели уже посвятили свои исследования [2, 3, 4, 11]. Основываясь на сформулированных ими положениях, можно определить этапы становления сферы управления земельными ресурсами и объектами недвижимости в России, которые представлены на рис. 1.

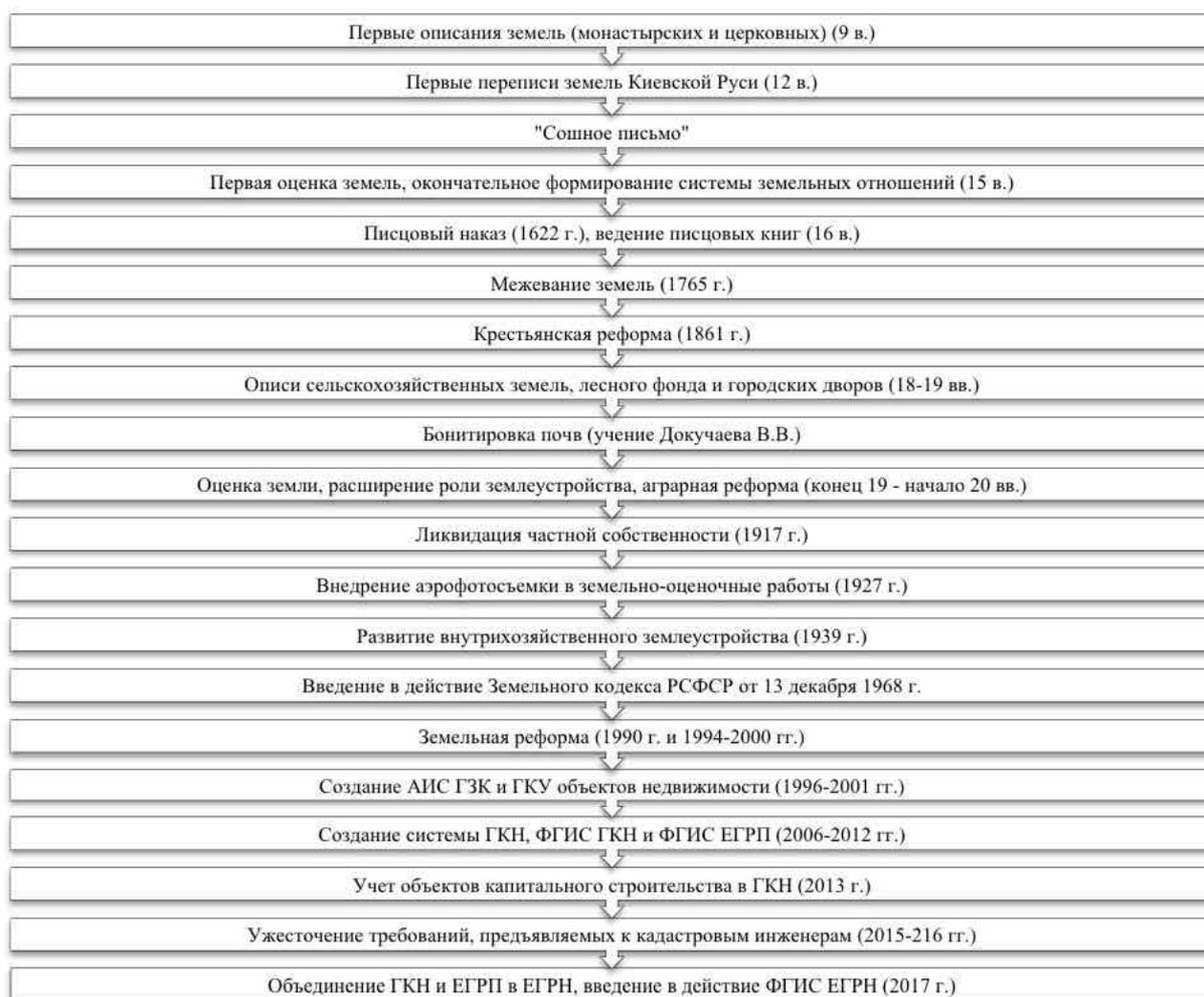


Рис. 1. Этапы развития кадастровой системы в России

Вопросами учета недвижимости человечество было заинтересовано еще до нашей эры, а в России – с 9ого века. Кадастровая система развивалась по мере необходимости, и, помимо учета земель,

производилась их оценка. С каждым этапом система постепенно совершенствовалась вместе с развитием технологий, а проблемы решались на государственном

уровне, что говорит о сохранении тенденций в государственном регулировании имущественных отношений.

Однако проблемы, возникающие в течение существования системы управления недвижимостью, решались методом урегулирования посредством законодательства. Но не всегда такой метод является действенным, иногда подобные попытки могут приводить к путанице в нормативно-правовой документации. Поэтому важно контролировать проблемы еще в момент их зарождения, а также анализировать возможные последствия. Помимо законодательного варианта государственного регулирующего вмешательства следует рассмотреть возможное решение проблем посредством использования: форм обеспечения эффективной реализации уже имеющихся мер воздействия, рычагов саморегулирования, образовательных программ или рычагов стандартизации и контроля качества.

На сегодня существует четкая взаимосвязь между кадастровым учетом и регистрацией прав, например, законодательством установлены случаи как совместного, так и разнопланового проведения данных процедур. Анализ проблем государственной регистрации недвижимого имущества необходим также и для выявления схожих проблем системы регистрации и системы кадастрового учета, ведь они могут иметь одинаковые пути решения. Таким образом, при решении конкретной проблемы в кадастровой сфере, решается и проблема в сфере регистрации.

Как и при рассмотрении проблем кадастровой системы Российской Федерации [12], для рассмотрения проблем в сфере регистрации было принято решение о группировании проблем (рис. 2), они были разделены на 3 взаимосвязанные группы:

- Структурные (организационные) – проблемы, возникающие внутри ор-

гана, уполномоченного на проведение государственной регистрации прав, а также по внесению сведений в единый государственный реестр прав;

- Ведомственные (внешние) – проблемы, возникающие вследствие ошибочных исходных данных, поступающих в регистрационный орган;
- Социальные – проблемы, связанные с неосведомленностью населения о необходимости проведения государственной регистрации, а также о последствиях, вытекающих при уклонении от регистрации.

Процедура государственной регистрации аналогична кадастровому учету: здесь также вносятся сведения в информационный ресурс, содержащий информацию о существующих и прекращенных правах на объекты недвижимого имущества, данные об указанных объектах, сведения о правообладателях, – ранее в единый государственный реестр прав, сейчас в единый государственный реестр недвижимости. Поэтому в системе государственной регистрации также могут возникать и возникают технические ошибки – ошибки, допущенные органом регистрации при внесении сведений в реестр. Они подлежат исправлению путем подачи заявления. Причина возникновения таких ошибок заложена в человеческом факторе, поэтому нет единого пути решения подобных проблем. Кроме того, важно устранять возникающие ошибки, которые могут содержаться в правоустанавливающей документации, выданной органами власти. Для устранения таких ошибок важно проводить контроль сведений, поступающих в реестр недвижимости.

По данным Росреестра [5, 6], в 2014 году 1% сведений об объектах капитального строительства был не сопоставлен со сведениями о земельных участках, а 13% объектов капитального строительства имели ошибки, которые не могли

быть устранены только по решению органа регистрации. Сведения об изменении ситуации на 2015-2017 года на момент настоящего исследования отсутствуют.

Не стоит забывать и том, что при проведении кадастрового учета в реестр недвижимости могут вноситься заведомо

ложные сведения, что повторится при процедуре государственной регистрации. Внесение подобных сведений в государственный кадастр или реестр прав недвижимости влечет за собой ответственность, как для лиц, предоставляющих такие сведения, так и для должностных лиц.

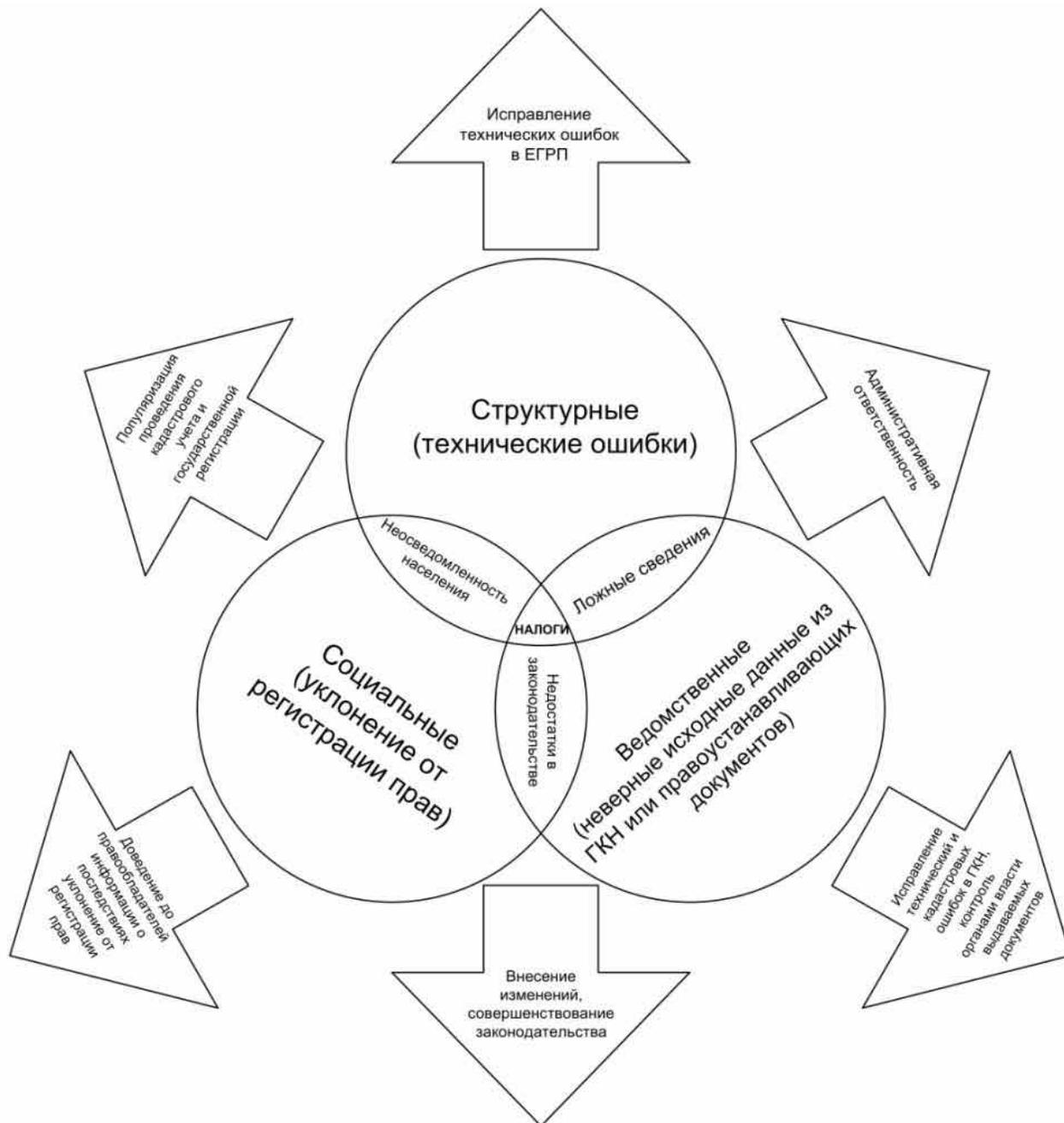


Рис. 2. Проблемы в сфере государственной регистрации прав на недвижимое имущество

После внесения учета сведений об образованном имуществе до проведения процедуры регистрации права на это имущество такие сведения будут носить временный характер в течение 5-ти лет. Неосведомленность населения о том, что после кадастрового учета объекта недвижимости зарегистрировать право на него можно только в течение 5-ти лет, грозит необходимостью заново проходить процедуру учета по истечении установленного срока. Соответственно, для владельца это приведет к повторным затратам на кадастровые работы.

Среди проблем встречается и проблема уклонения от государственной регистрации прав. В основном «потенциальные правообладатели» (речь идет о тех, кто отказывается оформлять права) уклоняются от регистрации во избежание уплаты налогов. Для государства это

может сказаться на экономической сфере, в частности на поступлениях в бюджеты с налогов на имущество. Для самих же владельцев имущества это влечет свои последствия (рис. 3):

1. Возмещение ущерба в случаях изъятия земельных участков, сопровождающегося сносом объектов капитального строительства, для государственных и муниципальных нужд предусмотрено не будет;
2. Совершение сделок с недвижимым имуществом является не возможным.

В добавление, если сделка с недвижимым имуществом, подлежащая обязательной государственной регистрации (сделки купли-продажи, мены, аренды), не была зарегистрирована, она может быть признана ничтожной.

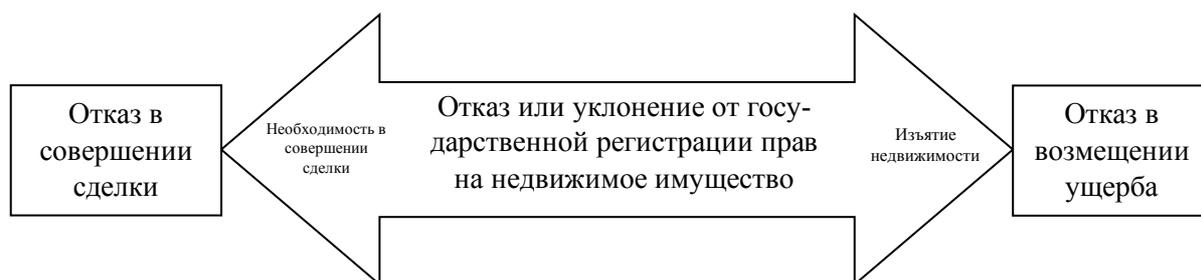


Рис. 3. Последствия отказа от государственной регистрации прав на недвижимое имущество и сделок с ним

Законодательно определено, что большинство сделок с недвижимостью должны пройти процедуру государственной регистрации, которая помогает выявить возможные нарушения при проведении сделки. Часто встречающимся нарушением является занижение стоимости недвижимости с целью уклонения от уплаты полного размера налога. Для устранения подобных случаев установлено, что рыночная стоимость не может быть меньше кадастровой. Тем самым подтверждается целесообразность осуществления процедуры кадастровой оценки на государственном уровне и контроль проведения любых

сделок с недвижимостью со стороны государства.

Кроме того, законодательно урегулирована процедура изъятия земельных участков для государственных или муниципальных нужд, которая требуется, например, при строительстве объектов федерального, регионального или местного значения. В подобных случаях предусмотрено возмещение ущерба правообладателям изымаемых участков. Участок условно может быть выкуплен государством (с возмещением убытков за снос объектов капитального строительства, за упущенную выгоду в виде

продукции и т.д.), либо обменян на аналогичный земельный участок. Размер возмещения за земельные участки рассчитывается, исходя из кадастровой стоимости земельных участков, и определяется в соответствии с Федеральным законом от 29 июля 1998 года № 135-ФЗ «Об оценочной деятельности в Российской Федерации».

Налог – это обязательный, индивидуально безвозмездный платёж, принудительно взимаемый органами государственной власти различных уровней с организаций и физических лиц в целях финансового обеспечения деятельности государства и (или) муниципальных образований. Основной целью сбора налогов в Российской Федерации является поддержание экономики. Налог на недвижимость также определяется исходя из её кадастровой стоимости. Государственная кадастровая оценка позволяет

контролировать правильность уплаты налога за содержание в собственности недвижимого имущества, а также решать спорные вопросы по поводу определения размера самого налога.

Таким образом, государственная кадастровая оценка недвижимости в России является механизмом определения кадастровой стоимости, которая в свою очередь выполняет социальные (определение стоимости объектов недвижимости при проведении сделок с недвижимостью), правовые (защита прав правообладателей при изъятии недвижимости) и экономические (определение стоимости объектов недвижимости для фискальных целей) функции, являясь при этом рычагом управления земельными ресурсами и объектами недвижимости (рис. 4).



Рис. 4. Государственная кадастровая оценка как рычаг управления земельными ресурсами и объектами недвижимости

Результаты государственной кадастровой оценки в виде кадастровой стоимости объектов недвижимости применяются в качестве основы:

- для определения кадастровой стоимости для целей налогообложения земельных участков и объектов капитального строительства;
- для установления арендной платы;
- для приватизации государственного и муниципального имущества;
- для выявления значения стоимости недвижимости, находящейся в государственной или муниципальной собственности;
- для оценки эффективности и потенциала использования ресурсов, расчетной поддержки проектных разработок генерального плана города и планирования мероприятий общегородского характера;
- для получения точной информации для фондового рынка или ипотечного образования.

Определяя проблематику государственной кадастровой оценки, стоит отметить, что все недостатки на сегодняшний день выражаются в конечном итоге в неправильном определении кадастровой стоимости, что в свою очередь влечет неправильное определение земельного налога. Завышение кадастровой стоимости влечет увеличение земельного налога, что для правообладателей будет являться ущербом, а занижение влечет уменьшение налога, но является ущербом для местных бюджетов.

Причины неправильного определения кадастровой стоимости исходят из внешних проблем сферы кадастровой оценки, эти проблемы условно можно разделить на 4 группы.

К первой группе относятся проблемы, связанные с отсутствием качественного законодательного регулирования процедуры государственной кадастровой оценки. Единый федеральный закон, регулирующий отношения,

возникающие при проведении кадастровой оценки, вступил в силу лишь с 2017 года. Кроме того, некачественной является и методическое обеспечение оценки. Важно подчеркнуть, что для проведения государственной кадастровой оценки нет необходимости в единой методике определения кадастровой стоимости, так как территории, подверженные оценке могут иметь абсолютно разные характеристики. Поэтому показатели, оказывающие влияние на кадастровую стоимость, должны учитываться в зависимости от их необходимости для данной территории.

Во-первых, при кадастровой оценке не учитывается функциональное назначение городов России, соответственно, на качество оценочных работ оказывает влияние однородность процедуры для всех населенных пунктов в субъекте и массовость характера оценки недвижимости. Во-вторых, исследователи уже не раз поднимали вопросы, касающиеся неучета важных ценообразующих факторов, что приводит к уравниванию стоимости и отсутствию отражения индивидуальных особенностей недвижимости. Исходя из этого, рыночная и кадастровая стоимости земельных участков не сопоставляются.

Вторая группа – ведомственные проблемы, которые возникают, например, в связи с ошибками в реестре недвижимости.

Третья группа проблем – организационные проблемы – это проблемы, существующие внутри самой сферы государственной кадастровой оценки. Например, плохая квалификация оценщиков, использование ими неверных исходных данных. Кроме того, отсутствует единый достоверный информационный ресурс для целей кадастровой оценки [13]. Сюда также входят и проблемы геодезического обеспечения, ведь определение координат характерных точек границ земельных участков с различной точностью влечет ошибочное определение площадей земельных участков, что в

свою очередь вытекает в неправильное начисление земельного налога [9].

При суммировании этих 3х групп проблем мы получаем 4ую – социальную, выражающуюся в недовольстве результатами кадастровой оценки, вызывающей необходимость в оспаривании кадастровой стоимости в судебном порядке. Важно понимать, что при определении кадастровой стоимости необходимо помнить о социальной стороне вводимого налога на недвижимость, ведь размер налога обязан быть установлен «с учётом сложившегося уровня доходов населения», и не должен приводить «к росту налоговой нагрузки на малообеспеченных граждан» [1].

Отдельного внимания требуют вопросы кадастровой оценки недвижимости в Республике Крым [10]. Анализируя результаты кадастровой оценки в Республике, можно сделать вывод о том, что кадастровая стоимость земельных участков либо не определена вовсе, либо значения ее удельного показателя на территории целого населенного пункта являются одинаковыми.

Подводя итог вышесказанному, кадастровый учет, регистрация прав и кадастровая оценка являются важными процедурами при внесении сведений в единую базу об объектах недвижимости, их правообладателях и правах, а также характеристиках этих объектов (а именно кадастровую стоимость) для дальнейшего применения таких сведений в целях налогообложения. Единый государственный реестр недвижимости оказывает влияние на 6 сторон:

- юридическую (соответствие законодательству);
- правовую (обеспечение защиты прав собственников, землепользователей, землевладельцев и т.д.);
- экономическую (упорядочивание сведений об объектах недвижимости и их правообладателях с целью сбора налогов);

- экологическую (формирование и рационального использования недвижимости, а также ее охрана);
- техническую (геодезическая составляющая кадастровых работ, точности расчета площадей во избежание случаев наложения границ);
- социальную (предоставление сведений заявителям, упрощение процедур запросов сведений, информирование граждан и юридических лиц о возможностях регистрации недвижимости и кадастровой оценки).

Важно понимать, что причинами неполного привлечения к налогообложению являются отсутствие сведений либо о кадастровой стоимости, либо о правообладателе, либо сведений, необходимых для идентификации налогоплательщика и исчисления земельного налога.

Литература

1. Бюджетное послание Президента России о бюджетной политике в 2012–2014 годах (29 июня 2011 года) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.egonline.ru/information/bjudzhetnoeposlanie/> (Дата обращения: 23.06.2017).
2. Варламов А.А., Гальченко С.А. // Государственный кадастр недвижимости: учебник. – СПб.: «Дрофа». – 2012. – С. 32-34.
3. Дамдын О.С. История становления и развития земельного кадастра в России / О.С. Дамдын, Ю. С. Очур // Молодой ученый. — 2009. — №6. — С. 122-124.
4. Захаров В.А. Возникновение и развитие земельного кадастра / В.А. Захаров, Л.П. Лобанова // Кадастровый вестник № 2 – 2006 г. С.49-53.
5. Итоговый доклад «Итоги деятельности за 2014 год, задачи на 2015 год» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://rosreestr.ru/upload/iblock/5ef/buklet-rr-v-tsifrah-2015_itog.pdf. (Дата обращения: 25.06.2017).
6. Итоговый доклад «Итоги деятельности за 2015 год, задачи на 2016 год» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rosreestr.ru/upload/iblock/422/422d0805ccd1f2c58ae23e2ae702de8b.pdf>. (Дата обращения: 25.06.2017).
7. Мирзоева (Лобанова) А.Э. Актуальность проблемы кадастровой оценки земельных

- участков России // Международный научно-исследовательский журнал – Екатеринбург, 2017. № 06 (60), Ч. 2. С. 121-126.
8. Мирзоева (Лобанова) А.Э. Анализ современного состояния системы управления земельными ресурсами и объектами недвижимости в Российской Федерации / А.Э. Мирзоева (Лобанова), А.С. Овчинникова // Развитие современной науки: теоретические и прикладные аспекты: сборник статей студентов, магистрантов, аспирантов, молодых ученых и преподавателей. Центр социально-экономических исследований. Пермь, 2017. С. 32-37.
 9. Мирзоева (Лобанова) А.Э., Овчинникова А. С. Особенности геодезического обеспечения кадастровой деятельности в Российской Федерации // Геодезия и картография. – 2017. – Т. 78. – № 6. – С. 00–00. DOI: 10.22389/0016-7126-2017-924-6-00-00.
 10. Мирзоева (Лобанова) А.Э. Современные проблемы определения кадастровой стоимости в населенных пунктах Автономной Республики Крым / А.Э. Мирзоева (Лобанова), Е.Н. Быкова // Материалы XVII Международной молодежной научной конференции в 6 ч. – 2016. Ч. VI. – С. 263-267.
 11. Павлова, А.И. История развития земельного кадастра в России История развития земельного кадастра в России / А.И. Павлова, Д.С. Чмырева // Vorona.net. — 2014. — №1.
 12. Поликарпов А.М. Проблемы кадастровой системы в Российской Федерации // А.М. Поликарпов, А.Э. Мирзоева (Лобанова), А.С. Овчинникова // Образование, экономика, общество. – 2015. – №3-4 (49-50). – С. 125-129.
 13. Семенова Евгения Александровна. Исследование особенностей применения экспертных систем для стандартизации кадастровой оценки городских земель и разработка моделей их информационного обеспечения: Дис. канд. техн. наук: 25.00.26 Москва, 2005, 150 с.
 14. Управление земельными ресурсами, земельный кадастр, землеустройство и оценка земель (зарубежный опыт) / Под ред. С.Н. Волкова и В.С. Кислова. – М.: Технология ЦД, 2003 – 387 с.
 3. Damdin OS History of the formation and development of the land cadastre in Russia / O. Damdyn, Yu. S. Ochur // Young Scientist. - 2009. - №6. - P. 122-124.
 4. Zakharov V.A. The origin and development of the zemel cadastre / V.A. Zakharov, L.P. Lobanov-Nova // Cadastral Herald No. 2 - 2006. P.49-53.
 5. Final report "Results of activity for 2014, tasks for 2015" [Electronic resource]. - Access mode: https://rosreestr.ru/upload/iblock/5ef/buklet-rr-v-tsifrakh-2015_itog.pdf. (Date of circulation: June 25, 2017).
 6. Final report "Results of activities for 2015, tasks for 2016" [Electronic resource]. - Access mode: <https://rosreestr.ru/upload/iblock/422/422d0805ccd1f2c58ae23e2ae702de8b.pdf>. (Yes-that address: June 25, 2017).
 7. Mirzoeva (Lobanova) A.E. Actuality of the problem of cadastral valuation of land plots of Russia // International Scientific and Research Journal - Yekaterinburg, 2017. № 06 (60), Part 2. 2. P. 121-126.
 8. Mirzoeva (Lobanova) A.E. Analysis of the current state of the management system of land resources and immovable property in the Russian Federation / A.E. Mirzoeva (Lobanova), A.S. Ovchinnikova // Development of modern science: theoretical and applied aspects: a collection of articles of students, undergraduates, graduate students, young scientists and teachers. Center for Social and Economic Research. Perm, 2017. pp. 32-37.
 9. Mirzoeva (Lobanova) AE, Ovchinnikova AS Features of geodetic support of cadastral activity in the Russian Federation // Geodesy and cartography. - 2017. - Т. 78. - No. 6. - S. 00-00. DOI: 10.22389 / 0016-7126-2017-924-6-00-00.
 10. Mirzoeva (Lobanova) A.E. Modern problems of determining cadastral value in settlements of the Autonomous Republic of Crimea / A.E. Mirzoeva (Lobanova), E.N. Bykov // Materials of the XVII International Youth Scientific Conference at 6 pm - 2016. Part VI. - P. 263-267.
 11. Pavlova, A.I. History of land cadastre development in Russia History of development of land cadastre in Russia / A.I. Pavlova, D.S. Chmyreva // Borona.net. - 2014. - №1.
 12. Polikarpov A.M. Problems of the cadastral system in the Russian Federation. Polikarpov, A.E. Mirzoeva (Lobanova), A.S. Ovchinnikova // Education, Economics, Society. - 2015. - № 3-4 (49-50). - P. 125-129.
 13. Semenova Evgenia Alexandrovna. Investigation of the features of the application of expert systems for standardization of cadastral valuation of urban lands and development of models for their information support: Dis. Cand. tech. Sciences: 25.00.26 Moscow, 2005, 150 p.
 14. Land management, land cadastre, land management and land evaluation (foreign experience) / Ed. S.N. Volkova and V.S. Kislova. - Moscow: Technology, 2003 - 387 p.

Reference

1. The budget message of the President of Russia on the budget policy in 2012-2014 (June 29, 2011) [Electronic Resource]. Access mode: <http://www.egonline.ru/information/bjudzhetnoe-poslanie/> (Date of circulation: June 23, 2017).
2. Varlamov AA, Galchenko SA // State cadastre of real estate: textbook. - St. Petersburg: "The Bustard." - 2012. - P. 32-34.



INTERRELATION OF PROBLEMS IN THE FIELDS OF CADASTRE ACCOUNTING, REGISTRATION AND CADASTRE EVALUATION OF THE REAL ESTATE IN RUSSIAN FEDERATION

Lobanova A.E.	Ovchinnikova A.S.
Cadastral engineer, «KRT System»	Cadastral engineer, «KRT System»
Address: 8/ 11, 3rd passage Perova field, Moscow, Russia E-mail: xaxexyxo@mail.ru	Address: 8/ 11, 3rd passage Perova field, Moscow, Russia E-mail: anchik68@mail.ru

Abstract. At the beginning of the ninth century, the population of Russia was in need of defining the boundaries of its possessions, as well as preserving and protecting the rights to real estate, which gave impetus to the creation of a certain system of management and accounting of land resources, and, subsequently, other real estate objects. Thus, the cadastral and registration systems of the Russian Federation were formed. With the passage of time, they gradually developed, and the problems that arose with this development were addressed through changes in legislation. In 2017, the two most powerful and most extensive information resources of Russia - a single state register of rights and a state real estate cadastre - merged into a single state real estate register. This event necessitated the study of the problem of maintaining this resource, as well as the shortcomings of the procedures (cadastre registration and registration of rights), the purpose of which is to fill it out and update, in their overall relationship. In addition, the information contained in the register of real estate is the initial information when conducting a cadastral valuation, which also causes imperfections in this procedure. It should be noted that the unified state register of real estate must necessarily comply with the provisions of the law, which confirms its legal significance in the state administration of land resources and real estate. Providing protection of the rights of owners, land users, landowners and other rightholders, the register fulfills its legal function to citizens. The economic role of the real estate registry is to collect, store, analyze, update and organize information about real estate objects and their rightholders, which is the basis for calculating tax payments. Also, do not forget about the environmental side of the property registry, which allows you to formulate and rationally use land resources and protect land. From the technical point of view, the real estate registry contains a geodetic and cartographic basis for cadastral work, and also allows for accurate calculations of areas in order to avoid occurrence of shortcomings in land use. Finally, the real estate register performs such social tasks as providing information to applicants, simplifying procedures for requesting information, informing citizens and legal entities, the possibility of cadastral registration and registration of rights, cadastral valuation of real estate.

Key words: state cadastral registration, problems of cadastral system in Russian Federation, law, geodesy, real estate, society, registration of rights, cadastral valuation, interaction of accounting, registration and evaluation systems, information about immovable property, taxes

© Лобанова А.Э., Овчинникова А.С., 2018



Российский университет
дружбы народов
RUDN University

МАГИСТРАТУРА

ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО И КАДАСТРЫ

ТЕХНОЛОГИИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ И КАДАСТРОВЫХ РАБОТ



15 бюджетных мест
+ места с оплатой стоимости обучения
Стоимость 281500 руб./год, 1 год - 20% скидка
Дополнительные стипендии за научную работу



Очное отделение (2 года, 281500 руб./год+скидка)
Вечернее отделение (2,5 года, 95000 руб./год)
Заочное отделение (2,5 года, 85000 руб./год)
Учеба по индивидуальному плану



Учеба в многонациональных группах
Общение на иностранных языках
Программа «Интенсив» и диплом Переводчика
Зарубежные стажировки и мобильность



Высокотехнологическое интерактивное обучение
Свой Центр беспилотных систем
Модуль «Роскосмоса» в учебном плане
Обучение AutoCAD, Mapinfo и ГИС
Электронная тахеометрия и GNSS



Участие в учебном процессе ведущих ученых,
действующих специалистов-практиков из России,
Греции, Италии, США, Латинской Америки и др.



Производственная практика на базе ведущих
научных и производственных геодезических,
землеустроительных и кадастровых предприятий
с возможным трудоустройством на их базе



Возможность обучения в совместной магистратуре
РУДН и Университета Аристотеля (Греция)
Remote Sensing of Environment (на английском языке)
1 год в России (РУДН) и 1 год в Греции, два диплома

★ В рамках магистратуры мы готовим экспертов международного класса для работы в сфере земельно-имущественных отношений, геодезической и кадастровой деятельности в России и зарубежом.

★ Выпускник способен самостоятельно осуществлять геодезическую съемку земельного участка и объектов недвижимости, формировать межевой план и другие документы для постановки на кадастр, а также решать широкий круг задач, связанных с созданием цифровой картографической продукции с применением систем лазерного сканирования, электронных тахеометров, спутниковых ГЛОНАСС/GPS технологий, беспилотных летательных аппаратов и материалов аэро- и космической съемки для планирования рационального и эффективного использования земель и объектов недвижимости, проведения экспертиз и разрешения споров в сфере земельно-имущественных отношений, кадастровой оценки и т.д.

★ Для проведения практических и лабораторных работ используется самое современное геодезическое, фотограмметрическое и картографическое оборудование – спутниковые системы, электронные тахеометры, цифровые нивелиры, беспилотные летательные аппараты, цифровые фотограмметрические станции, а также инновационное программное обеспечение для проектирования и автоматизации землеустроительных, геодезических и кадастровых работ.

★ После 1 курса - **производственная и научно-исследовательская практики**, которые проходят в ведущих научных и производственных профильных организациях для получения профессиональных компетенций и возможного трудоустройства. **Базы практик:** Департамент городского имущества г. Москвы, Инженерно-технологический центр «СканЭкс»; подразделения Газпрома, Аэропорт «Домодедово», Мосгоргеотрест, Метрострой г. Москвы; CREDO-Диалог; Почвенный институт; Геофизический центр РАН; Московское областное БТИ; ЦСЭМ «Московский»; Ассоциация российских экспертов-оценщиков; Филиалы Росреестра; кадастровые палаты; Агрохолдинги; частные риэлтерские компании, оценочные, кадастровые, землеустроительные и геодезические фирмы (ВидПроект, ГеоПрофи и др.).

★ Прием осуществляется по результатам сдачи Междисциплинарного вступительного экзамена.

★ В случае успешного освоения образовательной программы выдается **диплом магистра государственного образца.**

НЕОБХОДИМЫЕ ДОКУМЕНТЫ

- ★ Копия паспорта
- ★ Диплом о высшем образовании (не ниже бакалавра)
- ★ Личное заявление
- ★ Фотографии 3x4 - 6 штук

★ КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

АГРАРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ РУДН
117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, дом 8 корпус 2,
(здание Аграрно-технологического института)
тел.: 8(916)823-15-90
www.agro-rudn.ru, dokukin_pa@rudn.university