© Mehmet Kuruoğlu, 2010

# A COMPUTER PROGRAM AS INTERFACE BETWEEN GIS AND DYNAMIC SITE RESPONSE COMPUTING DOMAINS

**Mehmet Kuruoğlu**

*PhD, Dokuz Eylül University, Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering, Tınaztepe Campus, Buca-Izmir, Turkey, mehmet.kuruoglu@deu.edu.tr*

In this paper, a methodology has been introduced in order to perform geographical information system (GIS) based dynamic soil behavior analysis. DISO 7.0 computer program was developed using Visual Basic programming language to manipulate large amount of geotechnical data and to prepare a data input file for performing dynamic analyses. The scattered geotechnical data for soils of the northern coast of Izmir Bay (Turkey) area have been collected and loaded to the constructed dynamic soil database. Dynamic soil parameters were calculated, and liquefaction analysis was performed using DISO 7.0 program following the complete of site-response analyses. The post-liquefaction settlement was also calculated with DISO 7.0. Methodology and processing principles of this computer program has been introduced, and its application to the soils of the northern coast of Izmir Bay (Turkey) area is presented.

## 1. INTRODUCTION

Use of GIS in geotechnical earthquake engineering has enjoyed attention of engineers due to the spatial character of the subsurface data. GIS has been used for computations of spatial seismic hazard analyses, dynamic slope stability and liquefaction analysis over large regions, and more localized ground deformation assessments (Mabey, 1997; Rogers, 1997). The processes of site-specific and regional spatial hazard analysis rely on the interpretation, interpolation and extrapolation of sampled data to accommodate both the limitations in sampling resolution and the variability.

Modern GIS technology provides a powerful tool for the compilation, archival, management and relation of large amounts of spatially linked information necessary for spatial analysis of ground motion amplification (Borcherdt, 1997). Similarly, GIS tools were used in seismic hazard mapping and evaluation of liquefaction damage (O'Rourke and Pease, 1997). Mapping liquefiable layer thickness provided a useful means of locating areas of potential liquefaction. Especially 2D GIS approach was found somehow inadequate in representing 3D nature of the geotechnical information. The 3D extensions are now available in software, and it is easy to cover the area of interest in three dimensions. GIS have provided also a platform that is suitable for needs of earthquake hazard analyses. Such application of GIS in seismic hazard analyses was performed using MATLAB routines and GIS to assess liquefaction potential of western Puerto Rico (Divakarla et al., 1998). Besides, the spatial analysis for evaluating the ground motion amplification, liquefaction potential, liquefaction-induced settlements and the effect of such deformations on structures were also developed (Luna and Frost, 1998; Luna et al., 1998). GIS-based methodology has been also used to evaluate the quality of geotechnical data obtained from boreholes during the geotechnical site characterization (Deaton et al., 2001). Data quality issues related to geotechnical hazard evaluation was studied previously by Luna (1997).

A geotechnical database related with geographic information system was developed firstly by Real (1993) to support large volumes of spatial data. Similarly, geotechnical database was established for storing and analysis of geotechnical data for the purpose of liquefaction and landslide hazard zoning in California (Real and McGuire, 1998). Maps of dynamic soil response for the city of Barcelona were prepared through a GIS environment (Jimenez et al., 2000). In another study, geotechnical and geological maps of El-Fayoum depression area, which is located at 80 km south west of Cairo, Egypt, were also prepared using the GIS techniques (El-Nokrashy et al., 2001). A GIS-based analysis of the landslides induced by the Chi-Chi earthquake occurred at Taiwan in 1999 was conducted by Lin and Tung (2004).

3D modeling for site planning was studied by various researchers (Kreuseler, 2000; Döllner and Hinrichs, 2000; Lees, 2000) in the past. The use of visualization techniques for field based GIS in various spatial disciplines has been studied by different researchers (Pundt and Brinkkötter-Runde, 2000; Nelson et al., 2003). A GIS-based application tool (Geo-GIS) was developed for storing significant quantities of geotechnical subsurface data and information for bridges across the State of Alabama (Graettinger and Simmons, 2003).

Seismic risk analysis of a site is a major concern in seismically active areas. Spatial earthquake risk analysis was carried out for Bakirkoy-Istanbul district (Çinicioğlu et al., 2001), and for the city of Bursa (Topal et al., 2003). Destructive earthquakes occurred at the Kocaeli and Düzce provinces in the Marmara region of Turkey in 1999 created a strong emphasize on the effect of local site conditions on levels of damage (Kalkan and Gülkan, 2004). Following these strong events, most of the researches were concentrated on geological and geotechnical factors affecting seismic hazard.

In this study, a computer based methodology was developed to perform GIS based dynamic soil behavior analysis. Development of GIS based interfacing software (DISO 7.0) provided to process large amount of geotechnical data in order to calculate parameters required for dynamic analyses and created a connection between resulting data and geographical coordinates. DISO 7.0 computer program was prepared using Visual Basic programming language. In this study, methodology and processing principles of DISO 7.0 have been introduced, and its application to the soils of the northern coast of Izmir Bay area is presented.

## 2. SCOPE AND METHODOLOGY

The scope of this study is to develop a GIS based methodology in order to perform dynamic site response analyses using geotechnical data. For this aim, geotechnical and strong ground motion databases were constructed, DISO 7.0 software was developed in Visual Basic, and this software was related to dynamic databases according to geographical coordinates. Use of this methodology provides to perform dynamic analysis for any parcel or selected boring locations. Thus, local soil conditions can be taken into consideration for dynamic soil behavior. Besides, geotechnical data, earthquake recordings and dynamic analysis results are loaded to related databases.

The methodology was applied to the northern coast of Izmir Bay (Turkey) area soils. The city of Izmir, which is the thirdest greatest city of Turkey, is located on the west coast of Anatolia. The Western Anatolia is one of the major seismically active zones in the Mediterranean due to its active tectonics. Coastal area on the north of the Izmir Bay having thick alluvial strata was selected for application of the methodology. Firstly, large amount of geological and geotechnical data for soils of the northern coast of Izmir Bay area was obtained. These scattered data were recorded into “Geotechnical Properties” database constructed at Access format. This database contains geotechnical data from 238 borehole locations and 106 CPT locations at selected area. Geographical coordinates of borehole locations were determined from original maps (scaled 1/1000) and recorded at the database. Digitization of these coordinates was completed, and digital map of project area was prepared using ArcView 3.2 GIS (ESRI, 1999) software.

Izmir has been subjected to moderate scale earthquakes in recent years (between 2003 and 2005, especially). Acceleration records of these earthquakes occurred in the vicinity of Izmir were obtained. “Strong Ground Motion” database have been constructed collecting these records together. The corrected acceleration records for moderate scale earthquakes were reached from the web site of European Strong-Motion database (Ambraseys et al., 2002).

## 3. DEVELOPMENT OF INTERFACE SOFTWARE DISO 7.0

The interface software DISO 7.0 was developed following the construction of geotechnical database. DISO 7.0 is capable of reading geotechnical data from database, performing calculations of dynamic parameters for dynamic site response analyses, and preparing a data input file for dynamic analysis software EERA (Bardet et al., 2000). The capability of software was increased then in order to perform liquefaction analysis and

calculation of post-liquefaction settlement. Results of dynamic analyses were recorded to the directory as EERA files for each analyzed boring location, and summary table of results were constructed as "Results of Analysis" in the database. These results were related to the geographical coordinates of digital map. Thus, maximum ground surface acceleration, amplification ratio (surface/bedrock), factor of safety against liquefaction and post-liquefaction settlement values were evaluated with GIS methodology.

The major part of the study is development of software that can perform the abovementioned tasks of a geotechnical earthquake engineering problem since the geotechnical data can be used in dynamic site response and liquefaction analyses following additional calculations. One of the main properties of this software is to provide efficient communication with EERA (Bardet et al., 2000) software performing dynamic site-response analyses and GIS software.

DISO 7.0 provides a graphical user interface (GUIS) in order to link the constructed databases with the GIS software ArcView 3.2 (ESRI, 1999). Besides, data manipulation options such as selection of borehole locations on digital map are available. The geotechnical data for selected borehole can be displayed as a profile. From this point of view DISO 7.0 can be regarded as small-scale geographic information software. DISO 7.0 is able to perform liquefaction and post-liquefaction settlement analyses similar to its predecessors (Frost et al., 1997; Divakarla et al., 1998).

DISO 7.0 includes subroutine forms of Visual Basic. These forms were prepared for calculation of dynamic parameters and drawing digital map for software. Related form was called from each other and integrated working of forms was provided. Geotechnical data, which were collected in Geotechnical Properties database, are read using DISO 7.0, and calculations for dynamic parameters are performed. Data input file for site response analysis is prepared, and results of dynamic analysis are recorded to the "Results of Analysis" database using DISO 7.0. Liquefaction analysis is performed with DISO 7.0, and post-liquefaction settlement values are calculated. Connection between Geotechnical Properties and Strong Ground Motion databases and dynamic analysis software EERA is provided with DISO 7.0.

The preferred methodology for site response analysis is based on the equivalent linear model. The parameters $G_{max}$ (maximum shear modulus) and $\xi$ (damping ratio) are referred to as equivalent linear parameters of the soil material. These parameters are used to describe the dynamic behavior of soils in site response analysis. Dynamic soil parameters ($G_{max}$ and $\xi$) are calculated with DISO 7.0 utilizing geotechnical data collected at Geotechnical Properties database. Maximum shear modulus ($G_{max}$) can be calculated from empirical relationships for clays (Hardin and Drnevich, 1972) and for sands (Seed and Idriss, 1970). $G_{max}$ can be also determined from corrected SPT-N values (Ohta and Goto, 1976, Imai and Tonouchi, 1982). The variation of the modulus ratio ($G/G_{max}$) and damping ratio ($\xi$) with shear strain ($\gamma$) is computed from Ishibashi and Zhang (1993) formulations. Modulus ratio and damping ratio values for each layer of the soil profile are calculated for shear strains varying between 0.0001 and 10 percent using DISO 7.0. These values are recorded to the material property sheets in the data input file of EERA. The modulus reduction and damping curves are drawn for each material sheet during this process.

## 4. DYNAMIC SOIL BEHAVIOR ANALYSES

Dynamic site response analysis is the backbone of any deterministic seismic hazard analysis. The equivalent linear one-dimensional site response analysis methodology was applied in this study. The spreadsheet format of SHAKE (Schnabel et al, 1972) algorithm, EERA (Bardet et al., 2000) was preferred. The input data file for EERA was prepared using DISO 7.0. The modular structure of DISO 7.0 is shown in Figure 1. Detailed algorithm tree is given in Figure 2. Running procedure can be seen also in Figure 2. Liquefaction analysis can be performed with DISO 7.0 using the magnitude of earthquake and maximum ground surface acceleration calculated from dynamic site-response analysis. Post-liquefaction settlement values can be calculated also for selected boreholes. The connection between Geotechnical Properties and Strong Ground Motion databases with EERA (Bardet et al., 2000) is also provided by DISO 7.0.

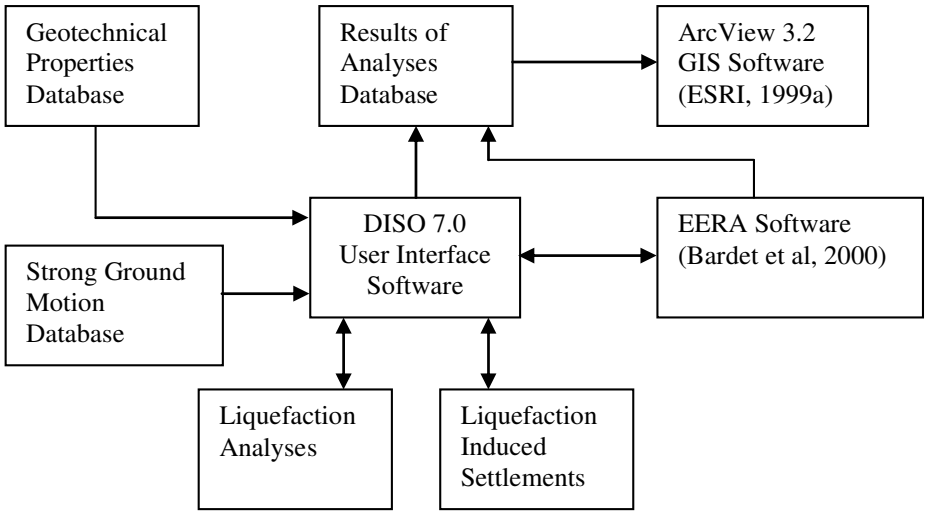



**Figure 1.** Modular Structure of DISO 7.0

The preferred methodology for site response analysis is based on the equivalent linear model. The parameters $G_{max}$ (maximum shear modulus) and $\xi$ (damping ratio) are referred to as equivalent linear parameters of the soil material. These parameters are used to describe the dynamic behavior of soils in site response analysis. The variation of the modulus ratio ($G/G_{max}$) and damping ratio ($\xi$) with shear strain ($\gamma$) is calculated using DISO 7.0, and shown graphically for each soil material sheet in EERA software.

Dynamic soil behavior analyses were performed using EERA (Bardet et al., 2000) software. EERA is run in MS Excel environment. Therefore data input and manipulations are easy. Another advantage of EERA is that the number of soil material models and integrations for Fourier analysis are not limited. Results of site-response analyses were compared with SHAKE (Schnabel et al., 1972), and both programs gave the equivalent results.

EERA software includes Excel calculation sheets. Earthquake record is selected from Strong Ground Motion database and loaded to "Earthquake" sheet of EERA, firstly. Maximum acceleration on bedrock was estimated from Campbell (1997) attenuation relationship, and written as input in the "Earthquake" sheet. The corrected records of several moderate scale earthquakes in the vicinity of Izmir were collected in the "Strong Ground Motion" database. Acceleration record is read from Strong Ground Motion database when dynamic analysis will be performed.

Properties of soil layers are transferred into "Profile" sheet, and dynamic properties of materials for each layer are collected in "Material" sheet of EERA data input file using DISO 7.0 software. When EERA is run, earthquake knowledge is read, and dynamic parameters (acceleration, velocity, and displacement) for various strain values are calculated. Maximum acceleration and spectral acceleration values on ground surface and on each layer between surface and bedrock are determined from analysis.

Dynamic analysis is performed applying three different methods according to bedrock location. Bedrock depth is assumed as the last SPT-depth of soil profile in the first method. When bedrock depth cannot be determined and absence of sufficient data for selected location occurs, user can apply this method. If bedrock depth can be estimated and the alluvial profile on bedrock is not thick, the second method is used. Bedrock depth is taken as estimated depth in this method, and soil type at last SPT-depth is extended to the bedrock depth in order to reduce the absence of geotechnical data. The third method is applied for deep alluvial soil strata on bedrock. Soil profile is extended to the bedrock depth. The confined aquifer solution is applied below 80 m depth convenient for the local geological stratification in the third method.

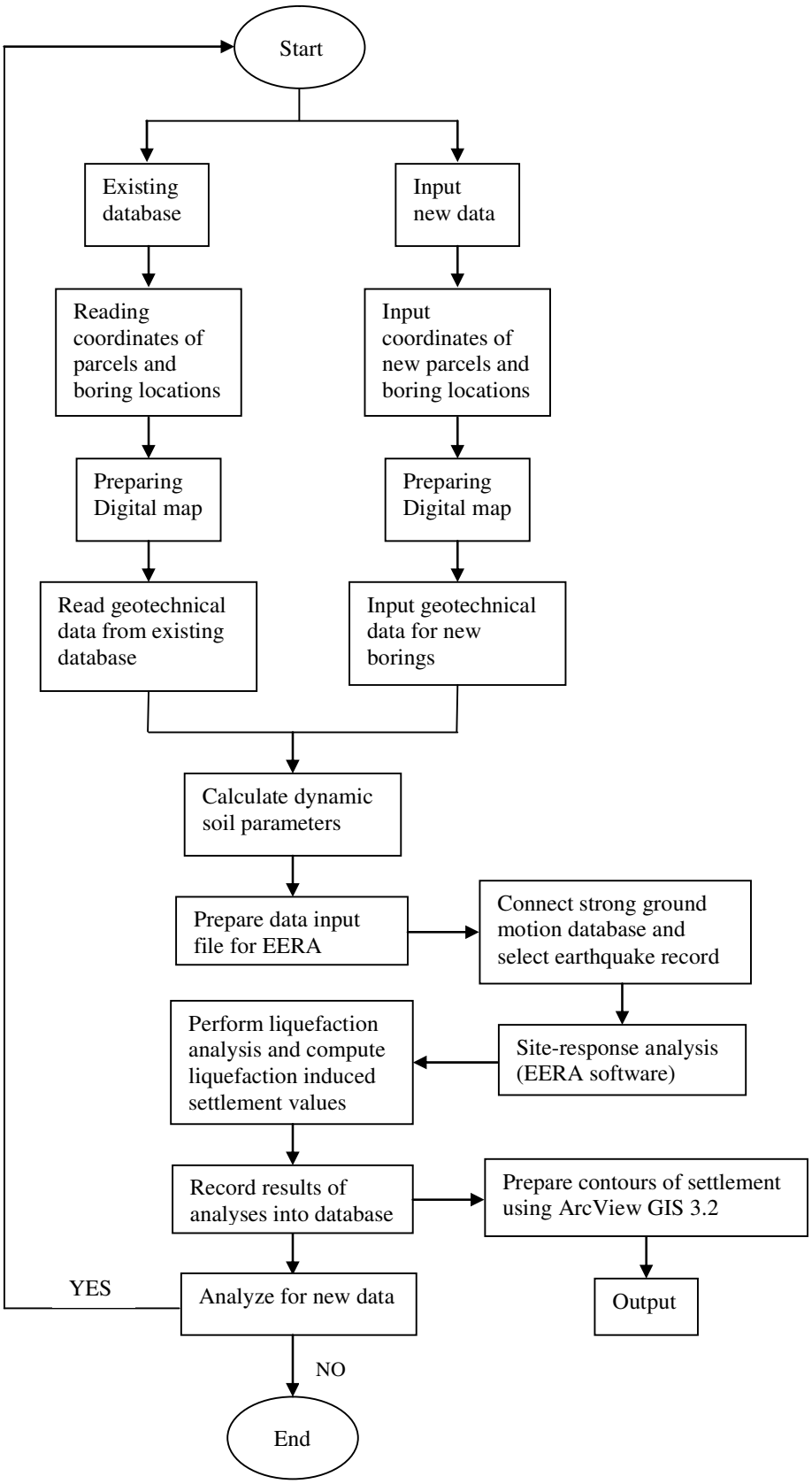



**Figure 2.** DISO 7.0 algorithm tree

Liquefaction analysis is performed following the estimation of maximum ground surface acceleration from dynamic analysis. The state-of-the-art methodology developed by Youd and Idriss (1997) is employed during liquefaction analysis. Estimation of two variables is required for evaluation of liquefaction resistance of soils: The cyclic stress ratio (CSR) and the cyclic resistance ratio (CRR). The cyclic stress ratio required to generate liquefaction was calculated using the simplified methodology developed by Seed and Idriss (1971). The cyclic resistance ratio can be determined from $(N_1)_{60}$ value for M=7.5 earthquake. The cyclic resistance ratio for other magnitudes can be obtained by multiplying CRR for M=7.5 earthquake by magnitude correction factors (Youd and Idriss, 1997). The ratio of cyclic resistance ratio to cyclic stress ratio gives the factor of safety against liquefaction, $FS_L$. Factor of safety less than 1.0 means saturated layer liquefiers, otherwise liquefaction does not occur.

Liquefaction induced settlements can be calculated using Ishihara and Yoshimine (1992) approach based on Tokimatsu and Seed (1987) methodology. A chart is used for estimating post-liquefaction volumetric strain of clean sand as a function of $FS_L$. The relative density, SPT resistance, or CPT tip resistance can be used to obtain post-liquefaction volumetric strain. The volumetric strain for each layer is multiplied by thickness of the layer and post-liquefaction settlement values are obtained.

When DISO 7.0 is run, a digital map displaying parcels and boring locations at selected project area can be seen on the screen. Any parcel or group of boring locations can be selected from digital map drawn in DISO 7.0 (Figure 3). Soil profile for selected boring location and variation of SPT-N values with depth are shown on a new screen as illustrated in Figure 4. Geotechnical properties of this location are given as the Geotechnical Data table in Figure 5.

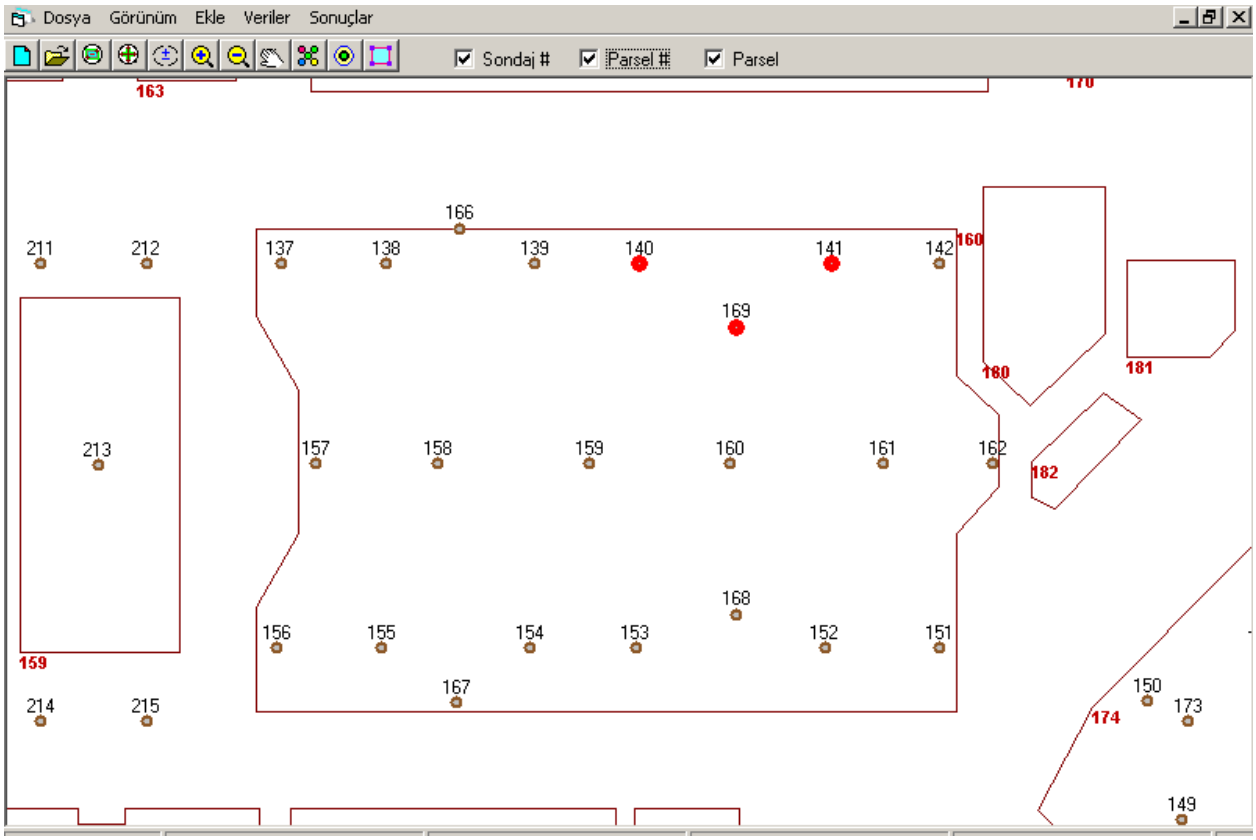



**Figure 3.** Selection of boring locations in a parcel (DISO 7.0 software)

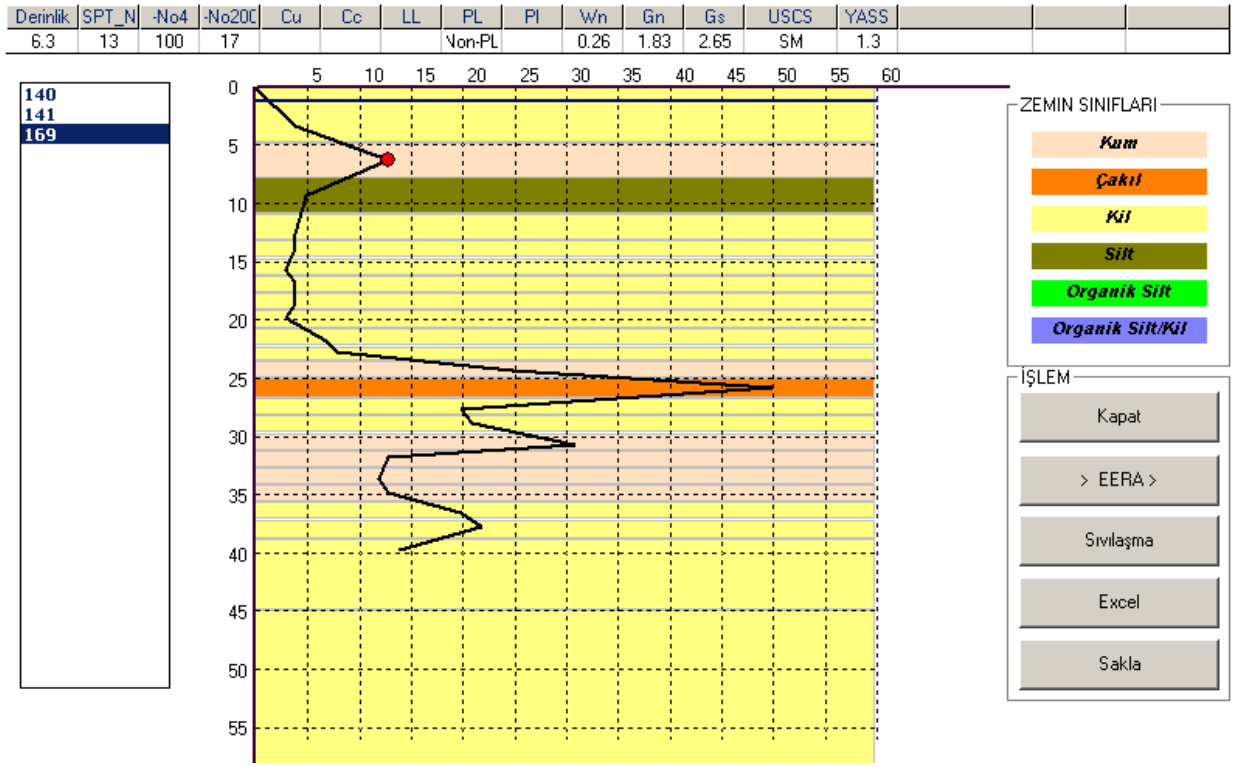
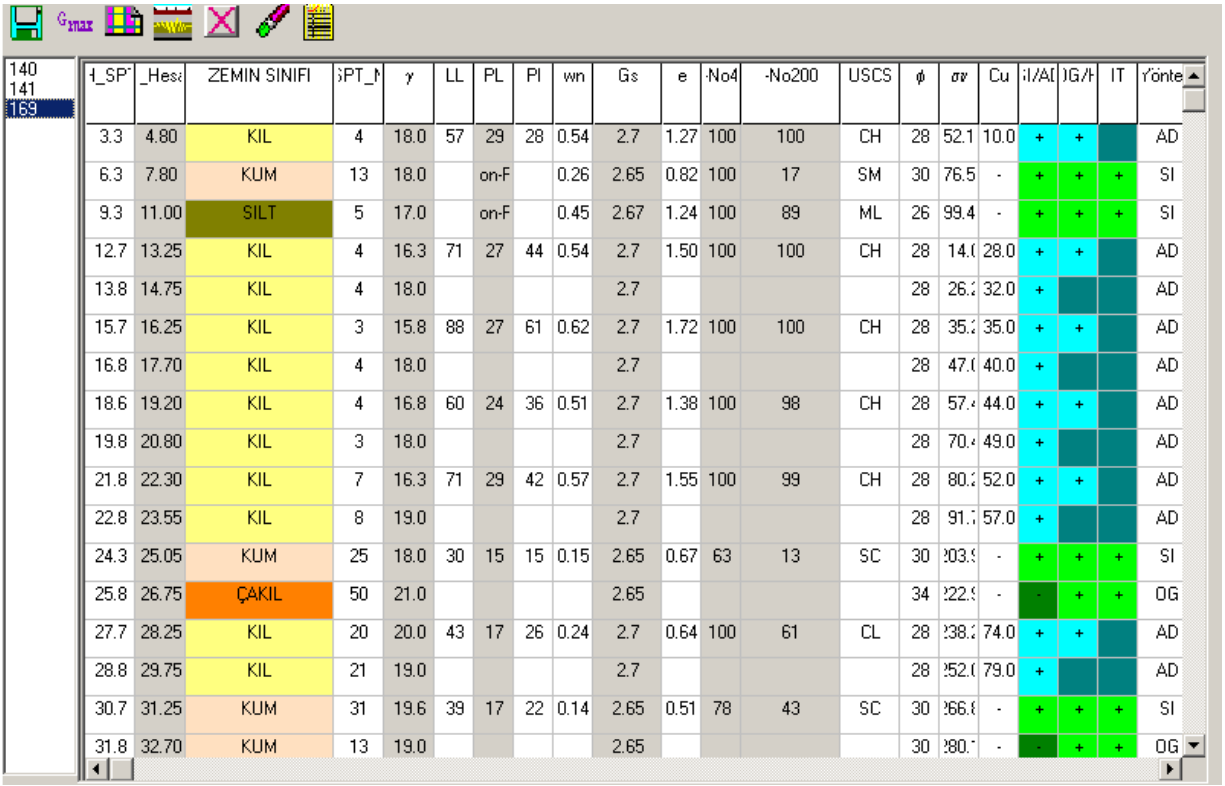



**Figure 4.** Soil profile of Borehole #169 in Bostanlı-Izmir region (DISO 7.0 software)




| _SP | _Hesa | ZEMIN SINIFI | SPT_N | γ | LL | PL | PI | wn | Gs | e | -No4 | -No200 | USCS | ϕ | σv | Cu | IT | Yönte |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3.3 | 4.80 | KIL | 4 | 18.0 | 57 | 29 | 28 | 0.54 | 2.7 | 1.27 | 100 | 100 | CH | 28 | 52.1 | 10.0 | | AD |
| 6.3 | 7.80 | KUM | 13 | 18.0 | | on-F | | 0.26 | 2.65 | 0.82 | 100 | 17 | SM | 30 | 76.5 | - | | SI |
| 9.3 | 11.00 | SILT | 5 | 17.0 | | on-F | | 0.45 | 2.67 | 1.24 | 100 | 89 | ML | 26 | 99.4 | - | | SI |
| 12.7 | 13.25 | KIL | 4 | 16.3 | 71 | 27 | 44 | 0.54 | 2.7 | 1.50 | 100 | 100 | CH | 28 | 14.( | 28.0 | | AD |
| 13.8 | 14.75 | KIL | 4 | 18.0 | | | | | 2.7 | | | | | 28 | 26.2 | 32.0 | | AD |
| 15.7 | 16.25 | KIL | 3 | 15.8 | 88 | 27 | 61 | 0.62 | 2.7 | 1.72 | 100 | 100 | CH | 28 | 35.2 | 35.0 | | AD |
| 16.8 | 17.70 | KIL | 4 | 18.0 | | | | | 2.7 | | | | | 28 | 47.( | 40.0 | | AD |
| 18.6 | 19.20 | KIL | 4 | 16.8 | 60 | 24 | 36 | 0.51 | 2.7 | 1.38 | 100 | 98 | CH | 28 | 57.4 | 44.0 | | AD |
| 19.8 | 20.80 | KIL | 3 | 18.0 | | | | | 2.7 | | | | | 28 | 70.4 | 49.0 | | AD |
| 21.8 | 22.30 | KIL | 7 | 16.3 | 71 | 29 | 42 | 0.57 | 2.7 | 1.55 | 100 | 99 | CH | 28 | 80.2 | 52.0 | | AD |
| 22.8 | 23.55 | KIL | 8 | 19.0 | | | | | 2.7 | | | | | 28 | 91.1 | 57.0 | | AD |
| 24.3 | 25.05 | KUM | 25 | 18.0 | 30 | 15 | 15 | 0.15 | 2.65 | 0.67 | 63 | 13 | SC | 30 | 203.9 | - | | SI |
| 25.8 | 26.75 | ÇAKIL | 50 | 21.0 | | | | | 2.65 | | | | | 34 | 222.9 | - | | OG |
| 27.7 | 28.25 | KIL | 20 | 20.0 | 43 | 17 | 26 | 0.24 | 2.7 | 0.64 | 100 | 61 | CL | 28 | 238.2 | 74.0 | | AD |
| 28.8 | 29.75 | KIL | 21 | 19.0 | | | | | 2.7 | | | | | 28 | 252.( | 79.0 | | AD |
| 30.7 | 31.25 | KUM | 31 | 19.6 | 39 | 17 | 22 | 0.14 | 2.65 | 0.51 | 78 | 43 | SC | 30 | 266.8 | - | | SI |
| 31.8 | 32.70 | KUM | 13 | 19.0 | | | | | 2.65 | | | | | 30 | 280.7 | - | | OG |

**Figure 5.** Geotechnical data for Borehole #169 in Bostanlı-Izmir region (DISO 7.0 software)

A sample liquefaction analysis for Borehole #169 in Bostanlı-Izmir (Turkey) region was performed using DISO 7.0. Liquefaction potential was determined in sand layers (red color displays that liquefaction may occur in the analyzed depth) of soil profile shown in Figure 6 for M=6.5 earthquake and $a_{max}$=0.27g. The post-liquefaction settlement within the 20 m depth from ground surface was obtained as 28 cm. Since liquefaction was not estimated to occur below 20m depth, sand layer, having liquefaction potential, between 32.0-35.0 m depths would not be taken into account. Dynamic soil behavior analyses were performed for 238 borehole locations available at constructed database. Then, results of site response and liquefaction analyses were related to the geographic coordinates of borehole locations using GIS software, and contour maps of dynamic parameters were prepared using GIS mapping techniques.

## CONCLUSIONS

In this study, a methodology and processing principles of DISO 7.0 computer program has been introduced, and its application to the soils of the northern coast of Izmir Bay (Turkey) area is presented. DISO 7.0 computer program was developed using Visual Basic programming language in order to manipulate large amount of geotechnical data and to prepare a data input file for performing dynamic analyses. DISO 7.0 provides an interface between geographical information system (GIS) and dynamic site response computing domains. The large amount of geological and geotechnical data for soils of the northern coast of Izmir Bay area have been loaded to the constructed dynamic soil database. The city of Izmir, which is one of the greatest cities of the country, has been subjected to moderate scale earthquakes in recent years (1977 Izmir Earthquake, M=5.3; 1992 Doganbey Earthquake, M=6.0; 2003 Urla Earthquake, M=5.6; 2005 Sigacik Bay Earthquakes, M=5.6-5.9; 2005 Uzunkuyu-Urla Earthquake, M=5.9). Acceleration records of these earthquakes occurred in the vicinity of Izmir are loaded to the "Strong Ground Motion" database. DISO 7.0 provides a link between these databases. Dynamic parameters required for equivalent-linear 1-D dynamic site response analyses are calculated using DISO 7.0. Dynamic site response analyses are performed using EERA (Bardet et al., 2000) software, and liquefaction analyses are performed with DISO 7.0 using results of dynamic analyses. The post-liquefaction settlement values are also calculated with DISO 7.0. A sample application of liquefaction analysis is given for the northern coast of Izmir Bay area soils. DISO 7.0 provides also a link between constructed databases and GIS software. Results of site response and liquefaction analyses were related to the geographic coordinates of borehole locations, and contour maps were prepared using GIS software.

## REFERENCES

AMBRASEYS, N.N., SMIT, P, SIGBJORNSSON, R., SUHADOLC, P. and MARGARIS, B. 2002. Internet-Site for European Strong-Motion Data, *EVR1-CT-1999-40008, European Commission, Research-Directorate General XII, Environment and Climate Programme, Brussels, Belgium,*<*www.isesd.cv.ic.ac.uk/ESD/frameset.htm*>

BARDET, J.P., ICHII, K. and LIN, C.H. 2000. EERA – A Computer Program for Equivalent-Linear Earthquake Site Response Analyses of Layered Soil Deposits. *Univ. of Southern California, Dept. of Civil Engineering, August 2000.*

BORCHERDT, R.D. 1997. Spatial Ground-Motion Amplification Analysis, Spatial Analysis in Soil Dynamics and Earthquake Engineering, *ASCE Geotechnical Special Publication No.67, Ed. Frost, D.J., New York, USA, ISBN: 0-7844-0258-2*, 56-69.

CAMPBELL, K.W. 1997. Empirical near-source attenuation relationships for horizontal and vertical components of peak ground acceleration, peak ground velocity, and pseudo absolute acceleration response spectra. *Seismological Research Letters*, 68, 1, 154-179

ÇİNİCİOĞLU, S.F., ÖZTOPRAK, S., KELEŞOĞLU, M.K. and ÖZYAZGAN, C. 2001. Spatial Site Safety Analysis for Bakirkoy District of Istanbul. *XVth International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Istanbul, Turkey*, Proceedings Book, 385-388.

DEATON, S.L., FROST, J.D., LUNA, R. and PARSONS, R.L. 2001. GIS-Based Evaluation of Geotechnical Borehole Log Quality. *Journal of the Transportation Research Board,* TRR No. 1755, TRB/NRC, Washington D.C., 15-25.

DIVAKARLA, P.K., HOYOS, L.R. and MACARI, E.J. 1998. Assessment of Liquefaction Potential of Western Puerto Rico, *Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics III, ASCE and Geo-Institute, Geotechnical Special Publication No.75, ISBN: 0-7844-0361-9*, 530-541.

DOLLNER, J. and HINRICHS, K. 2000. An Object-Oriented Approach for Integrating 3D Visualization Systems and GIS. *Computers & Geosciences*, 26, 67-76

EL-NOKRASHY, M.O., ABDEL-RAHMAN, A.M. and ABDEL-SALAM, A.E. 2001. Development of Geotechnical Map Using a Geographic Information System. *XVth*

*International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Istanbul, Turkey*, Proceedings Book, 83-86.

ESRI. 1999. ArcView GIS 3.2 for Windows, Environmental Systems Research Institute, Inc., Redlands, CA, USA.

FROST, J.D., CARROLL, D.P. and ROCKAWAY, T.D. 1997. Spatial Liquefaction Analysis. *Spatial Analysis in Soil Dynamics and Earthquake Engineering: Proceedings of sessions held in conjunction with Geo-Logan '97, Utah State University, Logan, Utah, July 16-19,* 70-86.

GRAETTINGER, A. and SIMMONS, S. 2003. Development of a Statewide Bridge Database and Data Retrieval System. *Technical Report, University Transportation Center for Alabama, UTCA Report No: 02403*, 23.

HARDIN, B.O. and DRNEVICH, V.P. 1972. Shear Modulus and Damping in Soils: Design Equations and Curves. *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division*, ASCE, 98, SM7, 667-692.

IMAI, T. and TONOUCHI, K. 1982. Correlation of N-value with S-wave Velocity and Shear Modulus. *Proc.of Second European Symposium on Penetration Testing, Amsterdam*, 57-72.

ISHIBASHI, I. and ZHANG, X. 1993. Unified Dynamic Shear Moduli and Damping Ratios of Sand and Clay. *Soils and Foundations*, 33, 1, 182-191.

ISHIHARA, K. and YOSHIMINE, M. 1992. Evaluation of Settlements in Sand Deposits Following Liquefaction During Earthquakes. *Soils and Foundations*, 32, 1, 173-188.

JIMENEZ, M.J., GARCIA-FERNANDEZ, M., ZONNO, G. and CELLA, F. 2000. Mapping Soil Effects in Barcelona, Spain, through an Integrated GIS Environment. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 19, 4, 289-301.

KALKAN, E. and GÜLKAN, P. 2004. Site-Dependent Spectra Derived from Ground Motion Records in Turkey. *Earthquake Spectra*, 20, 4, 1111-1138.

KREUSELER, M. 2000. Visualization of Geographically Related Multidimensional Data in Virtual 3D Scenes. *Computers & Geosciences*, 26, 101-108.

LEES, J.M. 2000. Geotouch: Software for Three and Four Dimensional GIS in the Earth Sciences. *Computers & Geosciences*, 26, 751-761.

LIN, M.L. and TUNG, C.C. 2003. A GIS-Based Potential Analysis of the Landslides Induced by the Chi-Chi Earthquake. *Engineering Geology*, 71, 1-2, 63-77.

LUNA, R. 1997. Spatial Data Quality Evaluation in Geotechnical Earthquake Engineering. *Spatial Analysis in Soil Dynamics and Earthquake Engineering, ASCE Geotechnical Special Publication No.67, New York, USA, ISBN: 0-7844-0258-2*, 42-55.

LUNA, R. and FROST, J.D. 1998. Spatial Liquefaction Analysis System. *Journal of Computing in Civil Engineering*, ASCE, 12, 1, 48-56.

LUNA, R, CARROLL, D.P., FROST, J.D., and WU, A.H. 1998. Spatial Evaluation of Earthquake Induced Deformations. *Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics III, ASCE and Geo-Institute, Geotechnical Special Publication No.75, ISBN: 0-7844-0361-9*, 398-409.

MABEY, M.A. 1997. Regional versus Site Specific Spatial Hazard Analysis. *Spatial Analysis in Soil Dynamics and Earthquake Engineering, ASCE Geotechnical Special Publication No.67, New York, USA, ISBN: 0-7844-0258-2*, 29-41.

NELSON, B.L., KRAJEWSKI, W.F., KRUGER, A., et al. 2003. Archival Precipitation Data Set for the Mississippi River Basin: Development of a GIS-Based Data Browser. *Computers & Geosciences*, 29, 595-604.

OHTA, Y. and GOTO, N. 1976. Estimation of s-wave velocity in terms of characteristic indices of soil. *Butsuri-Tanko*, 29, 4, 34-41.

O'ROURKE, T.D. and PEASE, J.D. 1997. Mapping Liquefiable Layer Thickness for Seismic Hazard Assessment. ASCE *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, New York, USA, 123, 1, 46-56.

PUNDT, H. and BRINKKOTTER-RUNDE, K. 2000. Visualization of Spatial Data for Field GIS. *Computers & Geosciences*, 26, 51-56.

REAL, C.R. 1993. A Geotechnically-Oriented GIS for Seismic Hazard Mapping. *Geographic Systems and Their Application in Geotechnical Earthquake Engineering, ASCE,* New York, 90-94.

REAL, C.R. and McGUIRE, T. 1998. Geotechnical Database to Support Seismic Hazard Mapping. *Workshop on Archiving and Web Dissemination of Geotechnical Data, Part 1.1*, 1-16.

ROGERS, J.D. 1997. Spatial Geologic Hazard Analysis in Practice, *Spatial Analysis in Soil Dynamics and Earthquake Engineering, ASCE Geotechnical Special Publication No.67*, New York, USA, ISBN: 0-7844-0258-2, 15-28.

SCHNABEL, P.B., LYSMER, J. and SEED, H.B. 1972. SHAKE – A Computer Program for Earthquake Response Analysis of Horizontally Layered Sites. *A National Science Foundation Report, EERC 72-12,* University of California, Berkeley.

SEED, H.B. and IDRISS, I.M. 1970. Soil Moduli and Damping Factors for Dynamic Response Analyses. *Report EERC 70-10,* Earthquake Engineering Research Center, University of California, Berkeley.

SEED, H.B. and IDRISS, I.M. 1971. Simplified Procedure for Evaluating Soil Liquefaction Potential. *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division*, ASCE, 107, SM9, 1249-1274.

TOPAL, T., DOYURAN, V., KARAHANOĞLU, N. et al. 2003. Microzonation for Earthquake Hazards: Yenişehir Settlement, Bursa, Turkey. *Engineering Geology*, 70, 1-2, 93-108.

TOKIMATSU, K. and SEED, H.B. 1971. Evaluation of Settlements in Sand due to Earthquake Shaking. *Journal of Geotechnical Engineering*, ASCE, 113, 8, 861-878.

YOUD, L. and IDRISS, I.Z. 1997. Proceeding of the NCEER Workshop on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils. NCEER, Technical Report, 97-0022, 87.

***Reviewer: Sc.D (geology-mineralogy) Yu.A.Shykhaliyev***

# ГЕОЛОГИЯ И ГЕОФИЗИКА

© Ю.А.Шыхалиев, А.А.Фейзуллаев, 2010

## О НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ СТРУКТУРЫ «АБШЕРОН» В ЮЖНО-КАСПИЙСКОЙ ВПАДИНЕ: ДОВОДЫ ЗА И ПРОТИВ

**Ю.А.Шыхалиев[1], А.А.Фейзуллаев[2]**

1 – *Геолого-геофизическое Управление ГНКАР*
*AZ1033, Баку, просп. Гейдара Алиева, 83А*

2 – *Институт геологии НАН Азербайджана*
*AZ1143, Баку, просп. Г.Джавида, 29А*

В статье рассматриваются существующие точки зрения относительно перспектив нефтегазоносности структуры Абшерон после пробуренной первой поисковой скважины.

На основании комплекса теоретических предпосылок, результатов бурения первой поисковой скважины и прямой диагностики наличия углеводородов делается вывод о перспективности структуры Абшерон. При этом прогнозируется неравномерное углеводородонасыщение структуры Абшерон. Рекомендуется учитывать этот факт при выборе места заложения очередной поисковой скважины.

### Введение

Перспективная структура Абшерон расположена в пределах нефтегазоносного района Абшеронского архипелага Южно-Каспийского бассейна (ЮКБ), примерно в 40 км к северо-востоку от крупного газоконденсатного месторождения Шах-дениз и к юго-западу от нефтегазоносного мегаблока Гюнешли-Чираг-Азери (рис.1).

Структура Абшерон была выявлена сейсморазведкой в 1960 году. Однако из-за больших глубин моря (более 400 м) и потенциально нефтегазоносных пластов (более 6000 м) поисковое бурение здесь длительное время не проводилось. Бурение первой поисковой скважины АВХ-1 на южном крыле структуры было начато лишь в 2000 году при глубинах моря 520 м. Вскрыв на глубине 6506 м свиту «перерыва», скважина дала лишь скромный приток природного газа и конденсата. Подсчитанные запасы по структуре Абшерон, основанные на результатах бурения этой скважины, были оценены как экономически нерентабельные, и в связи с этим поисковые работы на ней были временно приостановлены.

Это явилось причиной возникновения дискуссии относительно ее перспективности. При этом мнения разделились. Ряд специалистов, исходя из результатов бурения и других геологических факторов, считали, что эта структура бесперспективна и продолжение здесь поисково-разведочных работ нецелесообразно. Другая группа, в основном отечественных специалистов и ученых, считала, что,

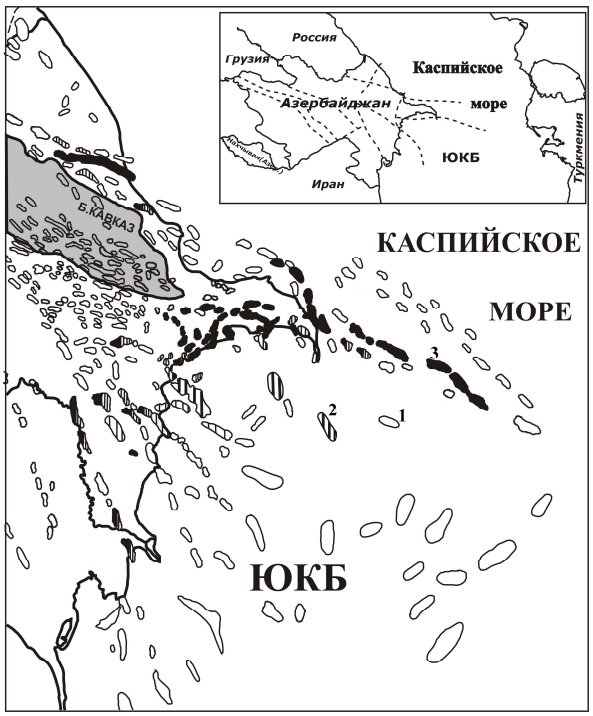



**Рис. 1.** Позиция структуры Абшерон (1) в ЮКБ: 2 – месторождение Шах-дениз; 3 – Гюнешли-Чираг-Азери

несмотря на то, что разведка на перспективной структуре Абшерон была остановлена из-за геологических проблем, «запасы газа здесь могут соответствовать или даже превышать запасы на крупнейшем морском месторождении газа на Каспии «Шах Дениз» (Алиев, 2009). В связи с этим после проведения дополнительной сейсморазведки, детальной ревизии места заложения скважины, результатов ее бурения и изучения вскрытого разреза на структуре Абшерон необходимо продолжение поисковых работ.

Авторы данной статьи, придерживаясь второй точки зрения, делают попытку ее обоснования.

**Перспективы нефтегазоносности структуры Абшерон: основные доводы за и против**

Одним из основных доводов в пользу бесперспективности структуры Абшерон является относительно позднее ее образование в сравнении с большинством структур ЮКБ. Согласно данным BP (Atlas…, 2008), формирование этой структуры началось 0,8 млн. лет тому назад (т.е. в четвертичное время) и продолжается по настоящее время, в то время как другие структуры ЮКБ сформировались 3,4-0,8 млн лет тому назад (рис.2). В связи с этим, по мнению авторов вышеуказанного источника, структура Абшерон в активную фазу образования и миграции углеводородов (УВ) в ЮКБ еще не была сформирована.

Однако серия построенных структурных карт Южного Каспия по условным сейсмическим горизонтам, охватывающим стратиграфический интервал от продуктивной толщи (нижний плиоцен) до юры (рис.3), указывает на зарождение структуры еще до отложений ПТ. Как видно из представленных на рисунке фрагментов структурных карт Южного Каспия, контуры структуры Абшерон просматриваются, начиная с отложений юры, и фиксируются во всех вышележащих комплексах. Иначе говоря, эта структура не является бескорневой, возникшей в поздней истории развития бассейна, а имеет унаследованный характер, ее формирование началось уже в юре и продолжается до настоящего времени.

Если вспомнить об унаследованно-конседиментационном характере всех нижнеплиоценовых структур Абшеронского района, Бакинского архипелага и Нижнекуринской впадины, не останется сомнений в аналогичности этих структур.

Таким образом, трудно согласиться с мнением о бесперспективности структуры Абшерон в связи с ее поздним временем образования. В геодинамической истории развития бассейна в рамках доминирующей теории тектоники плит также трудно представить механизм локального процесса позднего тектонического развития отдельных структур (в т.ч. и структуры Абшерон) на фоне раннего заложения преобладающего большинства других структур.

Даже если принять эту точку зрения, следует отметить, что процессы образования и миграции УВ в ЮКБ начались с позднего плиоцена и продолжаются по настоящее время с проявлением нескольких фаз миграции (Frydi et al., 1996; Feyzullayev, Aliyeva, 2003), в том числе и антропогеновой фазы миграции. В этой связи даже при допущении позднего образования структуры должно иметь место частичное (не до замка) или значительное заполнение структуры УВ.

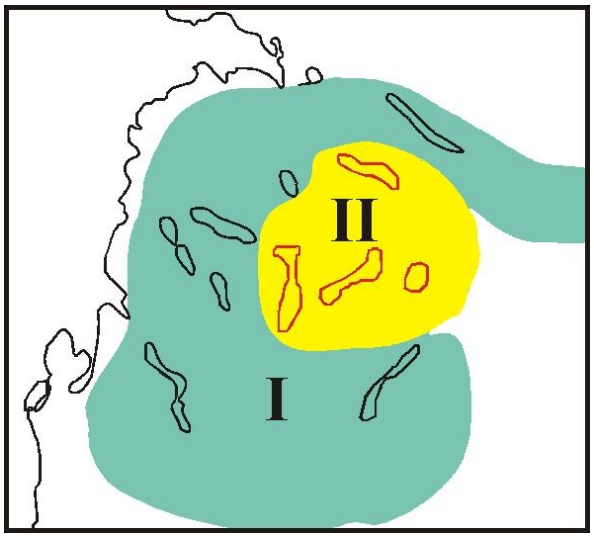



**Рис. 2.** Время формирования структур Южного Каспия: I – ранние структуры (3,4-0,8 млн. лет); II – поздние структуры (<0,8 млн. лет)

Если обратить внимание на региональные особенности промышленной нефтегазоносности ЮКБ, то можно отметить сосредоточение выявленных ресурсов УВ в северной части Южного Каспия, главным образом в пределах Абшеронского архипелага и приле-

гающего Абшеронского п-ова (см. рис.1). Это связано с тем, что в северной части южного Каспия существовали исключительно благоприятные условия для формирования месторождений нефти и газа. *Во-первых*, здесь благодаря благоприятным палеогеографическим условиям осадконакопления были сформированы богатые органическим веществом (ОВ) достаточно мощные отложения, способные генерировать нефть и газ; *во-вторых,* высокая скорость прогибания этих отложений на большие глубины (Южно-Абшеронский прогиб) способствовала формированию благоприятных температурных условий для преобразования ОВ в нефть и газ; *в-третьих,* здесь существовали благоприятные тектонические условия как для первичной, так и вторичной миграции УВ; *в-четвертых,* к началу массовой эмиграции УВ из нефтематеринских пород уже существовали ловушки для формирования промышленных скоплений УВ; *в-пятых,* накопление здесь дельтовых богатых кварцем осадков Палео-Волги способствовало формированию резервуаров с исключительно благоприятными емкостно-фильтрационными свойствами и, *в-шестых*, наличие благоприятных условий сохранения залежей – регионального (акчагыльская свита) и внутриформационных флюидоупоров, а также молодой возраст залежей (небольшая продолжительность времени разрушения залежей в случае отсутствия регионального флюидоупора как, например, на крупном месторождении Балаханы и Абшерон кюпаси).

В настоящее время все имевшиеся в Абшеронском нефтегазоносном районе структуры разведаны (за исключением структур Абшерон и Сейар) и кроме некоторых глубоко размытых и неблагоприятных для накопления и охранения УВ структур в крайней северной части бассейна (Хазри, Гилавар и др.) практически все структуры нефтегазоносны. Структура Абшерон находится в центральной, глубокопогруженной части нефтегазогенерирующего очага – Южно-Абшеронского прогиба, в пределах которого разрез ПТ характеризуется наличием прекрасных кварцевых песчаников.

Строение структуры Абшерон достаточно хорошо изучено сейсмическими работами, что позволило с использованием разработанной методологии и пакета программ (Шыхалиев, Гаузер, 2006) осуществить прямую диагностику УВ. Для этого был использован временной разрез одного из 3D профилей, проходящего через единственную пробуренную здесь поисковую скважину АВХ-1. На этом профиле были выделены и трассированы сейсмические горизонты балаханской и нижележащих свит ПТ (рис.4).

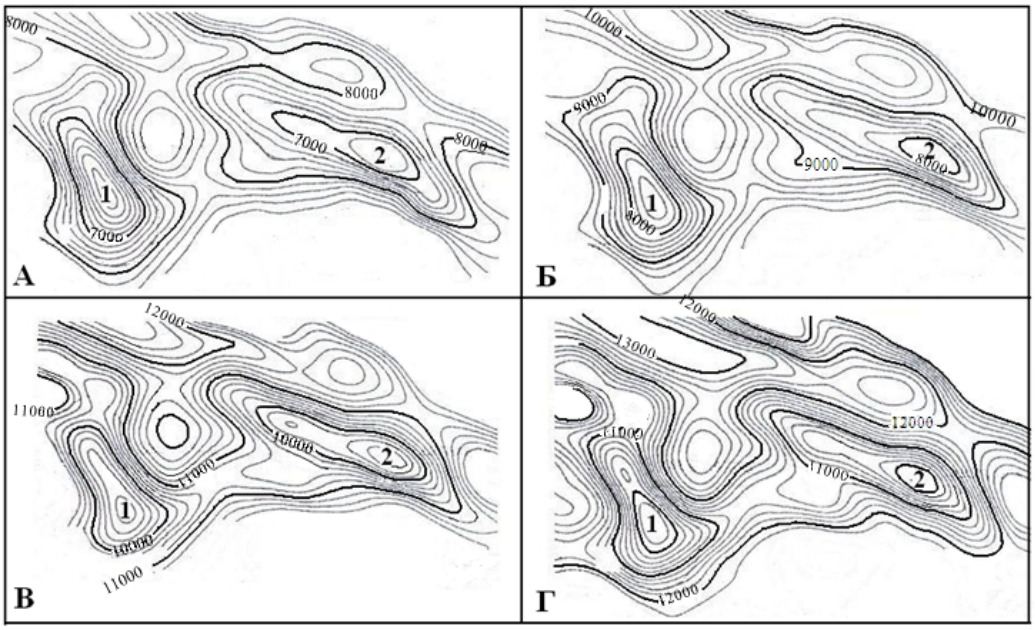



**Рис. 3.** Фрагменты структурных карт Южного Каспия по условным сейсмическим горизонтам: А – по кровле кирмакинской свиты ПТ; Б – по кровле майкопской серии; В – по поверхности мела; Г – по поверхности юры

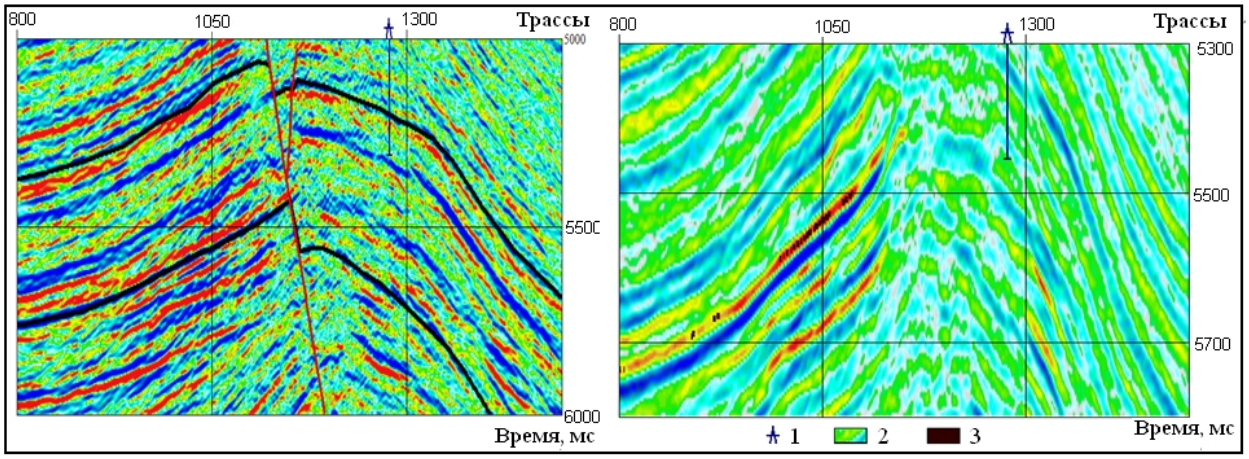



**Рис. 4.** Структура Абшерон. Фрагмент временного разреза (слева) и прогноз продуктивности: 1 – разведочная скважина; 2 – сейсмо-временной разрез; 3 – продуктивный пласт

Следует отметить, что разрез профиля осложнен нарушениями различного характера. Несмотря на это, удовлетворительное качество его динамического разреза позволило более детально рассмотреть характер распределения здесь различных петрофизических параметров (скорость, пористость, песчанистость, глинистость и т.д.).

Распределение пластовых скоростей по разрезу, полученное в результате инверсии сейсмического волнового поля временного разреза, сильно дифференцировано, высокоскоростные пласты чередуются с низкоскоростными. В результате анализа всех разрезов, отражающих распределение петрофизических параметров, удалось прогнозировать основные возможно продуктивные объекты, волновая картина которых отличается своей интенсивностью (см. рис.4). Они расположены на СВ крыле структуры ниже свиты «перерыва» во временном интервале 5,5-5,7 сек. Глубина залегания прогнозируемых продуктивных пластов приблизительно 6,7-7,0 км. Как видно из рисунка, место заложения поисковой скважины, оказавшейся непродуктивной, было выбрано ошибочно. Она пробурена на противоположном крыле, где по сейсмическим данным отсутствуют продуктивные горизонты. Не исключено, что на структуре Абшерон слои ПТ продуктивны в основном на одном (на северном) крыле, по аналогии со структурами Сангачал-дениз – Дуванный-дениз – Хара-Зира адасы и Булла-дениз.

## Выводы

- Комплекс теоретических предпосылок, результаты бурения первой поисковой скважины и прямой диагностики наличия углеводородов дают основание утверждать о перспективности структуры Абшерон.
- Предполагается неравномерное углеводородонасыщение структуры Абшерон, что необходимо учитывать при выборе места заложения очередной поисковой скважины.

### ЛИТЕРАТУРА

АЛИЕВ, Н. 2009. Газовые запасы структуры «Абшерон» сопоставимы с запасами газа на месторождении «Шах дениз». *Новости Азербайджана, Экономика,* 22 мая; http://xronika.az/azerbaijan-news

ШЫХАЛИЕВ, Ю.А., ГАУЗЕР, Г.Е. 2006. К вопросу прогнозирования зон аномально-высоких пластовых давлений по данным сейсморазведки. *Геофизика,* 1, 21-25.

ATLAS. 2008. Exploring the Future. Azerbaijan and BP. 64.

FEYZULLAYEV, A.A., ALIYEVA, Es. A. 2003. Estimation of the various source rocks contribution in oil pools formation. Extended Abstracts *EAGE 65, Conference and Exhibition,* Stavanger, Norway, 2-5 June, 26.

FRYDI, P.M., SAWLAN, J.J., RASTEGAR, I. et al. 1996. Petroleum systems of offshore. Baku, Azerbaijan. Abstracts AAPG/ASPG Research Symposium *Oil and gas petroleum systems in rapidly-subsiding basins*. October 6-9, Baku.

## ГЕОГРАФИЯ

© Э.К.Ализаде, С.А.Тарихазер, 2010

# ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ ОПАСНЫХ МОРФОГЕНЕТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ИХ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ГОРНЫЕ ГЕОМОРФОСИСТЕМЫ (на примере северо-восточного склона Большого Кавказа)

**Э.К.Ализаде, С.А.Тарихазер**

*Институт Географии НАН Азербайджана*
*AZ1143, Баку ,просп. Г.Джавида, 31*
*elgeom@mail.ru*

В работе приведена экспертная оценка структуры опасных морфогенетических рельефообразующих процессов в пределах отдельных эколого-геоморфологических районов, выявлена их роль в усилении экодинамической напряженности в исследуемом регионе. Проанализированы изменения в их структуре под воздействием усиления антропогенной нагрузки на горные геосистемы. В результате установлена общая структура опасных морфогенетических процессов и проведено районирование исследуемого региона по степени экогеоморфологической напряженности.

**Введение**

В процессе освоения горных регионов первостепенное значение имеет проблема изучения, оценки и прогнозирования опасных природно-разрушительных явлений, которые являются чрезвычайно угрожающим экологическим фактором в этом процессе. Геодинамически активное, дифференцированное развитие комплекса эндо- и экзогенно обусловленных процессов рельефообразования постоянно меняет морфологический облик рельефа, что необходимо учитывать при оценке экологической опасности при освоении этих очень неустойчивых горных геосистем. При этом большую угрозу создают внезапно возникающие и быстротекущие опасные или катастрофические эндо- и экзодинамические процессы.

Горные геосистемы северо-восточного склона Большого Кавказа характеризуются глубоко расчленённым рельефом и отличаются высоким энергетическим потенциалом развития опасных флювиогляциальных, гравитационных, эрозионных и др. рельефообразующих процессов. В данной зоне наблюдаются крупные горизонтальные перемещения вдоль активных дизъюнктивных дислокаций пластин пород различного возраста и генезиса. Северо-восточный склон отличается высокой сейсмоактивностью (7-8 баллов). Сейсмодислокации сыграли значительную роль в формировании современного рельефа. Общие напряжённые (тангенциальные) горизонтальные сжатия на альпийском этапе горообразования на Большом Кавказе в общем и в исследуемом регионе в частности обусловили в новейшем периоде интенсивные дифференцированные подвижки и геодинамическую напряжённость. В результате была сформирована современная густая сеть линейных дизъюнктивных и пликативных дислокаций разного порядка, сильно раздробившая консолидированный фундамент исследуемого региона. Разнонаправленные и разнохарактерные лимитирующие линеаменты-разломы предопределили пространственное расположение и разграничили морфологически чётко выраженные ступенчато-блоковые морфоструктуры данной территории (Будагов, Ализаде, 1988; Ализаде, 1987, 1989, 1998, 2004 и др.). Именно к этим динамически активным линеаментным зонам (Главнокавказский, Сиазань-Самурский, Вельвеличайский, Гарабулагский и др.) приурочены интенсивно развивающиеся сильно дифференцированные экзогенные рельефообразующие процессы.

**Постановка задачи и результаты исследований**

Как известно, развитие любой формы рельефа обусловлено несколькими процессами, среди которых можно выделить ведущие. Другие процессы детализируют морфологию элементов рельефа и создают её «архитектурное украшение» (Ивановский, 1988). На разных территориях ведущий процесс действует с неодинаковой интенсивностью, по-разному взаимодействует со второстепенными, образуя с ними комплекс процессов, находящихся в связи друг с другом (Кузьмин, 2004). Это даёт возможность говорить о структуре процессов, под которой понимаются их взаимодействия, порождающие новые процессы, определяющие ритмичность и направленность развития и в конечном итоге приводящие к формированию определённого рельефа (Ивановский, 1989).

По нашему мнению, имеется удачный опыт оценки (Выркин, 1992, 1998) пространственной структуры современных процессов экзогенного рельефообразования, из которого Кузьминым (2004) была взята концепция составления карт ведущих геоморфологических процессов, позволяющая разобраться в их сложной структуре и выявить главные факторы и тенденции развития рельефа. Им использовано соотношение типов опасных морфогенетических процессов (ведущих, сопутствующих и второстепенных) и показатель их интенсивности, выраженный в процентах площадного распространения процесса в определённом экогеоморфологическом районе по сравнению с другими процессами. Им же ранжированы и проанализированы три типа опасных морфогенетических процессов: 1) ведущие – процессы, формирующие самые главные геоморфологические черты района, имеющие наибольшую интенсивность и представляющие наибольшую экогеоморфологическую опасность; 2) сопутствующие – процессы, формирующие основные геоморфологические черты района, имеющие значительную интенсивность и представляющие потенциальную экологическую опасность; 3) второстепенные – процессы, формирующие геоморфологические черты локальных территорий в пределах района, где они имеют относительную интенсивность и представляют потенциальную локальную опасность.

Некоторые исследователи для оценки структуры опасных морфогенетических процессов использовали метод экспертно-статистических оценок площади распространения (интенсивности) процесса в геоэкологическом районе (Корытный, 1997; Акимов и др., 2001; Елохин и др., 2002; Кузьмин, 2004). Нами данный метод использован для оценки этих процессов в пределах отдельно взятых экогеоморфологических районов северо-восточного склона Большого Кавказа, а полученные результаты приведены в таблице 1.

С учётом этих данных исследуемая территория подразделена на следующие геоэкогеоморфологические районы: Главный Водораздельный хребет; Шахдаг-Гызылгаинский массив; Тенги-Бешбармагский хребет; Гонахкенд-Халтанская серия внутригорных котловин; Гусарская наклонная равнина; Самур-Девечинская низменность (рис. 1). Эти районы по отдельности характеризуются различной степенью экогеоморфологической опасности, а некоторые ведущие морфогенетические процессы там представляют реальную угрозу для жизни людей. Структура опасных морфогенетических рельефообразующих процессов в пределах отдельных горных экогеоморфологических регионов дана в виде диаграмм (рис.2.а,б,в,г,д).

Гусарская наклонная равнина (I класс – средняя экогеоморфологическая опасность) расположена между нижним течением р.Рубасчай и долиной р.Вельвеличай. На востоке и северо-востоке равнина переходит в Самур-Девечинскую низменность с абсолютной высотой 200-300 м. Данная территория в морфотектоническом отношении соответствует передовому прогибу, который на новейшем этапе испытывал прогибание, а с конца позднего плиоцена вовлёкся в общий процесс поднятия Юго-Восточного Кавказа. Равнина с аккумулятивным генезисом из-за интенсивного поднятия денудирована и стала характеризоваться как аккумулятивно-денудационная (Будагов,1993). Морфоструктура Гусарской наклонной равнины отделяется от складчато-глыбовых морфоструктур Шахдаг-Гызылгаинского массива и Тенги-Бешбармагского хребта активным Сиазаньским глубинным разломом.

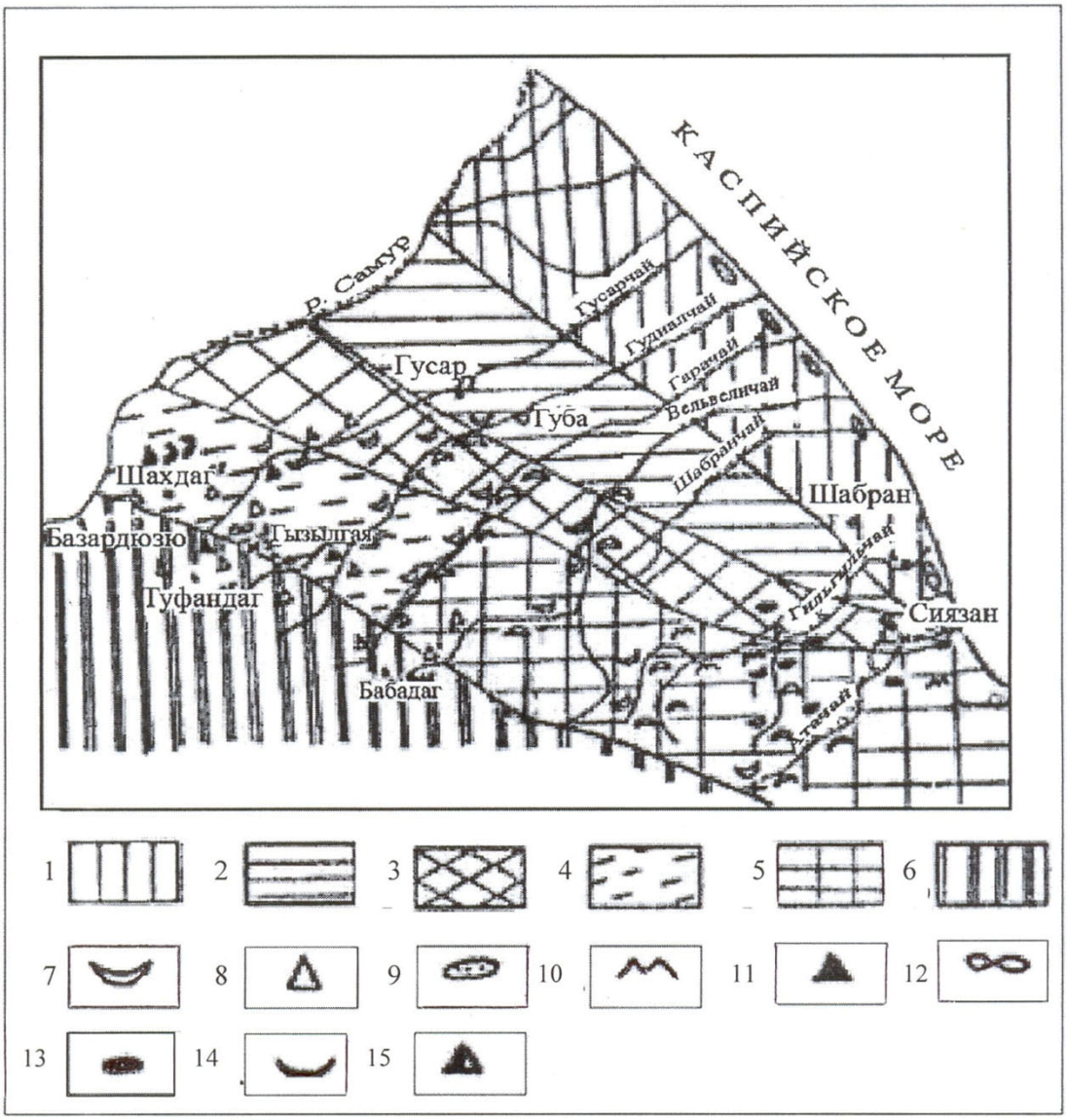
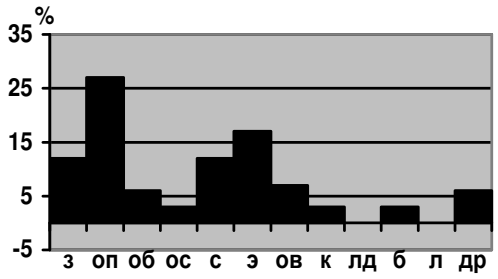



**Рис. 1.** Картосхема экогеоморфологического районирования северо-восточного склона Большого Кавказа

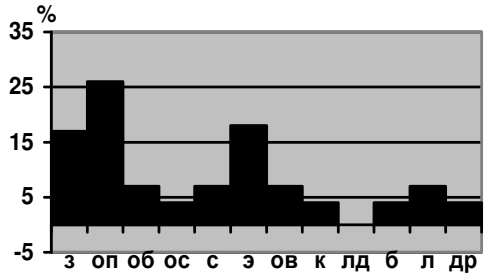
1- Самур-Девечинская низменность, 2- Гусарская наклонная равнина, 3- Тенги-Бешбармагский хребет, 4- Шахдаг-Гызылгаинский массив, 5- Гонахкенд-Халтанская серия внутригорных котловин, 6- Главный водораздельный хребет, 7- оползни, 8- Обвалы, 9- Береговые дюны, 10- Бедленд, 11- Осыпи, 12- Солифлюкция, 13- Глинистый карст, 14- Морены, 15- Россыпи

Землетрясения силой до 8 баллов, очаги которых приурочены к этому глубинному разлому, способствуют активизации современных гравитационных процессов (оползней, обвалов) и осложняют экогеоморфологическую обстановку (Будагов, 1973; Микаилов, 1978). Оползни приурочены к рыхлым и коренным породам, склонам долин. Их развитие связано с выходами неогеновых глинистых отложений в бассейнах рр. Вельвеличай, Чагаджукчай, Агчай, Гарачай, Гудиалчай. Обвалы распространены в долинах рр. Вельвеличай и Гильгильчай. Речные долины здесь ящикообразные с широким дном и крутыми склонами. В них имеется серия деформированных врезанных речных террас с высотами до 280-300 м. Они сложены мощными галечниковыми и другими речными отложениями толщиной до 100-180 м. Нередко в них наблюдаются скопления селевых отложений (Будагов, Ализаде,

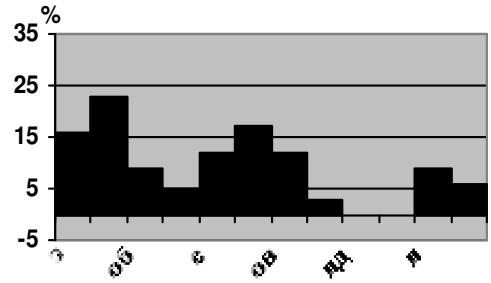
1998). Разнообразный же литологический состав отложений, интенсивная вырубка лесов приводят к активному развитию овражно-балочной сети и образованию селевых очагов и селей. Из-за большой дифференцированности рельефа и чрезмерного усиления антропогенного влияния наблюдается активизация опасных морфодинамических процессов. Изредка встречаются глинистый карст и бедленд, которые приурочены к выходам суглинистых отложений.



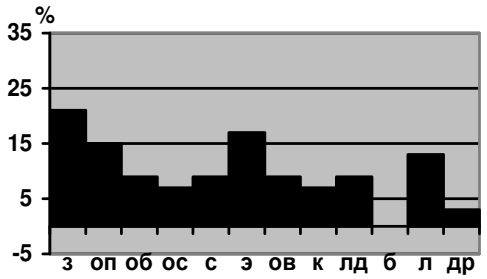

**А.** Гусарская наклонная равнина
(I класс – средняя экогеоморфологическая опасность)



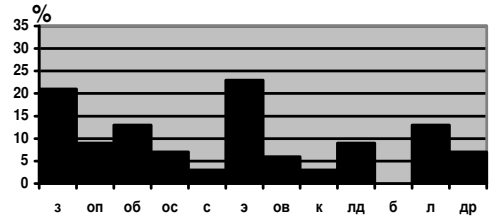

**Б.** Тенги-Бешбармагский хребет
(II класс – высокая экогеоморфологическая опасность)




**В.** Гонахкенд-Халтанская зона внутригорных котловин
(II класс – высокая экогеоморфологическая опасность)




**Г.** Шахдаг-Гызылгаинский массив
(III класс – очень высокая экогеоморфологическая опасность)




**Д.** Главный Водораздельный хребет
(III класс – очень высокая экогеоморфологическая опасность)

**Рис. 2.** Структура опасных морфогенетических процессов в пределах отдельных экогеморфологических районов. Процессы: з-землетрясения, оп-оползни, об-обвалы, ос-осыпи, э-эрозия, ов-оврагообразование, к-карст, лд-ледниковый (экзарация и аккумуляция), б-бедленд, л-лавины, др-другие процессы

Ведущими опасными экогеоморфологическими процессами в общей структуре являются оползни и эрозия (44%). Сопутствующими являются землетрясения, сели, оврагообразование (34%). Вклад остальных опасных экогеоморфологических процессов малозначителен и составляет 17% (рис.2А).

Тенги-Бешбармагский хребет (II класс – высокая экогеоморфологическая опасность) – складчато-блоково-шарьяжный хребет, который состоит из серии сильно сжатых, в большинстве случаев безкорневых антиклинальных структур, между которыми расположены аналогичные синклинальные зоны (Шекинский и др., 1985). Хребет сложен известняками, глинами, сланцами, песчаниками мелового возраста. Склоны крутые, неустойчивые, интенсивно расчленённые, с севера хребет лимитируется Сиазаньским глубинным разломом. Территория имеет среднегорный и низкогорный эрозионно-денудационный рельеф. В его формировании огромную роль сыграли новей-

шие шарьяжно-дизъюнктивные деформации и горизонтальные сжатия. Под активным влиянием экзоморфодинамических процессов хребет расчленён вдоль водораздела, где образовались многочисленные отрицательные формы рельефа и водопады. На южных крыльях хребта повсюду широко распространены крупные оползни-потоки (ишгыны). Оползневая опасность здесь очень высокая и создаёт реальную экогеоморфологическую угрозу при освоении геосистем данного региона. Широко проявляются также такие опасные явления как обвалы, которые распространены на склонах гор с моноклинальным и синклинальным строением. Трещиноватые пластины известняков и песчаников по мере отступления склонов обрушиваются, образуя обвалы, местами переходящие в «каменные моря» (Будагов, 1993; Ализаде, 2004). При формировании оползней, обвалов и селевых очагов немаловажную роль играют тектоно-гравитационные трещины и сейсмическая активность территории.

Ведущими опасными экогеоморфологическими процессами в общей структуре являются оползни-потоки (ишгыны), эрозия и землетрясения (62%). Это и не удивительно, так как данный хребет обладает высоким энергетическим потенциалом рельефа. К разряду сопутствующих опасных экогеоморфологических процессов относятся обвалы и оползни (15%). К группе второстепенных опасных экогеоморфологических процессов следует отнести лавины, осыпи, овраги, карст, бедленд (21%) (рис.2Б).

Гонахкенд-Халтанская серия внутригорных котловин (II класс – высокая экогеоморфологическая опасность) расположена во всех высотных ярусах и занимает различную площадь. В высокогорной части расположены Шахнабадская и Хыналыгская; в среднегорной и отчасти в низкогорной части – Ерфинская, Джиминская, Гонахкендская, Алтыагаджская, Халтанская, Рустовская, Гильгильчайская, Вегверская котловины. Эти котловины являются районами относительного базиса денудации. В котловинах, расположенных в высокогорном поясе, господствуют флювиогляциальные, эрозионно-денудационные, гравитационные экзодинамические процессы. В котловинах, расположенных в среднегорном поясе, характерными рельефообразующими процессами являются эрозионно-денудационные, гравитационные и, частично, аккумулятивные (Будагов, Микаилов, 1985). Например, Рустовская впадина имеет сильно дифференцированный рельеф, по склонам развиты молодые, «живые» и древние, относительно закреплённые древесной растительностью, т.е. «пьяными лесами» оползни. В Халтанской и Гонахкендской котловинах также развиваются гравитационные процессы, особенно оползни. Резкие понижения рельефа, усиление аридизации к юго-востоку от р. Вельвеличай накладывают отпечаток на характер и направленность экзогенных процессов. Здесь на склонах котловин доминируют оползневые процессы, предопределённые главным образом литологическими особенностями. Ерфинская, Халтанская, Гильгильчайская, Рустовская котловины имеют холмисто-грядовый расчленённый рельеф и террасированные днища, где преобладающими процессами являются аккумуляция отложений и их расчленение последующими водно-эрозионными процессами. Здесь также широко развиты оползни-потоки (ишгыны), осыпи и реже обвалы.

В данном экогеоморфологическом районе выделяются следующие ведущие опасные экогеоморфологические процессы: землетрясения, оползни, эрозия (57%). К группе сопутствующих опасных экогеоморфологических процессов относятся сели, лавины и овраги (24%). К сопутствующим отнесены также играющие определённую роль в общей структуре обвалы, осыпи и карст (15%) (рис.2В).

Шахдаг-Гызылгаинский массив (III класс – очень высокая экогеоморфологическая опасность) характеризуется большими величинами глубины и густоты расчленения поверхности, которые обусловлены интенсивностью новейших тектонических движений в полосе развития Самурской и Западно-Каспийской поперечных зон разломов, а также в полосе их пересечения с активными продольными разломами (Сиазаньским, Южно- и Северо-Шахдагскими, Главнокавказским и др.) (Будагов, 1993, Ализаде, 2004). Формы экзарации и современные формы нивации в основном приурочены к зонам тектонического дробления горных пород и границам литологических формаций. На г.Шахдаг (4243 м) сохранился современный плосковершинный ледник. Широко развита и снежная эрозия. Распространены кары, цирки, троговые долины, морены и др. На крутых обрывистых склонах, помимо ледниковой экза-

рации, активно развивается «сухая» гравитационная (обвалы, камнепады) транспортировка грубообломочного материала, который у подножия склонов образует коллювиальные шлейфы, являющиеся основным источником питания селей. У подошв обрывов Шахдагского и Гызылгаинского плато коллювий занимает большие площади. Обвалами заполнено дно долины р.Гусарчай между горами Шахдаг и Гызылгая. Для этой зоны характерны и глыбовые осыпи, которые занимают много места на водораздельной полосе, в зоне интенсивного морозного выветривания. В высокогорном поясе развиты солифлюкционные и дефлюкционные процессы, также значительные площади занимают селевые очаги, ареалы которых расширяются под воздействием антропогенного фактора.

Преобладающими процессами гравитационного порядка являются различные типы оползней, представленные площадными оползнями, оползнями-потоками и оползнями-обвалами. Оползневые потоки (ишгыны) в виде полужидкой грязевой массы широко развиты в бассейнах рек Бабачай (Вельвеличай), Гильгильчай, Атачай, также на Гильгильчайском гребне, на склонах Сохюбской, Ерфинской, Гонахкендской, Халтанской синклинальных котловин. Активные гравитационные и водно-эрозионные экзодинамические процессы, которые образуют скальные обнажения, обвалы, лавины, оползни, осыпи, россыпи, крутые уступы, рытвины, борозды, речные долины и другие линейные эрозионные элементы, в совокупности с интенсивными современными морфотектоническими процессами создают очень напряжённую экогеоморфологическую обстановку на данной территории. На направление и интенсивность развития опасных экзодинамических процессов значительное влияние оказывает также интенсивное освоение неустойчивых горных геосистем.

В этом экогеоморфологическом районе чётко выделяются ведущие опасные экогеоморфологические процессы, наиболее значимые в общей структуре – землетрясения и эрозия (35%). Отличительной чертой данного района является достаточно большая группа сопутствующих опасных экогеоморфологических процессов. Среди них можно выделить лавины, оползни, обвалы, овраги (39%). К группе второстепенных опасных процессов отнесены осыпи, сели, карст, ледниковые (23%) (рис.2Г).

Главный Водораздельный хребет (III класс – очень высокая экогеоморфоло-гическая опасность), в основном соответствующий Туфанскому антиклинорию, сложен юрскими глинистыми сланцами, песчаниками и известняками, собранными в сложные складки, разорванные тектоническими нарушениями и сетью трещин. Эти горные породы резко дислоцированы, легко поддаются интенсивному морозному и физическому выветриванию, их поверхность лишена почвенно-растительного покрова (Будагов,1993). Сейсмическая активность здесь достигает 7-8 баллов. Многочисленными сейсмодислокациями она серьёзно осложнила современный рельеф и ещё больше нарушила экзодинамическое равновесие геосистем. В высокогорной части развиты формы рельефа, обусловленные гляциально-мерзлотными процессами и разрушительной деятельностью многолетнего снежного покрова. Наибольшую роль в рельефообразовании высокогорного пояса играют процессы морозного выветривания, выходы коренных пород делятся на крупные и мелкие обломки-россыпи, образуя сплошные покровы, которые являются очагами зарождения селевых потоков. На крутых, неустойчивых склонах гор и на различных бортах речных долин широко развиты оползневые процессы. Даже при слабых землетрясениях геодинамическое равновесие нарушается и происходит резкое оживление старых и появление новых оползней и оползней-обвалов. Из-за резкого увеличения энергии рельефа и силы тяжести большую распространённость имеют обвалы, при формировании которых немаловажную роль играют тектоно-гравитационные трещины, которые осложняют Главный Водораздельный хребет вдоль и поперёк его простирания. Широко распространены песчано-глинистые осыпи, которые развиты в зонах выхода на поверхность глинистых сланцев. Одной из разновидностей гравитационных процессов являются лавины, которые приурочены к крутым склонам хребтов и их вершин. Также имеют место солифлюкционные и дефлюкционные процессы.

В данном экогеоморфологическом районе к разряду ведущих опасных экогеоморфологических процессов отнесены землетрясения и эрозия (40%). В группу сопутствующих опасных процессов входят представляющие опреде-

лённую угрозу гравитационные процессы: лавины, оползни, обвалы и ледниковые (37%). Остальные экогеоморфологические процессы в общей структуре составляют 19% и отнесены к группе второстепенных (рис.2Д).

В результате обобщения полученных данных по отдельным геоэкологическим районам выявлена и проанализирована структура опасных морфогенетических процессов, а также проведена их оценка в пределах всего региона в целом (рис.3).

Северо-восточный склон Большого Кавказа

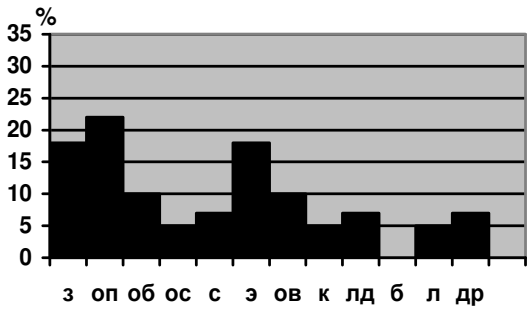



**Рис. 3.** Сводная структура опасных морфогенетических процессов северо-восточного склона Большого Кавказа

Краткий анализ сводной структуры опасных морфогенетических рельефообразующих процессов в пределах северо-восточного склона Большого Кавказа, горные геосистемы которого в последние годы активно осваиваются с целью развития горного, особенно зимнего туризма, сельского хозяйства и др., позволяет нам отметить, что в данном регионе наиболее угрожающими ведущими процессами являются землетрясения, оползни, обвалы, плоскостная и речная эрозии, сели и т.д. Они создают общую экодинамическую напряженную обстановку, что требует в целях снижения угрозы жизнедеятельности человека проводить заблаговременно планомерную, крупномасштабную экспертную оценку экогеоморфологической ситуации в пределах каждой горной геосистемы до начала массового освоения.

**ЛИТЕРАТУРА**

АКИМОВ, В.А. и др. 2001. Природные и техногенные чрезвычайные ситуации: опасности, угрозы, риски. Деловой экспресс. Москва. 8-16.

АЛИЗАДЕ, Э.К. 1987. Структурно-геоморфологическое дешифрирование КС Юго-Восточного Кавказа. *Изв. АН Аз.ССР. Серия наук о Земле,* 5, 19-25.

АЛИЗАДЕ, Э.К. 1989. Дешифрирование и морфотектоническая интерпретация линеаментов восточной части Большого Кавказа. *Изв. АН Аз.ССР. Серия наук о Земле*, 3, 62-68.

АЛИЗАДЕ, Э.К. 1998. Морфоструктурное строение горных сооружений Азербайджана и сопредельных территорий. Элм. Баку. 248.

АЛИЗАДЕ, Э.К. 2004. Закономерности морфоструктурной дифференциации горных сооружений восточного сегмента центральной части Альпийско-Гималайской шовной зоны (на основе материалов дешифрирования КС). Автореф. дисс. на соискание уч. степени докт.геог.наук. Баку.

БУДАГОВ, Б.А. 1973. Геоморфология и новейшая тектоника Юго-Восточного Кавказа. Элм. Баку. 245.

БУДАГОВ, Б.А., МИКАИЛОВ, А.А. 1985. Основные закономерности морфотектонического строения Восточного Кавказа, выявленные методом дистанционного зондирования. *Исследование Земли из космоса*, 2, 67-72.

БУДАГОВ, Б.А., АЛИЗАДЕ, Э.К. 1988. Характерные особенности морфоструктур восточной части Большого Кавказа (по материалам дешифрирования КС). *Геоморфология*, 4, 14-21.

БУДАГОВ, Б.А. 1993. Рельеф Азербайджана. Элм. Баку. 17-22.

БУДАГОВ, Б.А., АЛИЗАДЕ, Э.К. 1998. Особенности формирования и дифференциации морфоструктур Азербайджана. *Геоморфология*, 2, 53-59.

ВЫРКИН, В.Б. 1992. Хроноструктура процессов плоскостной денудации на склонах. *География и природные ресурсы*, 4, 41-49.

ВЫРКИН, В.Б. 1998. Современное экзогенное рельефообразование котловин байкальского типа. Иркутск. 61-67.

ЕЛОХИН, А.Н. и др. 2002. Применение методов экспертных оценок для расчета риска. В кн.: *Проблемы управления безопасностью сложных систем*. ИРИС, Москва,1, 25-30.

ИВАНОВСКИЙ, Л.Н. 1988. Вопросы развития ведущих экзогенных процессов рельефообразования. *География и природные ресурсы*, 1, 120-129.

ИВАНОВСКИЙ, Л.Н. 1989. Ведущие экзогенные процессы при формировании рельефа. Проблемы методики геоморфологии. Наука. Новосибирск. 25-35.

КОРЫТНЫЙ, Л.М. 1997. Экспертная оценка природных рисков региона (на примере Иркутской области). *Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях*, 4, 74-82.

КУЗЬМИН, С.Б. 2004. Структура опасных морфогенетических процессов территории Иркутской области. *Геоморфология*, 4, 42-49.

МИКАИЛОВ, А.А. 1978. Геоморфология Гусарской наклонной равнины. Баку, 25.

ШЕКИНСКИЙ, Э.М. и др. 1985. Хаотические комплексы северного склона Юго-Восточного Кавказа. *Геотектоника*, 4, 69-77.

© H.A.Xəlilov, 2010

# TALIŞ DAĞLIQ SİSTEMİNDƏ RELYEFİN MÜHİT ƏMƏLƏGƏTİRİCİ FUNKSİYASI HAQQINDA (tədqiqatın ekogeomorfoloji aspekti)

**H.A.Xəlilov**

*AMEA akademik H.Ə.Əliyev adına Coğrafiya İnstitutu*
*AZ1143, Bakı, H.Cavid prosp., 31*

Relyef atmosfer, hidrosfer və litosferin birgə fəaliyyətinin məhsulu və həmin təbəqələrdə baş verən proseslərin indikatoru və informasiya daşıyıcısı olmaqla, landşaftın təməl ünsürü kimi, onun bütün başqa komponentlərinə ciddi təsir göstərərək məkanda ekoloji şəraitin formalaşmasında mühüm rol oynayır. Bununla yanaşı, relyefin insanların həyat və təsərrüfat fəaliyyətinin istiqaməti və xarakterini (məskunlaşma, həyat tərzi, rekreasiya, ekoturizm, kənd təsərrüfatı, dağ-mədən işləri, hidrotexniki qurğular, kommunikasiya sistemləri və s.) müəyyənləşdirən, təbii ehtiyatların və eləcə də endogen və ekzogen proses və hadisələrin lokal, regional və qlobal səviyyələrdə təzahürü, paylanması və inkişafı qanunauyğunluqlarını müəyyənləşdirən əsas amil səciyyəsi daşıması onun təbii ehtiyatlar sistemində ən vacib ünsürlərdən birini təmsil etdiyini göstərir. Relyefin bu və başqa xassə və xüsusiyyətləri onun ekosistemdə mühit əmələgətirici funksiyaya malik olduğuna dəlalət edir.

Azərbaycan Respublikası ərazisinin geomorfoloji rayonlaşdırılması sxeminə əsasən (Budaqov, 2007), Kiçik Qafqaz geomorfoloji əyaləti tərkibində vilayət kimi ayrılan Talış dağlıq sistemi ölkənin fiziki-coğrafi cəhətdən kifayət qədər yaxşı öyrənilmiş bölgələrindəndir. Bu baxımdan o, ərazisinin geologiyası və geomorfologiyası məsələlərinin müxtəlif vaxtlarda və müxtəlif tədqiqatçılar tərəfindən daha geniş öyrənilməsi və bu sahədə aparılan çoxlu sayda tədqiqat işlərinin nəticələrinin son vaxtlar bir sıra müəlliflər tərəfindən monoqrafik əsərlərdə ətraflı ümumiləşdirilməsi ilə səciyyələnir (Антонов, Гаджиев, 1993; Али-заде, 2007; Гаджиев, 1999; Курбанов, 1999). Bu və eləcə də vilayətin əlverişli coğrafi mövqeyə, zəngin təbii ehtiyata və mürəkkəb təbii şəraitə malik olması relyefin mühit əmələgətirici funksiyasının belə bir səciyyəvi ərazi timsalında tədqiq olunmasına geniş imkan yaradır. Bununla yanaşı, Azərbaycan Respublikası ərazisinin təbii proses və hadisələrin (seysmiklik, sürüşmə, uçqun, eroziya, abraziya, sel, subasma, dolu, leysan yağışların miqdarı, minimal axım və s.) intensivliyi və ya gərginliyi dərəcəsinə görə ekoloji-geomorfoloji rayonlaşdırılmasında bölgənin dağ-çəmən-meşə və dağ-çöl landşaftlarının üstünlük təşkil etdiyi dağlıq hissəsinin (Lerik) daha gərgin, ovalıq-çəmən-meşə landşaftlarının üstünlük təşkil etdiyi düzənlik hissəsinin (Lənkəran) isə gərgin ekoloji-coğrafi rayonlar kimi səciyyələndirilməsi (Budaqov, 1994; Будагов, 1999) amilləri də problemin bu baxımdan araşdırılmasının zəruriliyini daha da aktual edir. Buradan da ərazidə ekoloji şəraitin formalaşmasında, başqa təbii və antropogen amillərlə yanaşı, ekosistemin abiotik (kostik) və ya ekotop (Агесс, 1982) ünsürlərinin özülü rolunu oynayan relyefin mühüm əhəmiyyət kəsb etməsi aydın olur. Eyni zamanda, ekoloji geomorfologiyanın, əsasən, relyeflə ekosistemin başqa ünsürlərinin qarşılıqlı əlaqəsi və qarşılıqlı münasibətinin vəziyyəti və təkamülü qanunauyğunluqlarını öyrənən geomorfoloji istiqamət səciyyəsi daşıması paradiqması (Халилов, 1989) relyefin mühit əmələgətirici funksiyasının tədqiqinin həmin istiqamətin səlahiyyətinə aid olmasını göstərir.

Qeyd etmək lazımdır ki, yuxarıda deyilənlərlə yanaşı, relyefin, ümumiyyətlə, ekosistemin təməl ünsürünü təşkil etməsi (Поздеев, 2000), mühüm rekreasiya ehtiyatlarına və estetik potensiala malik olması (Тимофеев, Лихачева, 2002), biosferin əsas sərvətlərindən biri kimi vurğulanması (Бердышев, 2002), eləcə də onun özünəməxsus təbii ehtiyat hesab olunması (Tanrıverdiyev, 2002; Халилов, 1989) və geomorfoloji təbiət abidələrinin ekoturizmin (geoturizmin) inkişafında mühüm əhəmiyyət kəsb etməsi (Халилов, 2006) haqqındakı fikirlər də nəzərə alınaraq relyefin mühit əmələgətirici funksiyaya malik olması konsepsiyası irəli sürülmüşdür (Халилов, 2002). Bu konsepsiyanın nəzəri əsasını relyefin ekosistemi əmələ gətirən başqa ünsürlərlə qarşı-

lıqlı əlaqəsi və onlara təsiri qanunauyğunluğu təşkil edir. Bu baxımdan relyefin mühit əmələgətirici funksiyası landşaftın və ya ekosistemin diferensiyasında, yer qabığında və onun səthində hərarətin, rütubətin, üzvi və qeyri-üzvi (mineral) maddələrin hərəkətində, paylanmasında, maddələr mübadiləsində və eləcə də iqlim, torpaq, bitki, heyvanlar aləmi və başqa təbii ünsürlərin səciyyəvi xüsusiyyətlərinin formalaşmasında mühüm amil olması ilə müəyyən edilir. Burada relyefin və onu mürəkkəbləşdirən morfoskulptur və morfostrukturların morfogenetik-morfometrik-morfoqrafik xüsusiyyətləri, morfogenez proseslərlə əlaqəsi, tektonik və maqmatik strukturlarla qarşılıqlı münasibəti, hipsometrik vəziyyəti, endo və ekzodinamiki gərginliyi, dayanıqlığı, enerjisi, inkişafının geotektonik şəraiti, təşkil olunduğu süxur və çöküntülərin litoloji-struktur - geokimyəvi xassəsi və eləcə də antropogen deformasiyası və s. amillər mühüm rol oynayır.

Tədqiq olunan ərazi orotektonik cəhətdən, litosfer plitələrinin tektonikası konsepsiyasına görə, Elbrus-Kiçik Qafqaz okean-qırışıqlıq geosinklinal sistemi daxilində Təbaşir dövrü qövs-arxası riftogen və Eosen əsri vulkanik qurşaqların qraben və horst strukturlarından təşkil olunmuş silsilələr və onların arasındakı dağdaxili molass çökəklikləri ilə təmsil olunmuş qırışıqlı-qaymalı dağlıq sistemini əhatə edir (Рустамов, 2005). O, geodinamik inkişaf şəraitinin müxtəlifliyi ilə əlaqədar olaraq Azərbaycanın Böyük və Kiçik Qafqaz dağlıq sistemlərindən özünəməxsusluğu ilə fərqlənir. Bu fərq ərazidə yüksək dağlıq qurşağın, demək olar ki, yoxluğu, buzlaq relyef formalarının müşahidə edilməməsi, vulkanizmin intensivliyi və onun məhsullarının geniş yayılması, relyefinin geoloji inkişaf tarixinin nisbətən cavanlığı, inversiya hadisəsinin mövcudluğu və başqa amillərdə özünü göstərir. Qeyd olunan fərqli cəhətlərlə yanaşı, Talış dağlıq sisteminin relyefi və oroqrafiyasının əsas xüsusiyyətləri (ümumqafqaz istiqamətli paralel silsilə və dağdaxili çökəkliklərin növbələşməsi, morfostrukturların dinamikası və onları təşkil edən vulkanogen süxurların geniş intişar tapması və s.), coğrafi mövqeyi (Xəzər dənizinə yaxınlığı, İran yaylasının kontinental iqlim şəraitinin təsiri altında olması və s.), silsilələrin baryer effekti ilə əlaqədar olaraq təbii-ərazi komplekslərində inversiyanın yaranması, geoloji quruluşunda iştirak edən çöküntü və süxurların strukturu, onların litofasial, petroloji, geokimyəvi tərkibi və ərazinin başqa endogen və ekzogen amilləri tədqiqat obyektində ətraf mühitin vəziyyətinin və deməli, ekoloji şəraitin kifayət qədər müxtəlifliyinə səbəb olmuşdur. Oroqrafik vahidlərin atmosfer kütlələrinin paylanmasına təsiri Xəzərdən gələn su buxarının dağlıq sistemin cənub və şərq ekspozisiyalı yamaclarında kondensasiya olunmasına və dağların müvafiq yamaclarında (eləcə də dağətəyi düzənliklərdə və Lənkəran ovalığında) yağıntıların miqdarının çoxalması ilə yarımrütubətli subtropik iqlimin yaranmasına səbəb olur ki, nəticədə burada mezofit və mezofil biosenozun geniş yayılmasına əlverişli şərait yaranır. Əksinə, Talış və Peştəsər silsilələrinin baryer effekti onların yüksək hissələrində və eləcə də dağdaxili çökəkliklərdə (Dıman, Lerik, Yardımlı və s.) landşaft-iqlim qurşağı üçün səciyyəvi olan şaquli zonallıq qanunauyğunluğunun aridləşmə istiqamətində pozulmasına və bununla da əlaqədar olaraq tədqiqat aparılan sahədə quraqlıqsevər kserofit və kserofil biosenozun yayılması ilə səciyyələnən inversiyanın yaranmasına səbəb olur.

Tədqiq olunan ərazidə silsilələr, dağarası çökəkliklər, çay dərələri və başqa yüksək dərəcəli morfostrukturların tektonik çata uyğun gələn və bununla əlaqədar olaraq dinamiki gərginliyinin yüksəkliyi ilə fərqlənən yamacları istisna olunmaqla relyefin dayanıqlığı nisbətən stabil səciyyə daşıyır. Ərazidə həmçinin morfostrukturların geodinamik cəhətdən nisbi tarazlıq vəziyyətinə yaxın şəraitdə inkişaf etməsi, onları təşkil edən qırışıqların mülayim quruluşda və süxurların əsasən aşınmaya davamlı olmaları mühüm rol oynayır. Lakin bəzən seysmoloji amillərin gücləndirdiyi qravitasiya, flüvial və başqa ekzodinamiki destruktiv morfogenez proseslərin daha intensiv inkişaf etdiyi çay dərələrinin, çökəkliklərin, silsilə, tirə və massivlərin dik yamacları dinamiki gərginliklərinin xeyli yüksək olması ilə səciyyələnir. Bununla yanaşı, ərazinin geoloji quruluşunda iştirak edən çöküntü və süxurların tərkibində ağır-toksik və radiaktiv mineral və metalların az yayılması ilə əlaqədar olaraq ətraf mühitin nukleidlərlə təbii çirklənməsi aşağı səviyyədədir. Deyilənlər tədqiq olunan ərazidə fərqli xüsusiyyətlərə malik ekoloji şəraitin formalaşmasında relyefin mühit əmələgətirici funksiyasının mürəkkəb səciyyə daşımasını göstərir ki, burada həmin qanunauyğunluğun təzahür etməsində dağlıq sistemin şaquli diferensiyasiyası (hündürlük zonallığı)

və ya hipsometriyası xüsusi əhəmiyyət daşıyır.

Talış dağlıq sistemində dağətəyi düzənliklərlə yanaşı, alçaq dağlıq qurşaqda əksər relyef formaları daha mülayim plastikaya malik olduğundan onlarda qravitasiya və flüvial destruktiv proseslər (sürüşmə, uşqun, eroziya və s.) zəif inkişaf etmişdir. Qurşağın endodinamik proseslərin fasilələrlə canlandığı litosfer plitələrinin kolliziya zonasında yerləşməsilə əlaqədar olaraq tədqtqat obyektində ekzodinamik proseslərin güclənməsi də fasilələrlə baş verir. Bununla yanaşı, qurşaq daxilində geodinamiki gərginliyin nisbətən zəif səciyyə daşıması relyefin dayanıqlığının kifayət qədər yüksək olmasına gətirib çıxarır ki, bunlar da birlikdə geomorfoloji amilin əlverişli ekoloji mühit formalaşdırmasına geniş imkan yaradır.

Alçaq dağlıq qurşaqda relyefin mühit əmələgətirici funksiyası onu mürəkkəbləşdirən morfostruktur və morfoskulpturların morfogenetik, plan quruluşları, məkanda yerləşməsi xüsusiyyətləri və eləcə də morfometrik və morfoqrafik göstəriciləri, hipsometrik vəziyyəti, onların təşkil olunduqları çöküntü və süxurların litofasial, petroloji-geokimyəvi və başqa xassələri ilə əlaqədə özünü göstərir. Silsilələrin baryer amili əlverişli iqlim şəraitinin yaranması ilə yanaşı, torpaq qatının morfostrukturları təşkil edən vulkanik süxurlar əsasında formalaşması nəticəsində onun minerallarla zənginliyinə və yüksək məhsuldarlığına səbəb olmuşdur. Ümumiyyətlə, əlverişli relyef şəraitinin mövcudluğu qurşaqda insanların həyat və təsərrüfat fəaliyyəti üçün münasib mühitin əmələ gəlməsinə geniş imkan yaratdığından bu region respublikanın ən çox mənimsənilmiş və sıx məskunlaşmış bölgələrindəndir. Ərazi antropogen təsirə məruz qalması, ekosistemlərin antropogen deformasiyası və antropogen landşaftların, xüsusilə də aqrolandşaftların geniş inkişaf etməsilə səciyyələnir. Bununla bərabər, relyefin yaratdığı əlverişli ekoloji mühit təbii fitosenozun geniş yayılmasına, xüsusilə də sıx meşə örtüyünün formalaşmasına səbəb olmuşdur. Bu, bitki örtüyünün növ tərkibinin zənginliyində də özünü göstərir. Meşə formasiyası tərkibində bir sıra endemik və relikt növlərin mövcudluğu əlverişli ekoloji şəraitin qədim tarixə malik olmasını sübut edir. Qurşağı təşkil edən əsas morfostrukturlar Talış mürəkkəb antiklinal və Peştəsər monoklinal quruluşlu silsilələrin cənub-şərq kənarlarından, mürəkkəb antiklinal quruluşla Burovar silsiləsindən və dağdaxili çökəklik və çay dərələrindən ibarətdir. Onların tektonik çatlarla mürəkkəbləşmiş yamaclarında və çay dərələrinin antesedent hissələrində qravitasiya və flüvial destruktiv proseslərin intensiv inkişafı ilə əlaqədar olaraq bu sahələrdə ekoloji tarazlıq pozulur və mühitdə əlverişsiz şərait müşahidə olunur.

Talış dağlıq sistemi ərazisinin xeyli sahəsi orta, çox az hissəsi isə yüksək dağlıq qurşaqların payına düşür. Qeyd olunduğu kimi, dağətəyindən və alçaq dağlıqdan bu istiqamətdə iqlim yarımrütubətli subtropikdən quru subtropikə - aridləşməyə doğru dəyişir (inversiya hadisəsi) və hipsometriyanın yüksəlməsilə əlaqədar olaraq relyefin enerjisi, dinamikliyi, morfogenez proseslərin destruktiv fəaliyyəti və intensivliyi də yüksəlir. Odur ki, ərazidə alçaq dağlıq qurşağa nisbətən ekoloji şərait kifayət qədər gərgin səciyyə daşıyır. Qurşaqda düzəlmə səthlərinin, akkumulyativ, erozion-akkumulyativ çay terraslarının, geniş və maili dibli dağdaxili çökəkliklərin yayılması, torpaq əmələgəlmədə maqmatik süxurların geniş spektrinin iştirak etməsi, relyefin hipsometriyasının şərtləndirdiyi sağlam-dağ iqlim şəraiti və başqa təbii amillər əlverişli ekoloji mühit əmələgətirici xassəyə malikdir. Bu baxımdan qurşağı təşkil edən morfostrukturların morfogenetik-morfometrik xüsusiyyətləri mühüm rol oynayır. Ərazinin hipsometrik cəhətdən ən yüksək və iri kənar sərhəd morfostrukturu olan Talış silsiləsinin baryer effekti əlverişli ekoloji mühitin formalaşmasında mühüm əhəmiyyət kəsb edir (cənub–cənub-qərbdən gələn quru-isti və soyuq atmosfer axınlarının təsirini xeyli yumşaldır). Talış və Peştəsər silsilələri ilə yanaşı, orta dağlıq qurşağın əsas morfostrukturlarını onların arasında yerləşən vulkanik-tektonik mənşəli Qosmalyan və Dıman, törəmə sinklinal səciyyəli Yardımlı və qraben-sinklinal quruluşlu Biləsər çökəklikləri təşkil edir. Bunlardan Yardımlı çökəkliyində və Peştəsər silsiləsinin sıldırım yamaclarında qravitasiya proseslərinin, xüsusilə də sürüşmələrin geniş yayılması tədqiq olan ərazidə ekoloji gərginliyi xeyli artırır. Lakin bu, insanların həyat şəraitində və təsərrüfat fəaliyyətində müəyyən mürəkkəbliklər yaratsa da, onların sağlamlığına təhlükə törətmədiyindən ərazinin məskunlaşmasında və mənimsənilməsində ciddi maneəçilik törətmir.

Talış və Peştəsər silsilələrinin yüksək sahələrində dinamiki morfogenez proseslərin güclənməsi, morfometrik göstəricilərin (şaquli və üfüqi parçalanma, səthin meylliyi və s.) kəmiyyətləri-

nin artması, morfoloji xüsusiyyətlərinin dəyişməsi, hipsometriya ilə əlaqədar olaraq relyefin enerjisinin yüksəlməsi və s. amillərin təsiri altında formalaşan mühit insanların daimi məskunlaşmasını xeyli çətinləşdirir. Əlbəttə, relyefin hipsometriyasının insanların həyatı üçün yaratdığı qeyri-normal termobarik və iqlim şəraiti öyrəndiyimiz ərazidə bəzi bitki və heyvan növlərinin məskunlaşması üçün münasib mühitin yaranmasını istisna etmir.

Beləliklə, relyef ekosistemdə temperaturun, rütubətin, atmosfer təzyiqinin, səth və yeraltı suların, üzvi və qeyri-üzvi mineral maddələrin, enerjinin və s. paylanmasında, onların kəmiyyət və keyfiyyət göstəricilərinin diferensiyasında və ümumiyyətlə, atmosfer-hidrosfer-litosfer təbəqələrinin qarşılıqlı əlaqəsində mühüm rol oynayaraq məkanda bu və ya digər xassəli ekoloji mühitin formalaşmasına səbəb olur. Odur ki, ekoloji geomorfologiya sahəsində aparılan tədqiqatlarda ekosistemin əsas ünsürü olan relyefin mühit əmələgətirici funksiyasına xüsusi diqqət verilməsi mühüm elmi və əməli əhəmiyyət kəsb edir.

**ƏDƏBIYYAT**


BUDAQOV, B.Ə. 1994. Azərbaycan Respublikası ərazisinin ekoloji-gərginlik dərəcəsinə görə ekoloji-geomorfoloji rayonlaşdırılması. *Təhlükəli təbiət hadisələrinə həsr edilmiş elmi-praktiki konfransın materialları.* Elm. Bakı. 139-150.

BUDAQOV, B.Ə. 2007. Relyef. Geomorfoloji bölgü. Azərbaycan Milli Ensklopediyası. Azərbaycan cildi. AME Elmi mərkəzi. Bakı. 14-25.

TANRIVERDIYEV, X.K. 2002. Relyef təbii sərvətdir. *H.Əliyevin 95 illiyinə həsr edilmiş konfransın materialları*, Bakı, 188-189.

АГЕСС, П. 1982. Ключи к экологии. Гидрометеоиздат. Ленинград. 96.

АЛИ-ЗАДЕ, Ак.А. (под ред.) 2007. Геология Азербайджана. Т. 1, ч.2 – Стратиграфия. Нафта-Пресс. Баку. 307-318.

АЛИ-ЗАДЕ, Ак.А. 2005. Геология Азербайджана. Т. 4 – Тектоника. Нафта-Пресс. Баку. 360-368.

АНТОНОВ, Б.А., ГАДЖИЕВ, В.Д. 1993. Талышские горы. Рельеф Азербайджана. Элм. Баку. 241-247.

БЕРДЫШЕВ, С.Н. 2002. Популярный географический энциклопедический словарь. Москва. 768.

БУДАГОВ, Б.А. 1999. Основные географические проблемы экологически сбалансированного развития Азербайджанской Республики. *Вестник БГУ*, *сер. естественных наук*, 1, 164-188.

ГАДЖИЕВ, В.Д. 1999. Палеогеоморфология областей мезокайнозойского вулканизма Нахчывани и Талыша. Агридаг. Баку. 194.

КУРБАНОВ, Т.Р. 1999. История развития и закономерности формирования морфоструктур Талыша. Автореферат кандидатской диссертации. Баку. 27.

ПОЗДЕЕВ, В.Б. 2000. Функции рельефа как элемента геоэкосистемы. Геоморфология на рубеже 21 века. 4 Щукинские чтения. Труды. Москва. 197-199.

РУСТАМОВ, М.И. 2005. Южнокаспийский бассейн – геодинамические события и процессы. Нафта-Пресс. Баку. 345.

ТИМОФЕЕВ, Д.А., ЛИХАЧЕВА, Э.А. 2002. Эстетическая и рекреационная геоморфология. Рельеф среды жизни человека (экологическая геоморфология). Медиа - ПРЕСС. Москва. 604.

ХАЛИЛОВ, Г.А. 1989. О проблемах геоморфологии и возможностях их решения. *Изв. АН Азерб. ССР. Сер. ,наук о Земле*, 6, 9-16.

ХАЛИЛОВ, Г.А. 2002. Экологическая геоморфология и интеграция наук. *Вестник БГУ, сер. естеств. наук,* 1, 210-215.

ХАЛИЛОВ, Г.А. 2006. Природные памятники Азербайджана и экотуризм. *Панорама Азербайджана*, 4 (21), 32-33.


***Məqaləyə c.e.d. X.K.Tanrıverdiyev rəy vermişdir***