© Т.В.Хисметов, Г.Г.Яценко, А.Ф.Боярчук, А.Н.Бабушкина, 2014

ГЕОМОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗРАБАТЫВАЕМЫХ ЗАЛЕЖЕЙ УГЛЕВОДОРОДОВ С УЧЕТОМ ДАННЫХ ЯФМ ГИС ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ОПЕРАТИВНОГО ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ПО ГЕОЛОГО-ТЕХНИЧЕСКИМ МЕРОПРИЯТИЯМ

Т.В.Хисметов[1], Г.Г.Яценко[2], А.Ф.Боярчук[2], А.Н.Бабушкина[2]

1 – *ЗАО «НТЦ ГЕОТЕХНОКИН»*
127422, РФ, г.Москва, Дмитровский проезд, д.10, корп.3, офис28
2 – *ОАО НПЦ «Тверьгеофизика»*
170034, РФ, г.Тверь, просп.Чайковского, д. 28/2, офис 202

В статье рассмотрена методика интегрированного анализа результатов ядерно-физических методов исследований обсаженных скважин (С/О, ИНГКС, СГК) и ГИС открытого ствола с целью геомоделирования разрабатываемых залежей нефти и газа. Площадной и 3d анализ результатов скважинных исследований с учетом данных ЯФМ позволяет изучить динамику изменения во времени и в пространстве нефтегазонасыщенности продуктивных отложений и степени выработанности запасов углеводородов. На примере одного из объектов Самотлорского месторождения показана возможность эффективного использования указанной методики для целей оперативного управления процессом разработки месторождения и принятия решений по проведению различных геолого-технологических мероприятий.

Комплексный анализ данных ядерно-физических методов (С/О, ИНГКС, СГК) в сопоставлении с результатами геофизических исследований (ГИС) открытого ствола позволяет решать многие задачи мониторинга и оптимизации процесса разработки нефтегазовых месторождений, к числу которых относятся:

– определение текущей нефтегазонасыщенности продуктивных объектов;

– оценка текущего положения межфлюидальных контактов и переходных зон;

– оценка степени и характера заводнения пластов и выявление невыработанных интервалов;

– площадной и 3d анализ результатов скважинных исследований с учетом данных ядерно-физических методов (ЯФМ) и дифференциация участков залежи по степени выработанности запасов;

– уточнение постоянно-действующей геолого-технологической модели месторождения.

На начальной стадии результаты проводимых на площади ЯФМ исследований обычно реализуются в рамках отдельных скважин при проведении ремонтно-изоляционных работ (РИР), уточнении объектов эксплуатации и выбора интервалов перфорации. По мере накопления на разрабатываемом месторождении информации по ЯФМ ГИС представляется актуальным их интегрированный анализ с построением пространственной картины текущей нефтенасыщенности продуктивных отложений и степени выработанности запасов углеводородов (УВ). В качестве инструментария для этой цели могут быть использованы имеющиеся программные комплексы по 2d и 3d геомоделированию и подсчету запасов залежей УВ.

Цель и задачи геомоделирования разрабатываемых залежей с учетом данных ЯФМ ГИС

Методика геомоделирования разрабатываемых залежей УВ заключается в последовательном (поэтапном) анализе результатов ЯФМ исследований в сопоставлении с данными ГИС открытого ствола и построении различных по масштабу и детальности геологических моделей (начиная от общего анализа по рассматриваемому месторождению или блоку и заканчивая детальным анализом в пределах отдельных элементов залежи).

Применение рассматриваемой методики интегрированного анализа результатов ЯФМ исследований обсаженных скважин и ГИС открытого ствола позволяет изучить динамику изменения во времени и пространстве нефтегазонасыщенности разрабатываемых залежей, что важно для более эффективного управления процессом разработки месторождения в целом и оперативного принятия ре-

шений по проведению различных геолого-технологических мероприятий.

Эффективность указанной методики комплексного анализа результатов ядерно-физических методов исследования скважин с построением геологических моделей залежей УВ на базе С/О каротажа и оценки текущей выработанности запасов подтверждена на ряде объектов Самотлорского месторождения Западной Сибири и Самодуровского месторождения Оренбургской области.

Ниже в качестве примера приводятся некоторые результаты реализации указанной методики интегрированного анализа данных ЯФМ и геомоделирования разрабатываемых залежей по одному из блоков (секторов) пласта АВ1(1-2) Черногорского лицензионного участка Самотлорского месторождения (рис.1).

Геомоделирование и анализ геолого-геофизической информации проводился по блоку S42, по которому проведено наибольшее количество ЯФМ исследований.

Площадь сектора – 29,3 кв.км. Площадь, охваченная ЯФМ исследований (при радиусе дренирования 300 м) – 7,91кв.км (27%). Область построения геологической модели иллюстрируется структурной картой по пласту АВ1(1-2) – рис. 2.

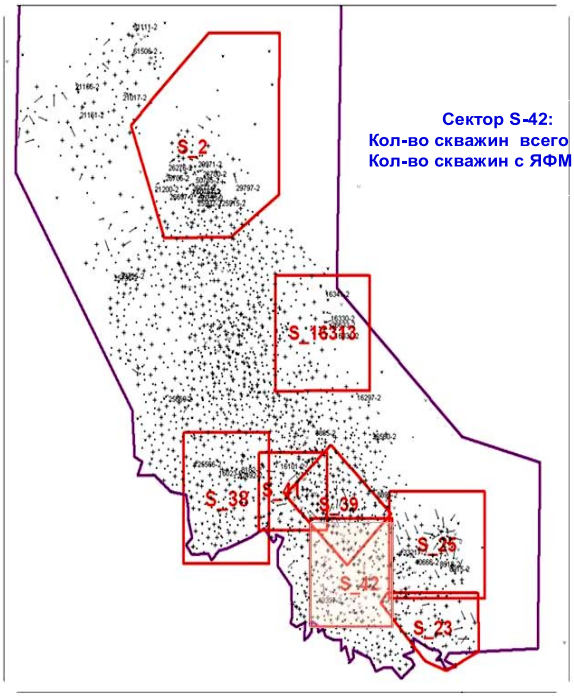


Рис. 1. Модели 2010-2011 гг. Пласт АВ1 (1-2) Черногорского ЛУ Самотлорского месторождения

Информационной основой выполняемого анализа и геомоделирования разрабатываемых залежей являются результаты определения текущего нефтегазонасыщения коллекторов по данным ЯФМ исследований, согласованные по каждой скважине с данными ГИС открытого ствола. Пример оценки начальной и текущей нефтенасыщенности коллекторов приведен на рис.3.

С целью объемной дифференциации рассматриваемого блока залежи по степени выработанности запасов нефти выполнен площадной и 3d анализ имеющейся геолого-геофизической информации.

Изменение во времени нефтегазонасыщенности продуктивных пластов изучалось путем построения и сопоставления 2d и 3d моделей на основе базовых скважин, охваченных ядерно-физическими методами исследований (по данным ГИС открытого ствола и с учетом данных ядерно-физических методов).

В качестве иллюстрирующих примеров приведено попарное сопоставление 2d карт и кубов нефтенасыщенности изучаемых коллекторов по данным ГИС открытого ствола и с учетом данных ЯФМ, а также сравнение условно начальных и текущих коэффициентов нефтенасыщенности коллекторов по разрезу залежи (рис.4-6).

(На представляемых далее рисунках переход от желто-оранжевых к зеленоватым тонам указывает на уменьшение значений анализируемых параметров).

Как видно, в целом наблюдается значительное снижение коэффициента нефтегазонасыщенности коллекторов пласта АВ1(1-2) по сравнению с данными ГИС открытого ствола, что указывает на высокую степень выработанности залежи.

В среднем по объему залежи уменьшение коэффициента нефтегазонасыщенности по данным ЯФМ составило 23% абс., а текущий коэффициент вытеснения нефти Квыт колеблется в пределах 0,22-0,64 д.ед.

Квыт=(Кнач-Кнтек)/Кнач

Наблюдается достаточно неравномерная выработка залежи и вытеснение нефти из продуктивных пластов в пределах рассматриваемого блока. Максимальные значения Квыт характерны для юго-западного участка блока и минимальные – для его северо-восточной части.

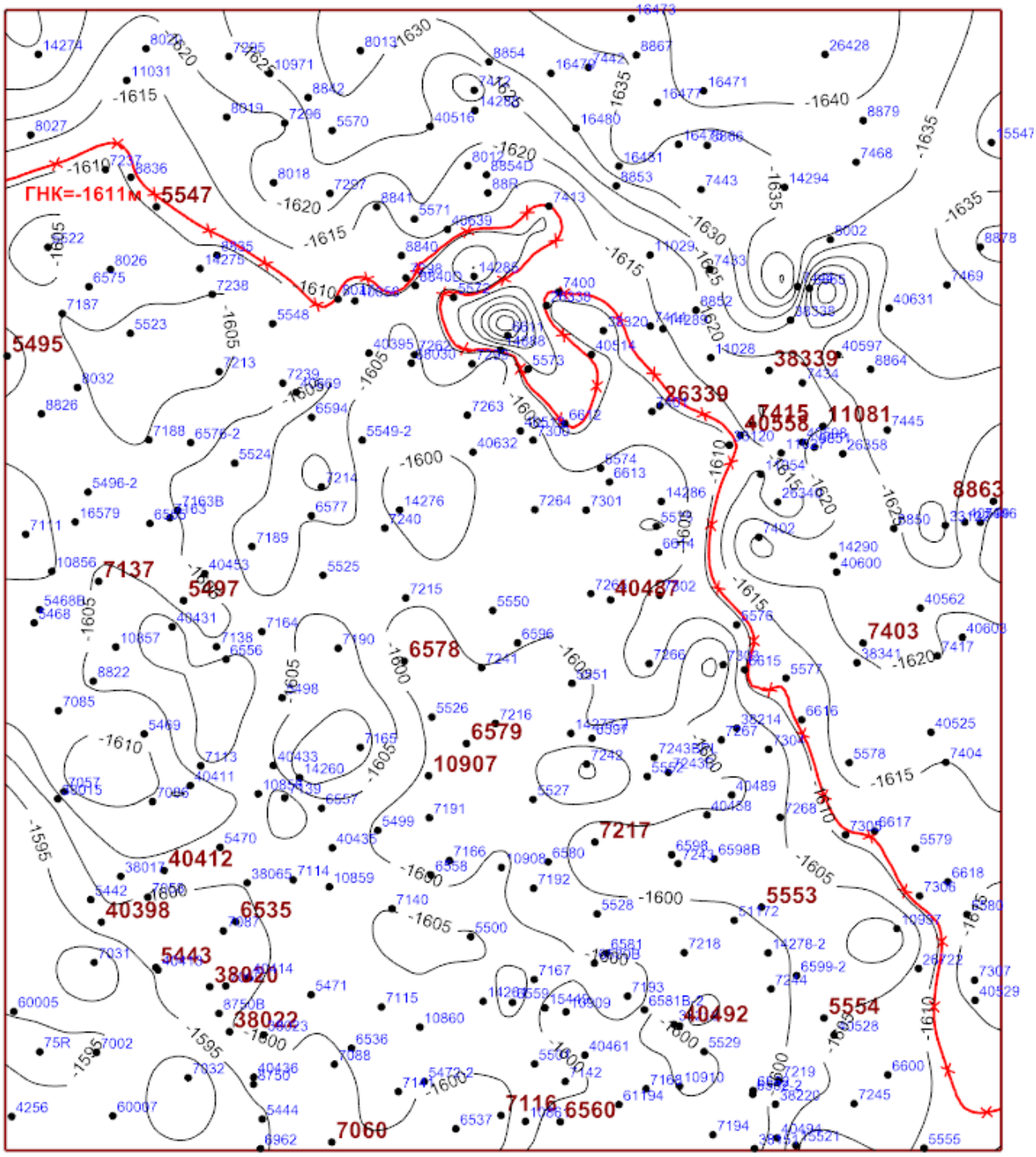


Рис. 2. Структурная карта по пласту АВ1 (1-2), блок S42 Черногорского ЛУ Самотлорского месторождения

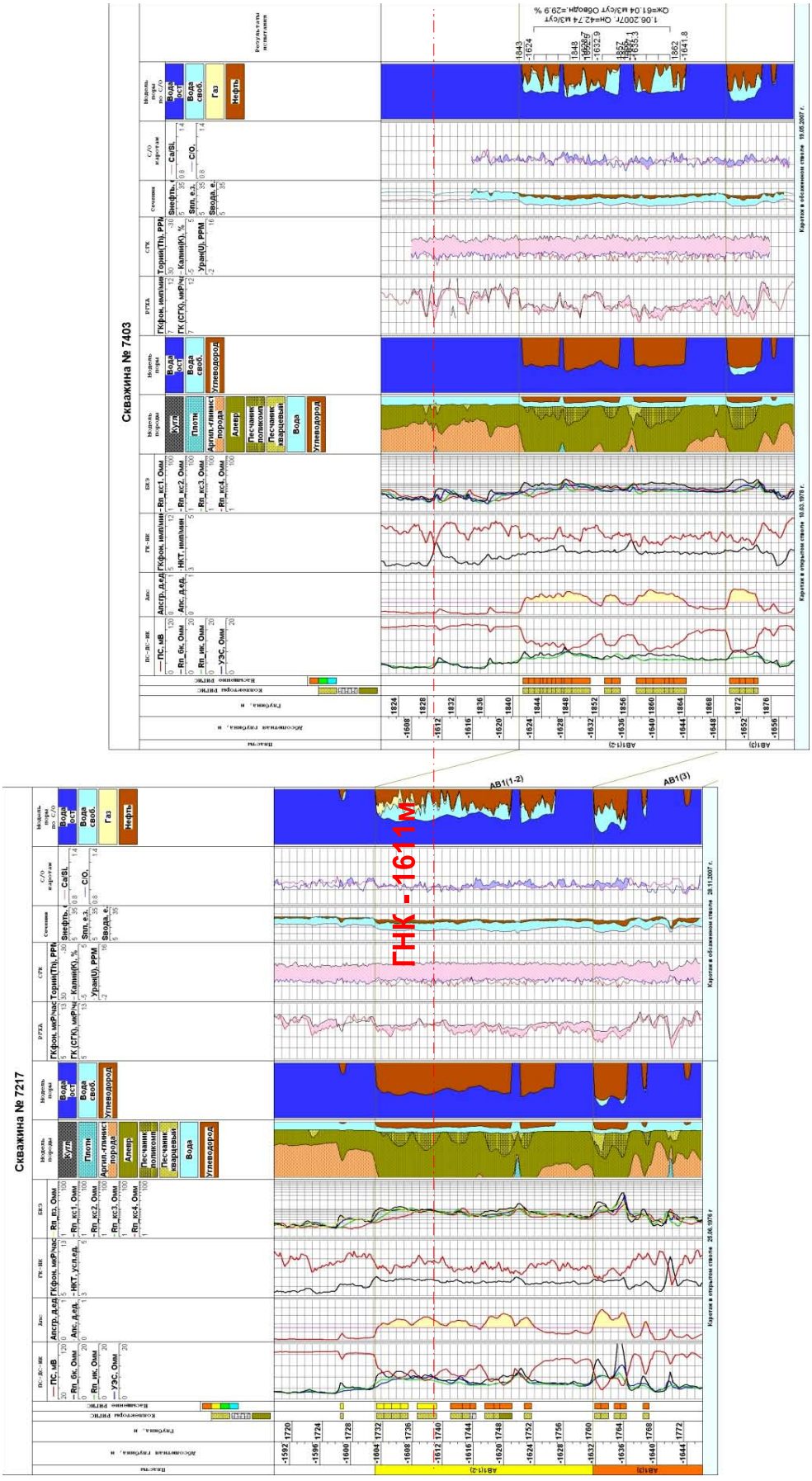


Рис. 3. Пример оценки текущего насыщения коллекторов по ЯФМ (С/О каротаж, СГК и ИНГКС) по скважинам 7217, 7403

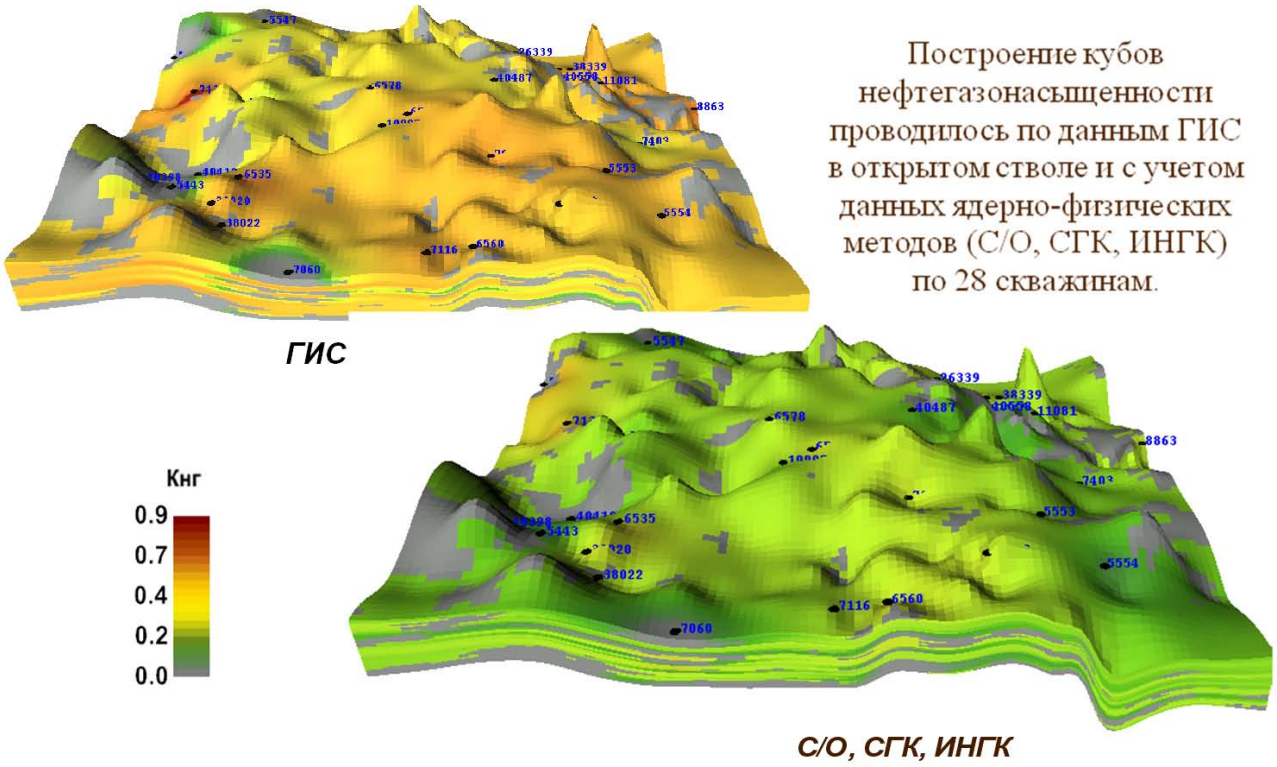


Рис. 4. Результат построения 3d моделей параметра нефтегазонасыщенности

Построение карт нефтенасыщенности проводилось по данным ГИС в открытом стволе и с учетом данных ядерно-физических методов (С/О, СГК, ИНГК) по толще ниже ГНК

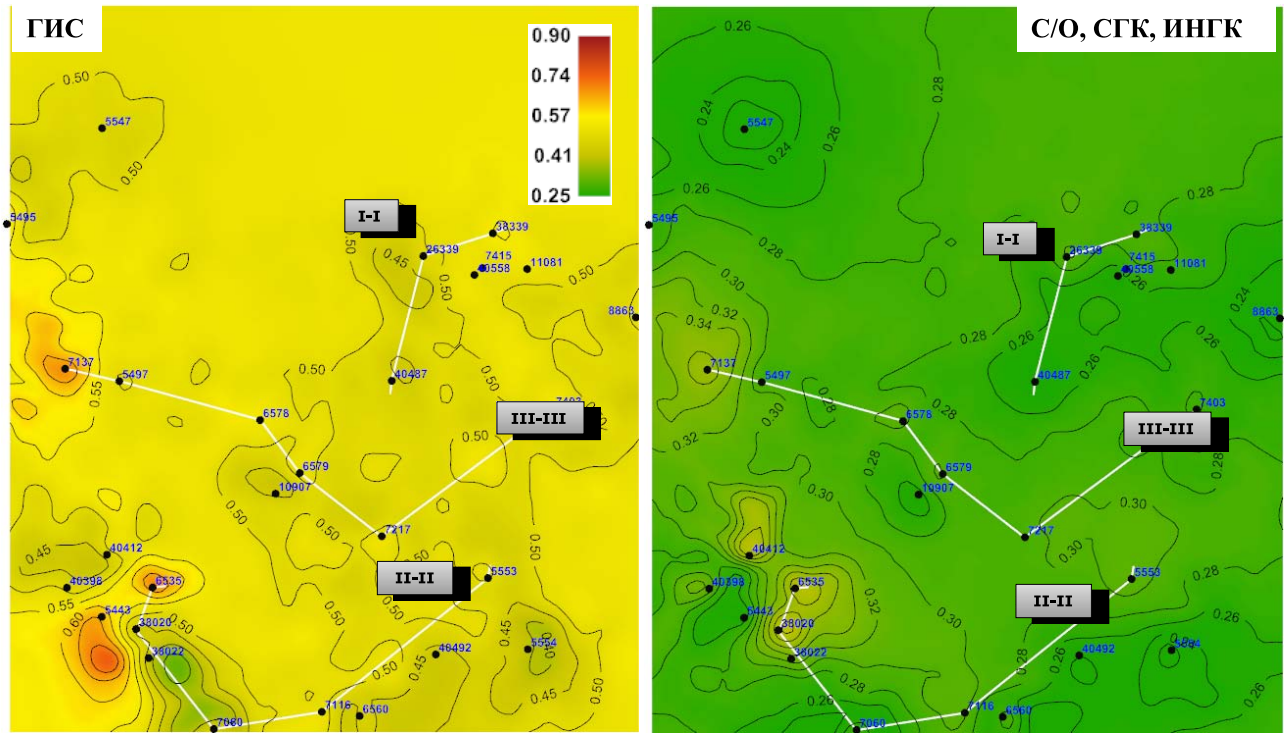


Рис. 5. Результат построения 2d карт коэффициента нефтегазонасыщенности по 28 скважинам

Сравнение коэффициента нефтегазонасыщенности проводилось по данным ГИС в открытом стволе и с учетом данных ядерно-физических методов (С/О, СГК, ИНГК) по 28 скважинам

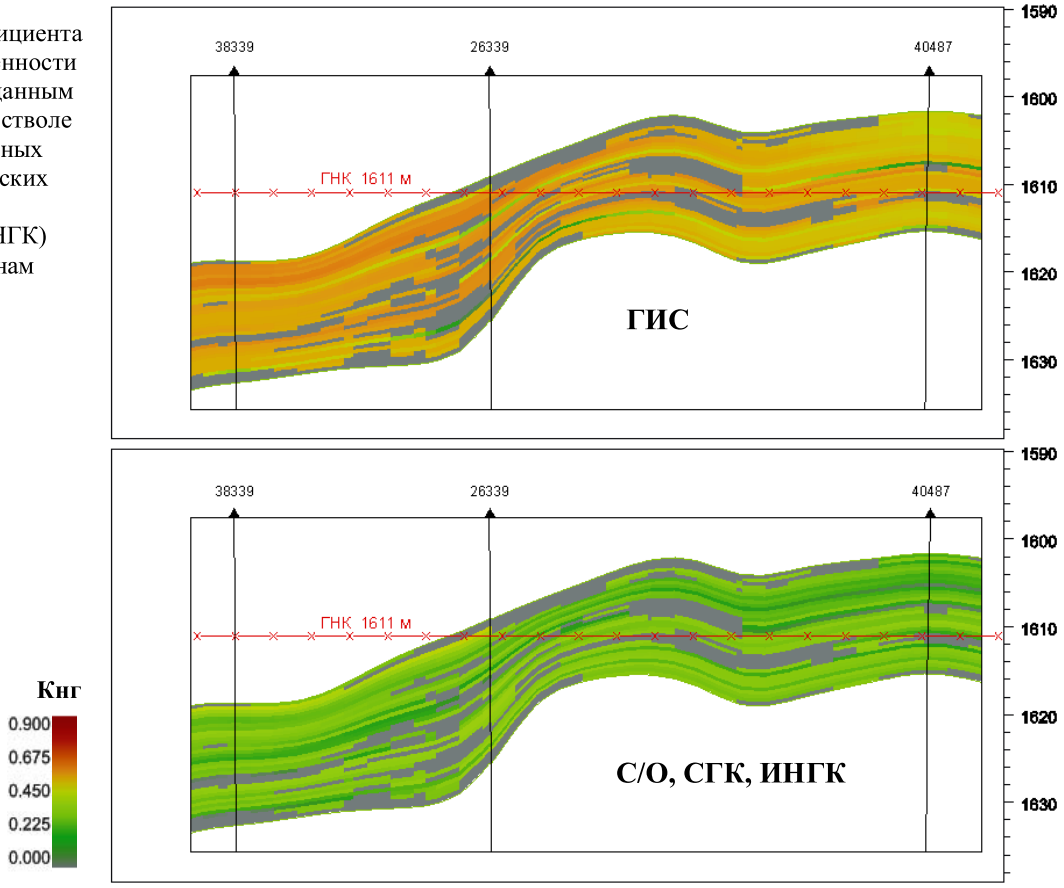


Рис. 6. Сравнение коэффициента нефтегазонасыщенности по разрезу I-I

Сказанное иллюстрируется слайдами изменения коэффициента вытеснения по площади и по объему залежи (рис.7, 8).

Полученная информация может быть использована при уточнении мест заложения новых эксплуатационных скважин и оптимизации режима разработки залежи.

С целью дальнейшей детализации анализа выполнена оценка распределения запасов по площади и степени выработанности запасов по отдельным участкам залежи сектора 42, максимально охваченным С/О исследованиями.

Ниже показаны результаты площадного и 3d анализа по одному из выбранных участков залежи сектора, полученные из ранее построенной по базовым скважинам модели (участок 1) (рис.9-13).

В таблице приведено распределение начальных и остаточных запасов по выбранным участкам залежи пласта AB1(1-2). Наибольшим объемом невыработанных запасов характеризуется участок 1.

Среднее значение текущего коэффициента вытеснения при этом для всех трех участков примерно одинаковое (0,414-0,419).

На заключительном этапе работ детальный анализ результатов С/О каротажа и геомоделирование проводились в пределах выявленных локальных элементов залежи, перспективных по наличию значительных остаточных запасов нефти.

Ниже на рисунках приведены примеры детального анализа результатов исследований ЯФМ в пределах отдельных скважин и межскважинного пространства (рис.14-16). Так, на рис.15 представлены результаты оценки запасов УВ (начальных и текущих) по участку в районе рассматриваемой скважины. В детальном масштабе изображены 3d проекция и два ортогональных разреза анализируемого участка, совмещенные в свою очередь со сводным геолого-геофизическим планшетом. Это позволяет провести детальный анализ рассматриваемого участка не только в целом по объекту разработки, но и по отдельным пропласткам коллекторов.

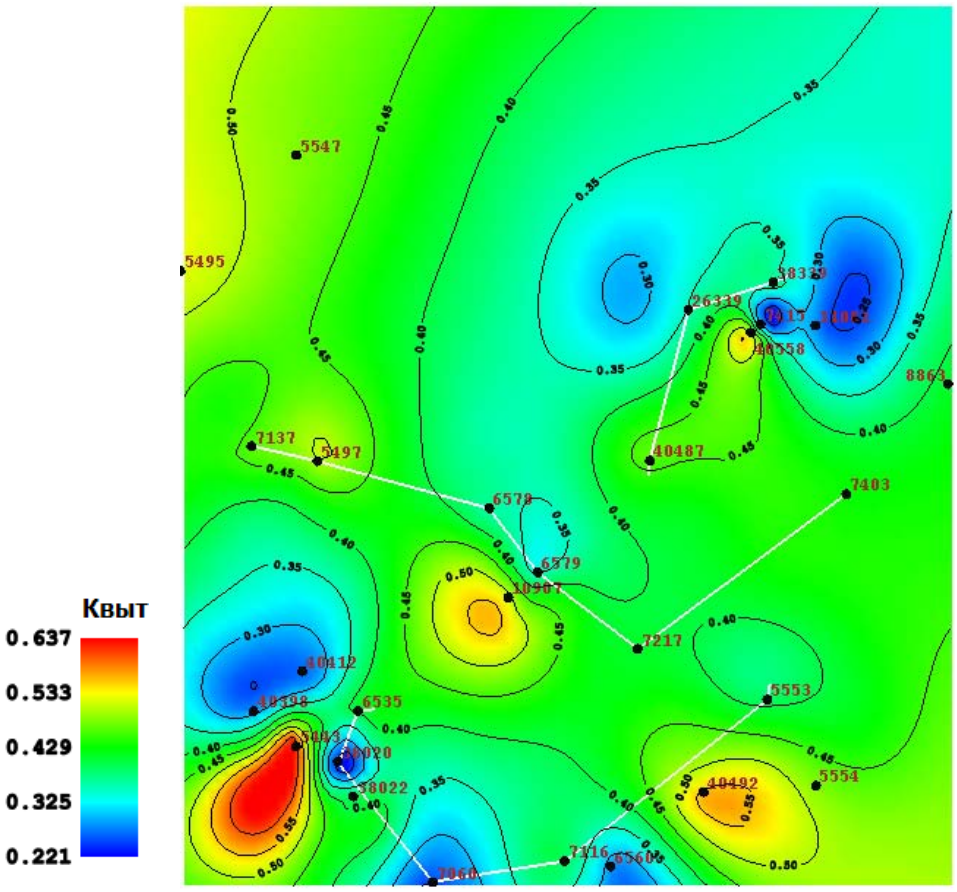


Рис. 7. Изменение коэффициента вытеснения по площади залежи по данным 28 скважин

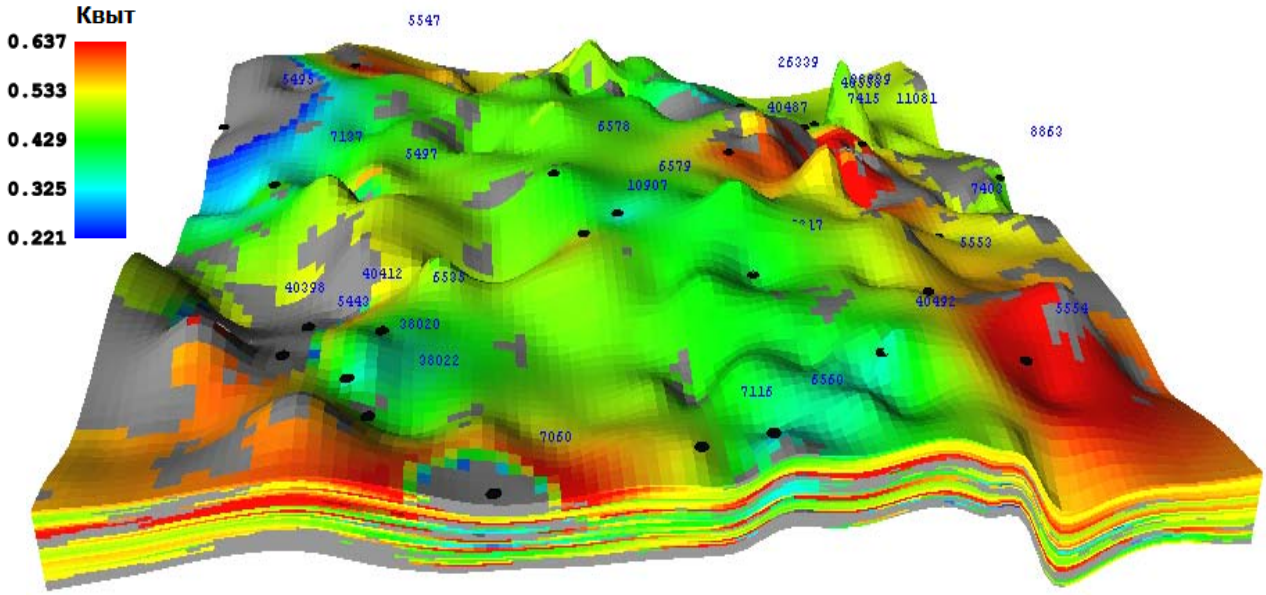


Рис. 8. Изменение коэффициента вытеснения по объему залежи по данным 28 скважин

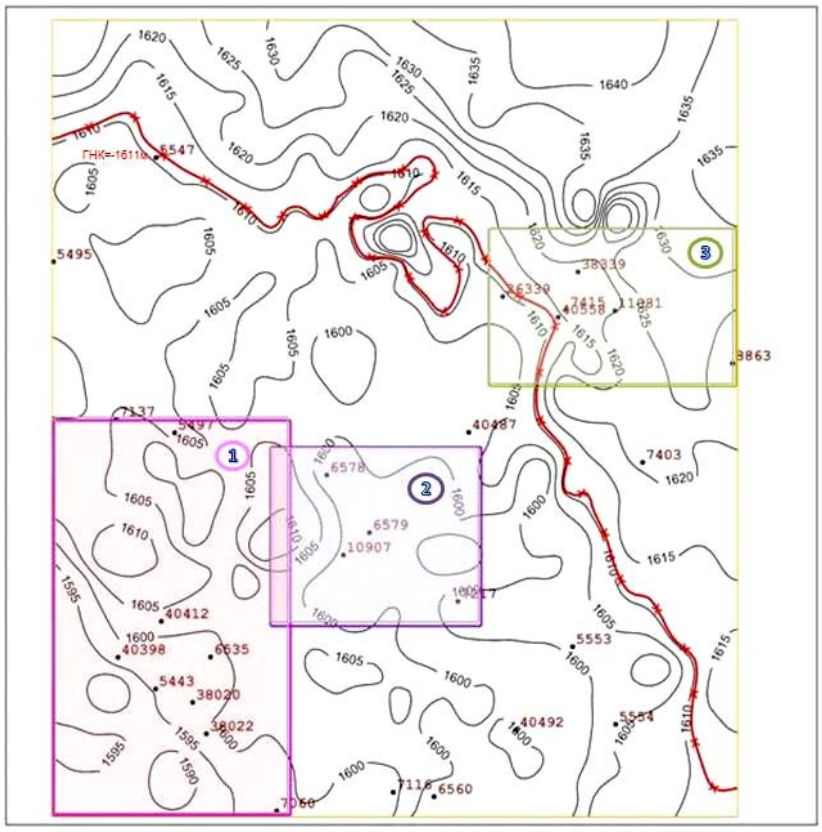


Рис. 9. Схема расположения выбранных участков залежи для детального анализа выработанности запасов

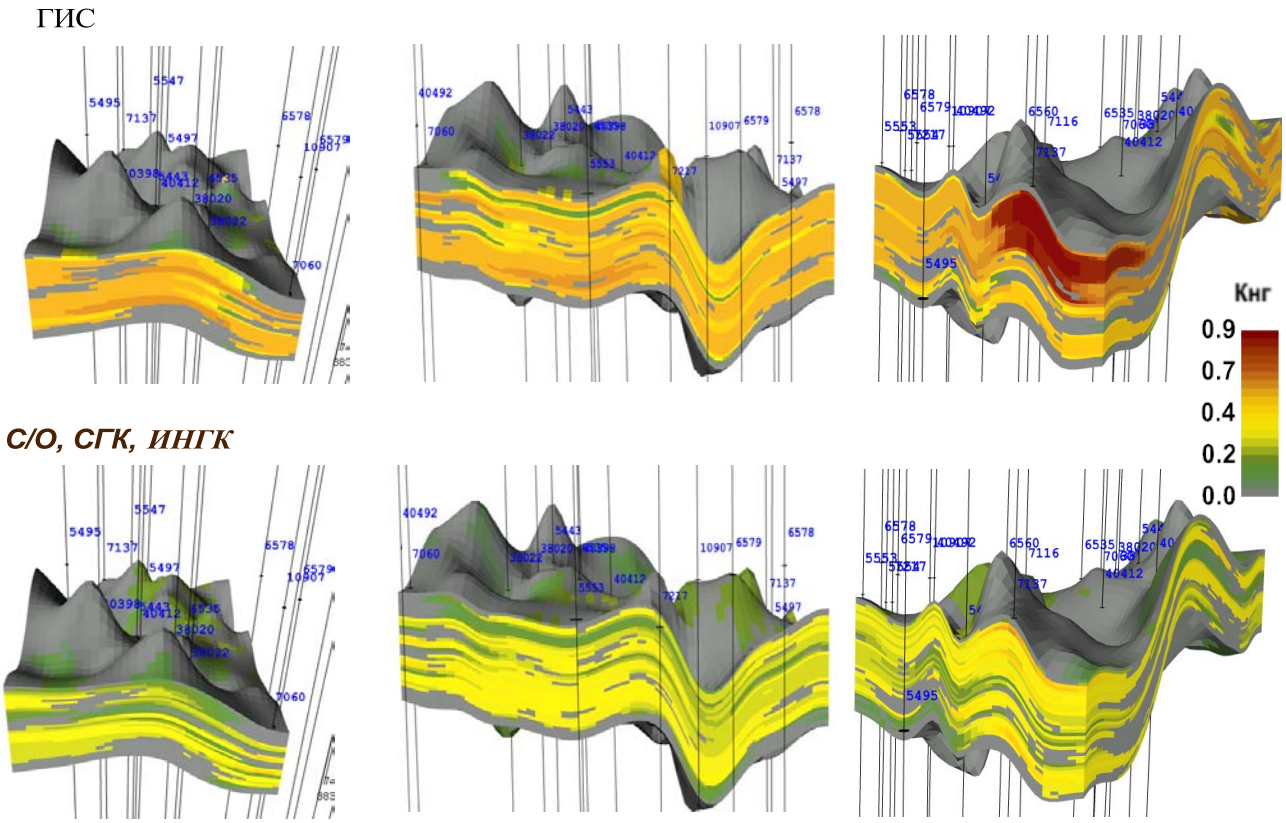


Рис. 10. Проекции в 3d участка 1 из модели, построенной по базовым скважинам

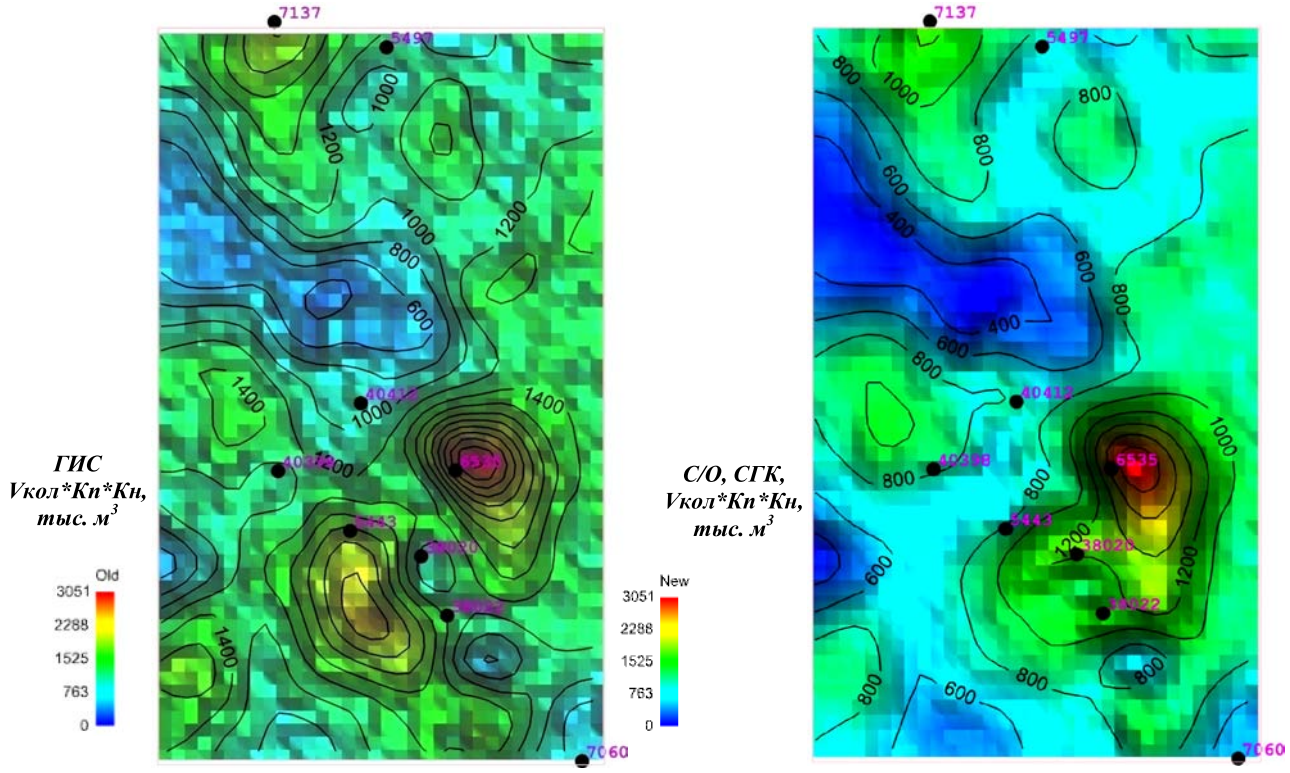
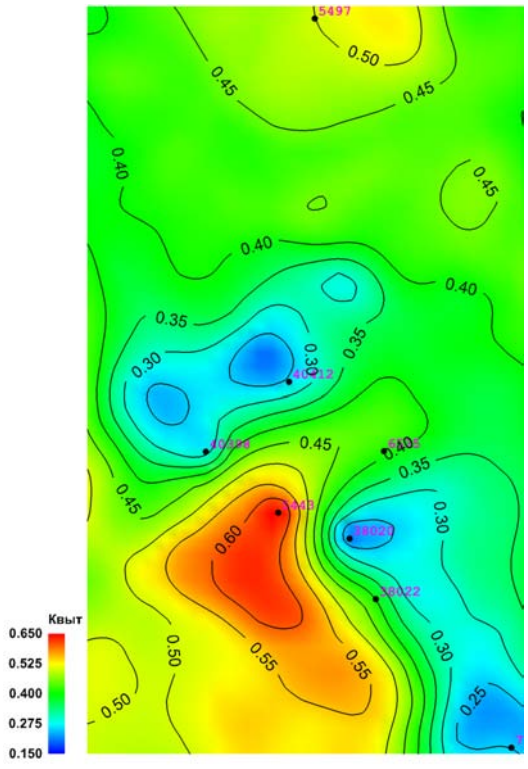
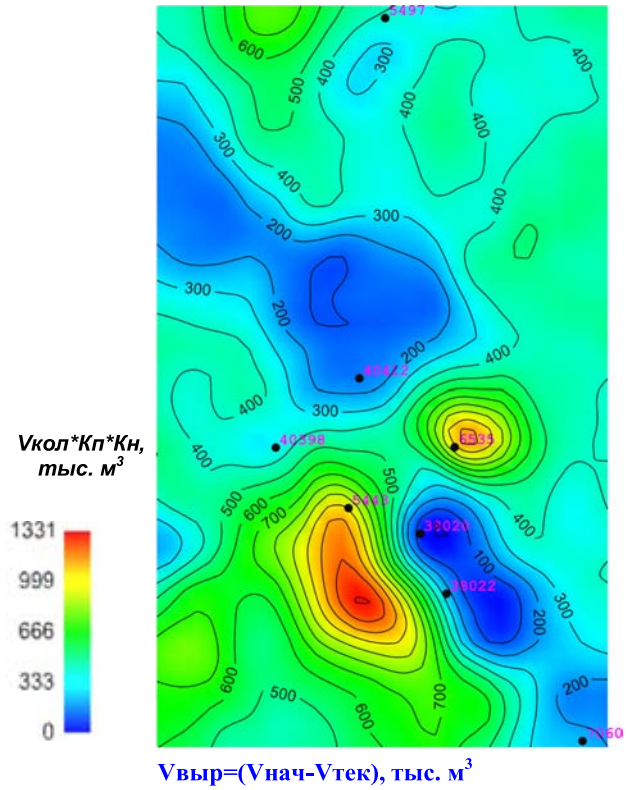


Рис. 11. Распределение запасов по площади на участке 1 из модели, построенной по базовым скважинам



Квыт=(Кннач-Кнтек)/Кннач, д.е.

Рис. 12. Распределение коэффициента вытеснения по площади на участке 1 из модели, построенной по базовым скважинам



Vвыр=(Vнач-Vтек), тыс. м^3

Рис. 13. Карта выработанности запасов по площади участка 1 из модели, построенной по базовым скважинам

Распределение начальных и остаточных запасов УВ по участкам залежи

Участок залежи, №№-скважин	Запасы (V*Кп*Кнг), тыс.м^3 по данным ГИС открытого ствола	Остаточные запасы (V*Кп*Кнг), тыс.м^3 по данным ЯФМ	Квыт по карте (min-max) ср.
① Скв. 40412, 40398, 6535, 5443, 38020, 38022	5642.679	3654.627	0.204-0.650 / 0.419
② Скв. 6578, 6579, 10907	2604.161	1538.184	0.316-0.526 / 0.414
③ Скв. 26339, 38339, 7415, 40558, 11081, 8863	2901.588	1487.821	0.244-0.526 / 0.415

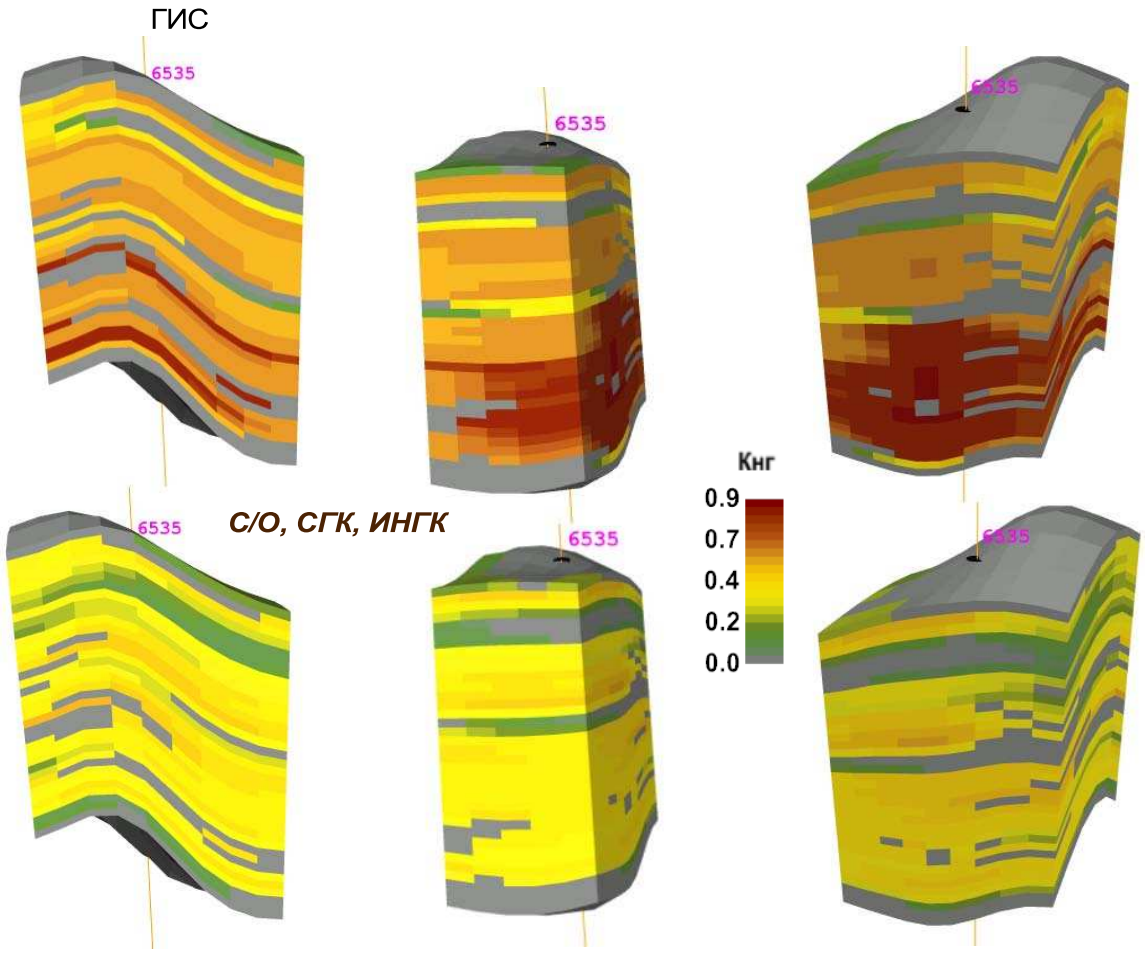
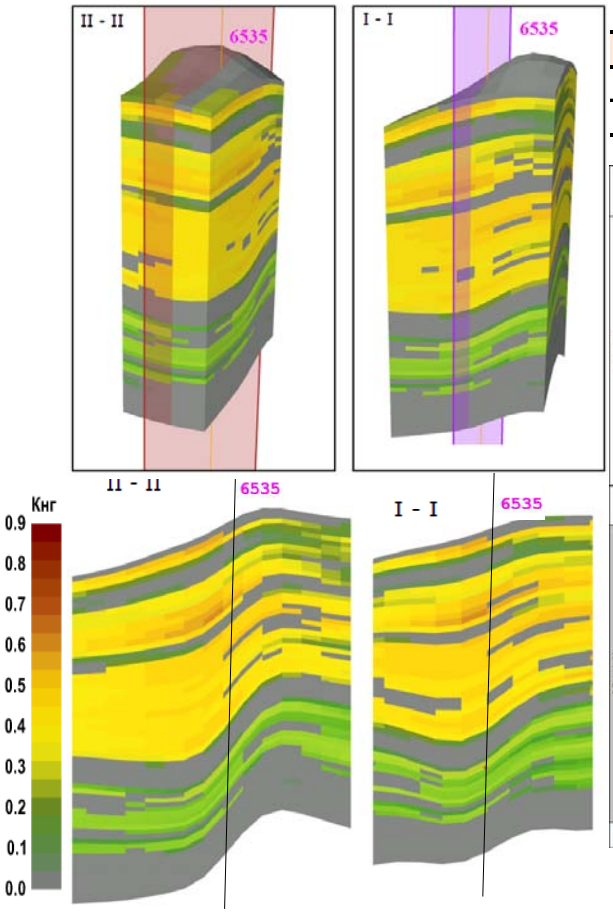


Рис. 14. Проекции в 3d участка скважины 6535 из модели, построенной по базовым скважинам



Район скважины 6535	
Запасы (Vкол*Кп*Кнг) по ГИС, тыс.м3	254.3
Запасы (Vкол*Кп*Кнг) по С/О, тыс.м3	151.4

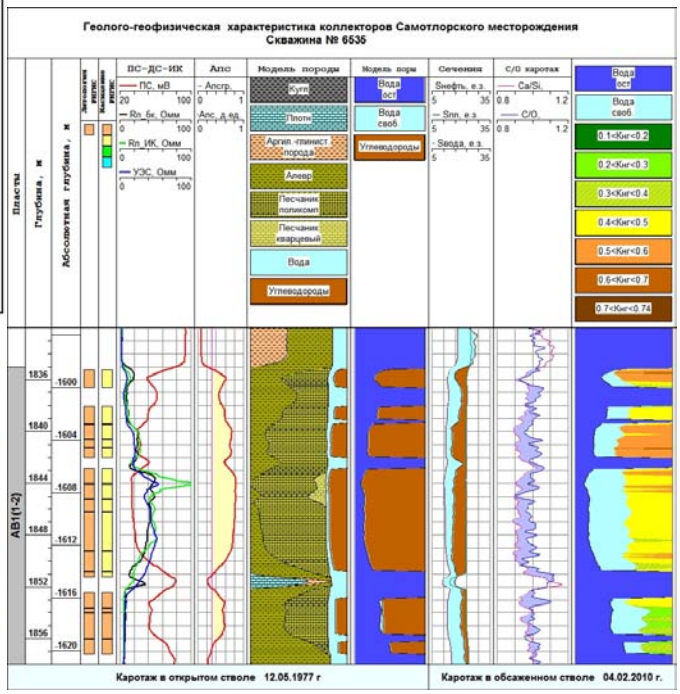


Рис. 15. Оценка потенциала запасов УВ по участку скважины 5635

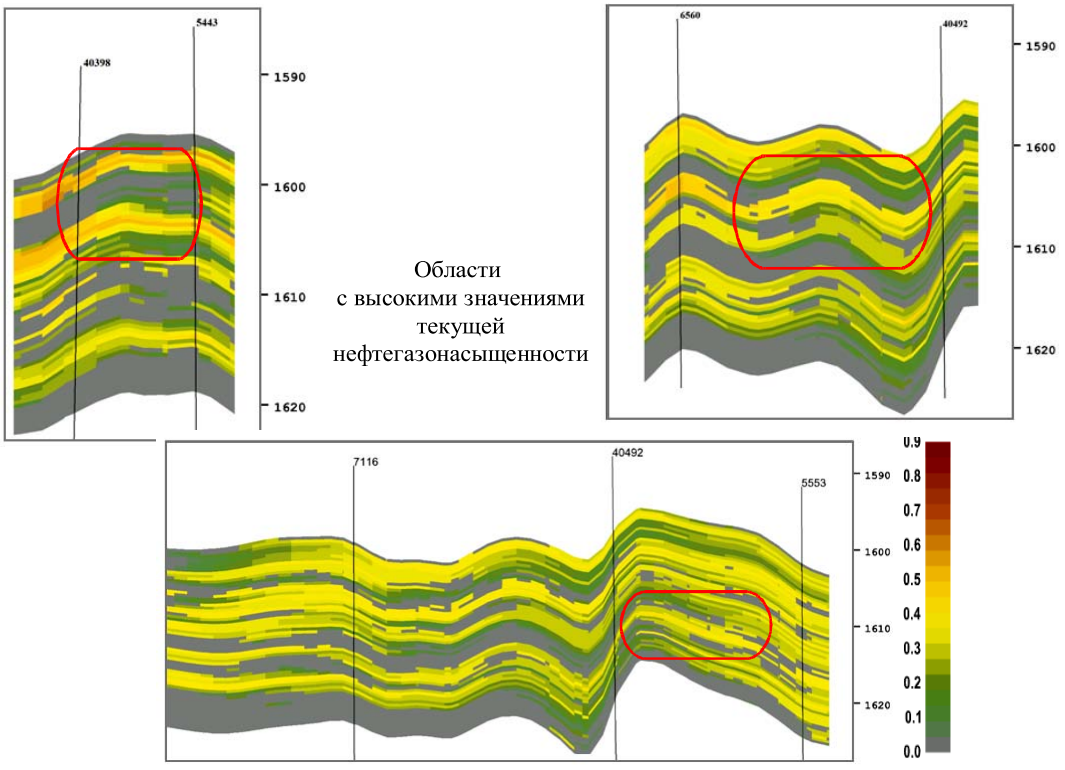


Рис. 16. Выявление перспективных элементов залежи в межскважинном пространстве

На основании анализа добычного потенциала выделенных участков и элементов залежи и с учетом литолого-физических и фильтрационно-емкостных свойств (ФЭС) изучаемых коллекторов в свою очередь проводится выбор объекта под проведение тех или иных геолого-технологических мероприятий, способствующих повышению эффективности проводимых и планируемых промысловых и геологоразведочных работ (уточнение мест забуривания боковых стволов, обоснование мероприятий по целенаправленному воздействию на пласты и интенсификации притока УВ и т.п.).

Выводы и рекомендации

На основе комплексного анализа имеющихся результатов ЯФМ исследований обсаженных скважин и ГИС открытого ствола, построения 2d и 3d геологических моделей с учетом данных С/О каротажа изучена динамика изменения во времени и в пространстве нефтегазонасыщенности разрабатываемого пласта АВ1(1-2) блока 42 Самотлорского месторождения.

Изложенная методика последовательного интегрированного анализа результатов ЯФМ ГИС и геомоделирования разрабатываемых месторождений (начиная от общего анализа по рассматриваемому месторождению и заканчивая детальным анализом в пределах отдельных элементов залежи) позволяет расширить необходимую информационную основу для более эффективного управления процессом разработки месторождения в целом и оперативного принятия решений по проведению различных геолого-технологических мероприятий на перспективных по величине остаточных запасов участках залежи.

Для более эффективного решения указанных задач необходимо значительно расширить объем выполняемых на месторождении исследований ЯФМ с периодическим проведением повторных исследований в контрольных скважинах.

Рецензент: к.г.-м.н. Х.Б.Агаев

© L.V.Eppelbaum, 2014

ESTIMATING INFORMATIONAL CONTENT IN GEOPHYSICAL OBSERVATIONS ON EXAMPLE OF SEARCHING ECONOMIC MINERALS IN AZERBAIJAN

L.V.Eppelbaum

Tel Aviv University,
Ramat Aviv 69978, Tel Aviv, Israel
Fax: +972 3 6409282, E-mail: levap@post.tau.ac.il

The application of geophysical methods to searching useful minerals is usually limited by physical, geological, economic and time considerations. The presence of numerous kinds of noise means that in many cases the anomalous targets (ore bodies, hydrocarbon pools, etc.) and surrounding media are best approached as probabilistic objects, such that the amount of information potentially available from different geophysical methods can be estimated by probabilistic and statistical methods, including the risks associated with this decision making. Here it is shown that simple informational and probabilistic criteria can be applied to formalize the information that can be obtained by applying different geophysical methods. To assess the relative value of geophysical methods, information, cost and time factors are convoluted to generate integrated parameters. Calculation of some information parameters in the regional scale in the South Caspian Basin, and in the local areas: Bulla Deniz gas deposit (offshore Azerbaijan), and Gyzyl-Bulakh gold-pyrite deposit (Lesser Caucasus, western Azerbaijan) shows an effectiveness of this methodology.

INTRODUCTION

It is well-known that majority of the inverse problem solutions in geophysics are ill-posed (e.g., Zhdanov, 2002). It means that the solution does not exist, or is not unique, or is not a continuous function of observed geophysical data (when small perturbation in the observations will cause arbitrary mistake in the solution). This fact, in particular, calls to wide application of informational and probabilistic methodologies in applied geophysics and geology.

Geophysical observations in searching useful minerals are notoriously complicated by numerous factors. To eliminate many of these disturbances numerous interpretational methodologies have been developed (Khesin et al., 1996). However, at times the complexity of the geological environment (variability in lateral and vertical physical properties), large depth of anomalous targets (**AT**) occurrence and additional disturbances makes it impossible or unfeasible to apply these methodologies. In such cases information-probabilistic methods are effective tools to recognize and classify targets (e.g., Duda and Hart, 1973), estimate the potential information value of geophysical methods and decide upon a workable solution. The objective of geophysical surveys is to obtain qualitative and quantitative information about the geometric and physical characteristics of buried **AT**; e.g., to develop physical-geological models (***PGM***) of target objects. ***PGM***s of varying degrees of complexity (the simplest ***PGM***s are purely target identification and complex ***PGM***s can be 3D models of buried **AT**) can be used to justify drilling (excavations) in defined areas and generate future strategies for geophysical-geological searches in areas where **AT** are known to exist.

This article gives a very short description of some of the key features of the informational approach to geophysical methods applied for searching useful minerals. Here it is shown that simple informational and probabilistic criteria can be applied to formalize the relative value of geophysical methods, geophysical information, cost and time factors to generate integrated parameters.

Estimating the information value of geophysical, geochemical and other means can be formalized on the basis of the following criteria (after Eppelbaum et al., 2003) (Figure 1):

(1) Informativeness of the application (informational criterion Γ);

(2) Cost of implementing the method (cost criterion C);

(3) Time required to carry out the method (time criterion T).

Criteria C and T are easy to calculate directly, but criterion Γ is a non-trivial research problem. A simplified algorithm can be written as:

$$\Omega = \Gamma \cup C \cup T, \qquad (1)$$

where $\cup$ is the symbol of unification.

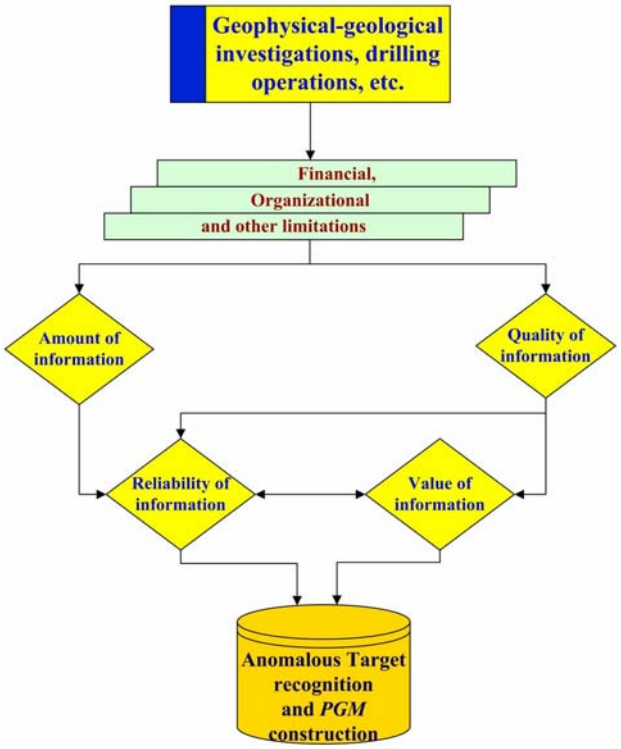


Figure 1. A scheme of anomalous target recognition and ***PGM*** construction with elements of information theory

All the available geological information can be represented as the classic three-level model (Figure 1): (a) syntactic – quantity of information, (b) semantic – content of information, and (c) pragmatic – value of information. The logical-heuristic model for describing environmental information thus takes the following form (Eppelbaum et al., 2003):

$$\Gamma = I \cup R \cup V, \qquad (2)$$

where I is the quantitative estimation of information, R is the estimation of informational reliability corresponding to the semantic criterion, and V is the estimation of informational value in terms of feasibility according to the pragmatic criterion.

Algorithm (2) is based on the fundamental terms of information theory and is combined with the structural (hierarchical) approach. This approach defines each indicator as a structure reflecting a set of typical situations and is then used to calculate the value of each estimator using the informational measure. Parameters V and R should be estimated geologically, but this is beyond the scope of this paper. Here parameters V and R will be neglected, and it is assumed that $\Gamma = I$.

A variant of the possible analysis of geological-geophysical information is presented in Figure 2.

EVALUATING THE EFFICIENCY OF GEOPHYSICAL METHODS WITH INFORMATIONAL-STATISTICAL PROCEDURES

General considerations

Choosing the right method (or number of methods) can be based on a qualitative-quantitative estimate (Figures 1 and 2). For this purpose, reliable informational and statistical criteria are needed. The first issue is the quantity of information that can be obtained by a single method or a set of methods (geophysical, geochemical and other data). The second is to define a criterion to express the decision-making risk as a function of the obtained data. Nevertheless, informational criteria are preferable, because geological-geophysical prospecting is a permanent process of acquisition and analysis of different kinds of information.

The classic information theoretic works by Shannon (1948) and Brillouin (1962) prompted Khalfin (1958) to apply firstly these criteria to geology and geophysics. It has been shown (Khesin et al., 1996) that informational and statistical approaches represent two aspects of a shared approach. For instance, the solution to an identification problem using the criterion of minimal average risk or that of maximum information (minimal residual uncertainty) under definite conditions results in the same expressions (Svetov, 1992; Nikitin, 1993). An enhanced wavelet approach to integration of geophysical data under complex geological conditions was proposed by Eppelbaum et al. (2011). In many cases this approach is similar to enhanced information method.

This lays the groundwork for presenting some of the key elements of the theory of information and statistical-probabilistic approaches in prospecting of economic minerals. Illustrating how these fairly straightforward methods can yield valuable results should highlight commonalities in **AT** localization and geophysical theory and hence optimize ***PGM*** development and successful **AT** discovering.

Let's assume that there is only one **AT** in the area. This area is divided into N equal cells. For simplicity each cell is assumed to have the same probability of containing the **AT**. Thus, the probability of finding the **AT** is equal to $P = 1/N$ in each cell. Hence, the entropy of experiment β (discovery of **AT**) is $\log_2 N$.

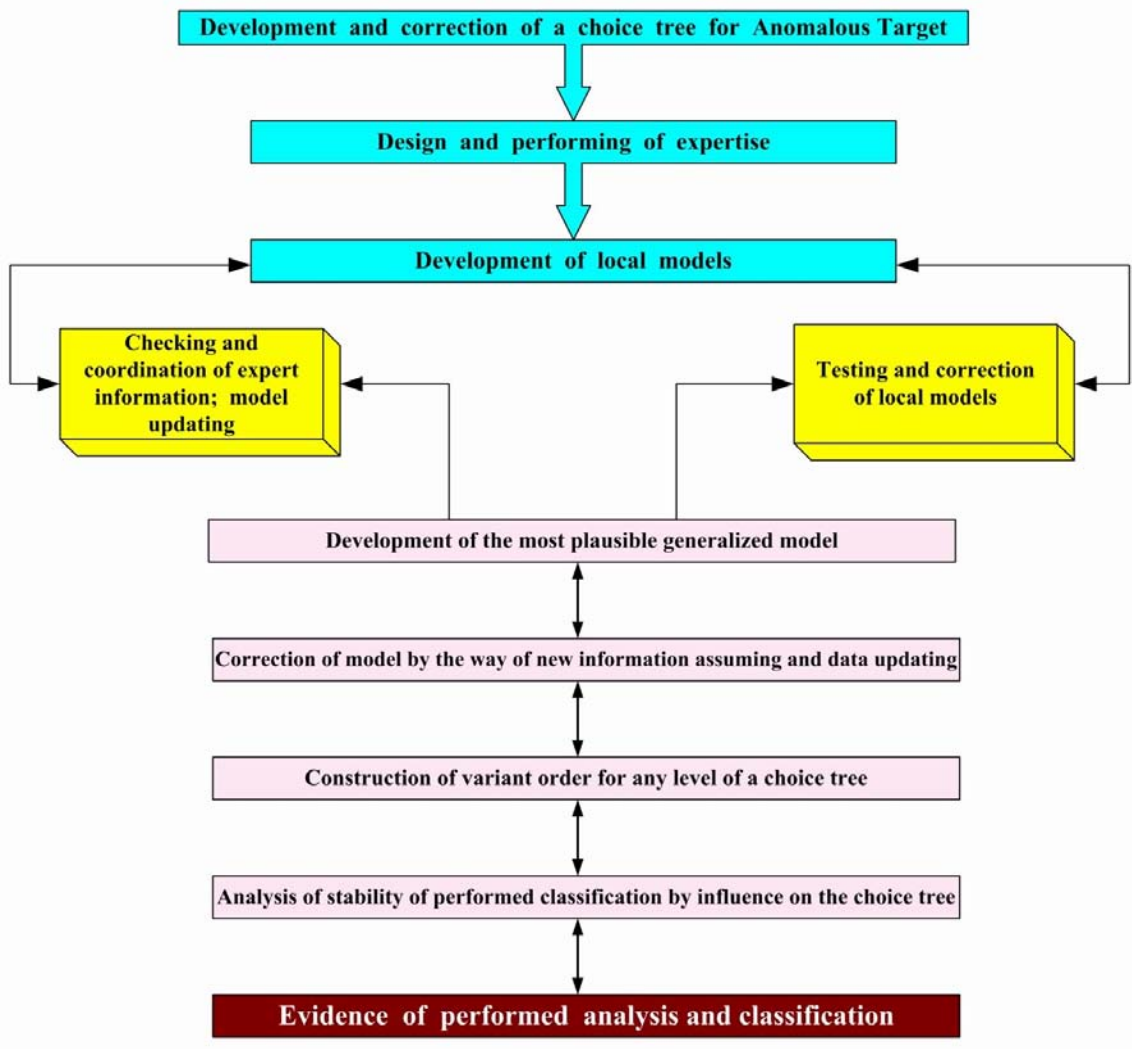


Figure 2. Flow-chart of integrated geological-geophysical analysis of combined data obtained in geological-geophysical prospecting by use of comprehensive informational approach

The entropy is determined using following expression:

$$H(\beta) = -\sum_{i=1}^{N} P(B_i) \cdot \log_2 P(B_i), \qquad (3)$$

where $P(B_i)$ is the probability of a B_i outcome (B is the range of outcomes of experiment β).

In this situation the $H(\beta)$ value $(\log_2 N)$ is maximum possible uncertainty. Experiment α (geophysical observation) gives additional information. The A value is a range of outcomes for experiment α.

The difference between uncertainties in the β results before and after experiment α serves to estimate the information in α as related to β:

$$I(\alpha, \beta) = H(\beta) - H(\beta|\alpha), \qquad (4)$$

where $H(\beta|\alpha)$ is the conditional entropy for experiment β (provided that experiment α has been conducted).

The conditional entropy is the average value of a random variable taking a $H(\beta_i|\alpha_i)$ value with a probability of $P(A_i)$:

$$H(\beta_i|\alpha_i) = \sum_{i=1}^{N} P(A_i) H(B_i|A_i). \qquad (5)$$

Estimating the efficiency of individual methods

When selecting methods for integration, it makes sense to evaluate the amount of information provided by each.

Starting from a well-investigated area (with an equal distance between observation points) typi-

cal of the region under study, it is assumed that 1/50 of it contains an **AT**. It is *a priori* assumed that the Bouguer gravity field over **AT** occurrence (anticline structure) is always positive, whereas in the empty part (not containing **AT**) of the area it may be either positive or negative with equal probability. In other words, it is known *a priori* that 2% and 98% of the area are **AT**-containing and empty, respectively, and in 49% and 51% of this area the Bouguer gravity anomalies, respectively, are negative and positive. The results of experiment β can be designated as follows: B – **AT** occupying part of the area, $\overline{B}$ – empty part of the area. Thus, $P(B)=0.02$, $P(\overline{B})=0.98$. According to expression (3) $H(\beta)\cong 0.14$.

The result of experiment α is expressed as follows: A is a positive field, $\overline{A}$ is a negative field. The relative partial entropy (after recording the positive Bouguer gravity at the measurement point) can be calculated in the following way: $P(A)=0.51$; $P(\overline{A})=0.49$; $P(B|A)=2/51$, $P(\overline{B}|A)=$ $=1-P(B|A)=49/51$. Thus, $H(\beta|\alpha)\cong 0.24$. According to the recorded negative Bouguer gravity, the area is certainly empty: $H(B|\overline{A})=0$. Consequently, the partial entropy for experiment β under the conditions of α, as stated in Eq. (5), is $H(\beta|\alpha)\cong 0.12$. Thus, the uncertainty of the **AT** determination decreased after Bouguer gravity observation/computation from 0.14 to 0.12.

By taking into account the cost of each measurement, the effectiveness of respective methods can be estimated (e.g., Eppelbaum et al., 2003). For this purpose it is sufficient to compare the values (costs) of the information units provided by each method. On this basis, a valid solution for a reasonable integration of the methods can be made.

Estimation of information by indicator (field) gradations

The applied geophysical fields usually have maximal and minimal intensity within studied areas. The difference between the maximal and minimal intensities may be subdivided into some intervals (gradations). Gradations of indicators can be also used to obtain information about the types of **AT**. Physical fields, geochemical analyses, **AT** features, etc. can serve as indicators. Let $P(A_i|B)$ denote the posterior probability of finding the i-th gradation of indicator A (e.g., magnetic field intensity) over the targets B, $P(A_i)$ is the prior probability of finding the same gradation in a survey area. Thus the partial information on the presence of target $I_{A_i\to B}$ contained in the recorded A_i gradation takes the following form:

$$I_{A_i\to B}=\log_2\left[\frac{P(A_i|B)}{P(A_i)}\right], \qquad (6a)$$

as the uncertainty in the recording of A_i before the survey was $\log_2 P(A_i)$ and after the survey – $\log_2 P(A_i|B)$.

Similarly,

$$I_{A_i\to\overline{B}}=\log_2\left[\frac{P(A_i|\overline{B})}{P(A_i)}\right]. \qquad (6b)$$

Statistically, the probabilities (or, to be more precise, relative frequencies) are expressed by the following ratios: S is the total number of values, S_i is the number of values occupied by the i-th interval of the A_i values, S_p is the total number of points reflecting the **AT** projections to earth's surface, and S_{pi} is the number of points common for interval A_i and the **AT** projections.

Then:

$$P(A_i)=\frac{S_i}{S},\quad P(A_i|B)=\frac{S_{pi}}{S_p},\quad P(A_i|\overline{B})=\frac{S_i-S_{pi}}{S-S_p}.$$

The increment in information contained about the presence of the object

$$\Delta I_i=I_{A_i\to B}-I_{A_i\to\overline{B}}=\log_2\left[\frac{P(A_i|B)}{P(A_i|\overline{B})}\right] \qquad (7)$$

are summed up in each elementary cell of the studied geological site.

To estimate the informational significance, the following expression can be used:

$$I_{A\to B}=\sum_i\left[P(A_i)\cdot I_{A_i\to B}\right]. \qquad (8)$$

The estimates served to substantiate the ratio between the informational significance, cost and time (see Eq. (1)). To normalize the results, the following semi-empirical expressions (obtained on the

basis of informational approach and long-term experience in the field of applied geophysics) can be used (on example of geophysical methods I and II):

$$\Omega_I = \frac{I'_{A\to B(I)}}{C_{(I)}/C_{(II)} \cdot T_{(I)}/T_{(II)}}, \quad (9a)$$

$$\Omega_{II} = \frac{I'_{A\to B(II)}}{C_{(II)}/C_{(I)} \cdot T_{(II)}/T_{(I)}}. \quad (9b)$$

Comparison the corresponding factors will enable to estimate the geophysical method effectiveness.

Estimates of the efficiency of geophysical integration based on the probability of type I and type II errors

Classification efficiency can be estimated quantitatively not only for separate methods, but also for geophysical integration by calculating the reliability of revealing **AT**. Let's assume that in some region 20 anomalies have been contoured and localized by a set of geophysical methods. The revealed anomalies were divided into 3 groups with various degree of desired **AT** discovering. Under the assumption that the results of drilling are absolutely reliable, classification reliability can be assessed by calculating the probability of type I and type II errors.

The probability of a type II error (M_2) is expressed as the relative frequency of an erroneous diagnosis for objects from sampling B (**AT**). The probability of a type I error (M_1) is expressed as the relative frequency of an erroneous diagnosis for objects from the sampling $\overline{B}$ (the remainder of the objects). These errors are used to determine the total unconditional error of separation q between the classes B and $\overline{B}$ (i.e. the risk of an erroneous solution):

$$q = M_2 P(B) + M_1 P(\overline{B}), \quad (10)$$

where $P(B)$ and $P(\overline{B})$ are the prior probabilities of the appearance of objects of the first and second classes, respectively.

If $P(B) = P(\overline{B}) = 0.5$, then q value corresponds to the intersection area of distribution densities $P(X|B)$ and $P(X|\overline{B})$. Here X is the separation index. It can represent geophysical field amplitude or gradient, the value of integrated indicator, etc.

The separation reliability (γ) is:

$$\gamma = 1 - q. \quad (11)$$

The total empirical error should be compared to the theoretical error. The approximation of the errors can confirm a correct assumption and provide high reliability of identification. Using logical-informational methods (Khesin et al., 1996), the classification reliability is estimated solely from empirical errors.

The errors due to assigning observation results to a class (with or without the **AT**) can be determined as follows. The absence of anomalies for the complex indicator in a known target- containing area is a type II error, or "omission of target". The presence of these anomalies in the empty part of this area is a type I error, or a "false alarm".

Comparing these rapid results with those of a more complex integration can also be used to estimate the respective errors and the reliability of classification. From the previous experience was recognized that the hydrocarbon nature of 14 out of 20 revealed gravity-magnetic anomalies in the Middle Kura Depression (Azerbaijan) was confirmed (Khesin et al., 1985). New **ATs** were not revealed at the areas where geophysical methods were applied. Thus, $M_1 = 0$, $M_2 = 14/20$. Assuming that $P(B) = P(\overline{B}) = 0.5$, and taking into account Eqs. (10) and (11), then $q = 0.70$ and $\gamma = 0.30$.

Calculation of information parameters

Typically, the first step in the qualitative interpretation involves visual inspection of profile observations or compiled maps. However, this simple analysis is often not sufficient to locate buried objects. Detecting any geophysical anomalies caused by **AT** is often difficult because the effect may be masked by influence of surrounding inhomogeneties of different sizes and intensity. Various transformation and filtering procedures have been developed for more effective localization of finite objects (Telford et al., 1990; Parasnis, 1997, etc.). We have shown elsewhere (Khesin and Eppelbaum, 1997; Eppelbaum, 2013) that applying information parameters often overcomes these problems. The method involves considering that the noise component – the combined effect of the surrounding inhomogeneties that are not associated with the target objects – is random. The amount of information (I_i) at each observation point by application of the i-th method is

$$I_i = -\log_2 P_j \quad (12a)$$

or

$$I_i \cong \log_2\left(\frac{H_i}{\Delta H_i}\right), \qquad (12b)$$

where P_j is the frequency rate of the j-th interval of the i-th indicator (field) in the histogram (more precisely, Bayes' evaluation of the probability that the results will end up in the j-th interval) and H_i and ΔH_i are the amplitude and determination error of this indicator, respectively.

Eppelbaum et al. (2008) proposed the following expression:

$$I_i = U_i\left(\sum_i^n U_i\right)^{-1} \log_{10}\left[U_i\left(\sum_i^n U_i\right)^{-1}\right]K, \qquad (12c)$$

where U_i is the geophysical observation at i-th point ($U_i > 0$) in the area under study, n is the total number of observations, and K is a some coefficient.

After summing the information elements that suggest *a priori* that a target object is present, the random noise and components caused by dissimilar geological features are suppressed. In order to avoid singling out fictitious objects by the plot of $\frac{1}{n}\sum_{i=1}^n I_i$, which can occur when a large amount of information is contained in the data of only one or two methods, an additional complex criterion that depends on the number of significant indicators can be calculated while adjusting for their relative influence:

$$I_{\text{integr}} = \sum_{k=1}^{\frac{n(n-1)}{2}} \frac{(I_p)_k}{(I_p)_{\max}}, \qquad (13)$$

where I_p is determined from the formula

$$I_p = (I_1 + I_2)\frac{I_1}{I_2}, \quad (I_1 \le I_2),$$

by using pairwise combinations of the n methods employed.

The results of the parameter calculation may be compiled as maps of I_i and I_{integr}. To avoid missing deeply embedded objects, in some cases it is better to use frequency rates of average values or average field estimates on a sliding scale instead of the P_j and H_i values, respectively. The correlation of I_{integr} with the sum of information elements makes it possible to avoid missing an object which for these or other reasons, was not revealed by other indicators. The combination of indices permits certain interpretative conclusions.

In practice J_i is usually replaced by the relative amount of information, also known as the coefficient of informativity (Khesin et al., 1996):

$$K_i = \frac{J_i}{\bar{J}_i}. \qquad (14)$$

The value of $\bar{J}_i$ determines the information obtained when the result of U_j falls into the x_j interval of the histogram with an equal probability of falling into any of the R intervals. According to probability principles (Ventsel, 1969; Daston, 1988), it is equal to the average (complete) information obtained when using a single method:

$$\bar{J}_i = \log_2 R. \qquad (15)$$

The application of K_i takes differences in the ranges of different fields into account. However, the application of expressions (11) and (13)–(15) may not be effective for sparse sampling.

Estimating integration efficiency by localization of weak anomalies

If a set of methods is focused on investigating independent indicators of equal value, the anomaly detection reliability γ can be described by an error function (probability integral) (Khesin and Eppelbaum, 1997) as:

$$\gamma = F\left(\frac{\sqrt{\sum_i \upsilon_i}}{2}\right), \qquad (16)$$

where υ is the ratio of the anomaly squared to the noise dispersion for each i-th geophysical field, and F is the probability integral of type

$$F(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int_{-\infty}^{t} e^{\left(\frac{-x^2}{2}\right)}dx.$$

Now let us assume that the anomaly is indicated by three points and that the mean square of the anomaly for each field is equal to the noise dispersion. For a single method, the reliability of the detection of an anomaly of a known form and intensity by Kotelnikov's criterion (e.g., Borda, 2011) is expressed by $F(t)\left(\sqrt{\upsilon_i}/2\right)$. Hence the reliability

for individual methods is 0.61 and 0.77 and 0.87 for a set of two or three methods respectively. This means that the q value (risk of an erroneous solution) when integrating two or three methods decreases by factors of 1.7 and 3.0, respectively (according to Eq. (11)). A comparison of the risk with costs C yields an optimum set of methods.

APPLICATION OF THE INFORMATION METHODOLOGIES ON FIELD EXAMPLES

Let's begin to consider application of the informational parameter on the regional gravity field processing. It is well-known that the South Caspian Basin (*SCB*) is one of the main hydrocarbon provinces in the world (Alizadeh, 2005). The satellite gravity data of the *SCB* were obtained from the World Gravity DB as retracked from Geosat and ERS-1 altimetry (e.g., Sandwell and Smith, 2009). A highly positive factor is that these observations were made with regular global 1-minute grids and the error of gravity data computation for the newly arrived data is estimated at 1.0-1.5 mGals (Sandwell et al., 2013). The gravity data retracked to the Earth's surface are the close to free air gravity and can be effectively applied to the tectono-geophysical zonation (Eppelbaum and Katz, 2011). The compiled gravity map (Figure 3A) shows the gravity pattern within the *SCB* and south-west land bordering. The gravity data are ranging from -180 up to +420 mGals, and the anomalies in the center of the *SCB* are not brightly expressed. After application of the informational approach (Eq. (12c)), the image was significantly transformed (Figure 3B) and the gravity anomalies in the *SCB* can be effectively recognized (it should be noted that in the both maps the same color pattern was applied). Geological-geophysical examination of the transformed anomalies may be an interesting problem, but it is beyond the scope of this paper.

A Bulla-Deniz gas deposit located in the Bay of Baku (Azerbaijan) is one of rich deep hydrocarbon accumulations occurring below 5,000 m within the *SCB* (Guliyev et al., 2011). To calculate the parameter I_{integr} (see Eqs. (12a) and (13)) three different fields were employed: local magnetic anomalies ΔT (marine survey data), second horizontal derivative of the gravity potential W_{xz} (data from the bottom gravity survey were utilized), and $\Delta H/H$ (relative changes of the sea bottom topography) (Figure 4) (modified after Eppelbaum and Khesin, 2012). As can be seen from this figure, both faults, associated with the pay section, are reflected in the graph of I_{integr}. The large amplitude of the SW anomaly of the I_{integr} parameter compared to NE may be explained by the proximity of the SW fault to the surface of the sea bottom.

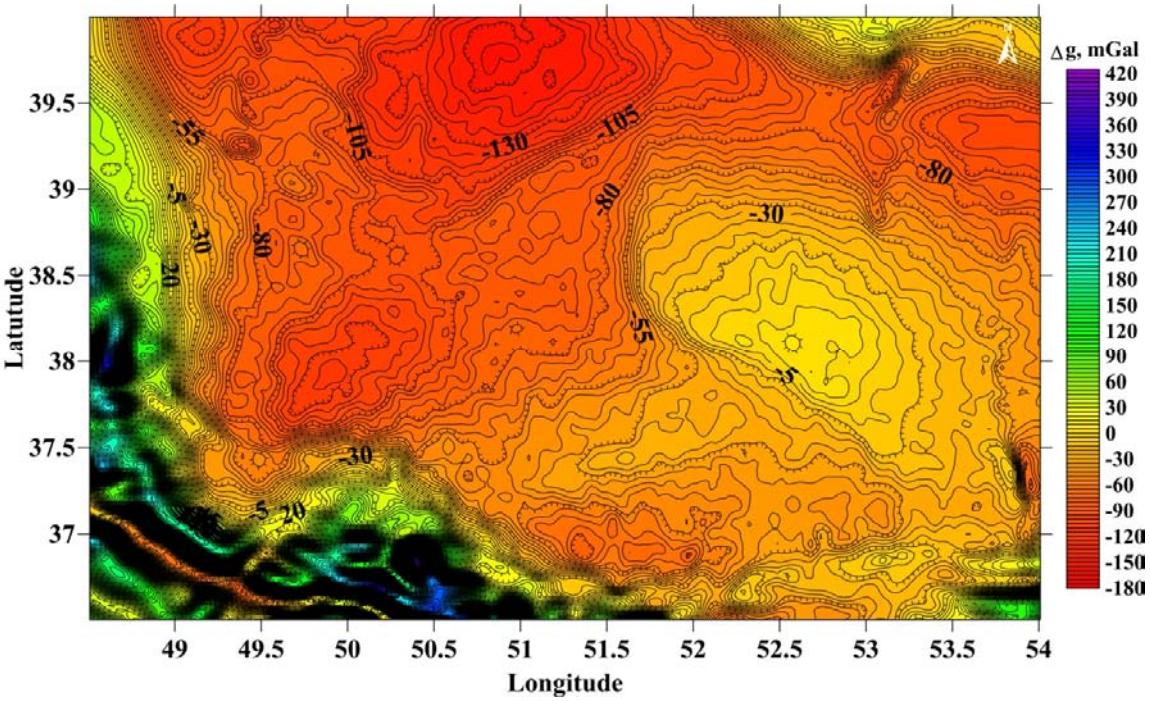


Figure 3A. Satellite gravity map of the South Caspian Basin and its SW border compiled on the basis of Geosat and ERS-1 altimetry data

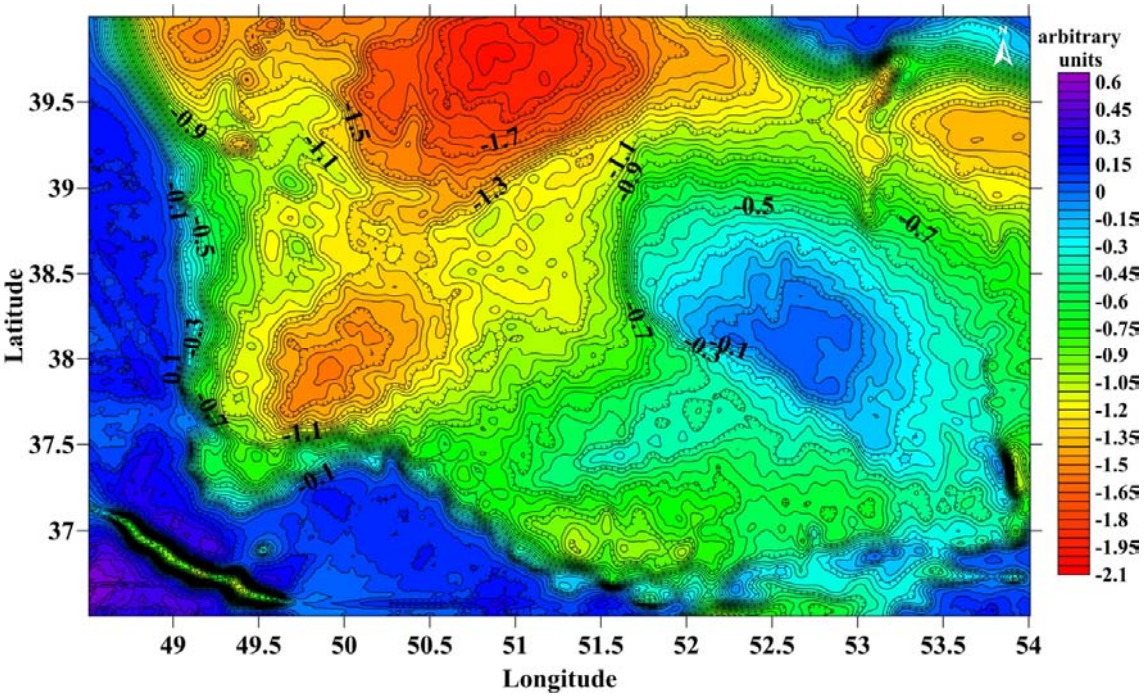


Figure 3B. Map of the informational parameter I_i transformed from the map presented in Fig. 3A

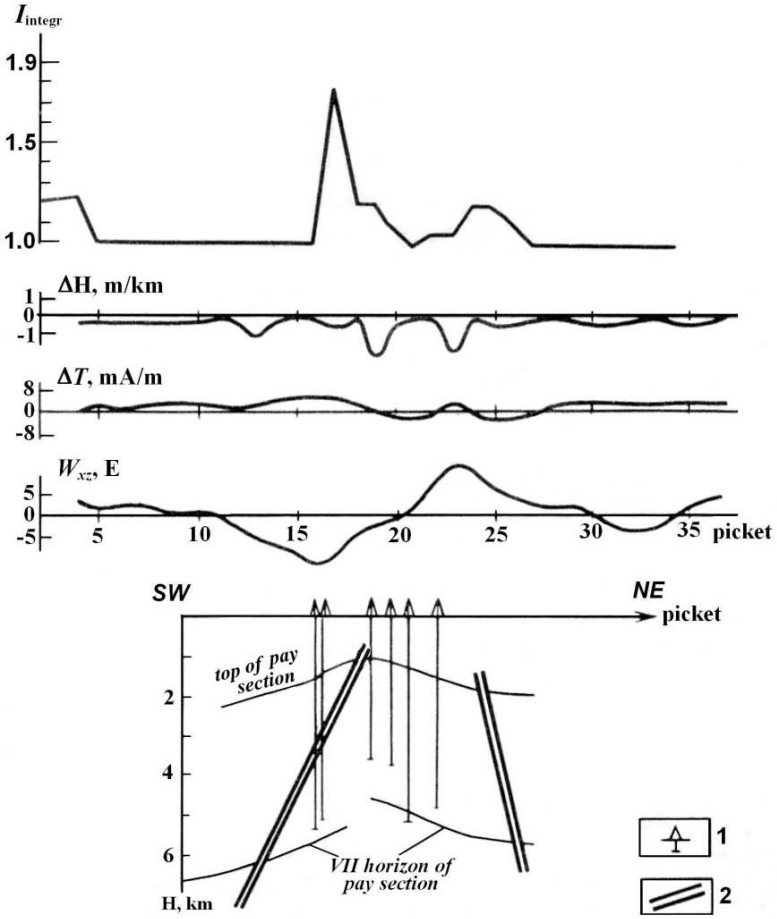


Figure 4. Qualitative delineation of faults by computing parameter I_{integr} at the area of Bulla (Baku Archipelago, Caspian Sea)
(1) deep wells, (2) faults delineated by combined analysis of geological and geophysical data

A gold-pyrite deposit Gyzyl-Bulakh is situated in the Mekmana ore district (Lesser Caucasus, western Azerbaijan) (Azizbekov et al., 1972). In this deposit gravity field (Δg_B), magnetic field (ΔT) and *VLF* (Very Low Frequency) electromagnetic field were employed (Figure 5). In gravity and *VLF* (vertical component H_z) fields small positive anomalies over the ore body were observed, whereas in magnetic field a negative anomaly was registered (the pyrite body with gold mineralization does not contain magnetic minerals and occurs in a magnetic medium). Integration of these geophysical methods (Eqs. (12b) and (13) were used) enabled to obtain a significant anomaly I_{integr} clearly indicating the position of the **AT** (ore body) upper edge.

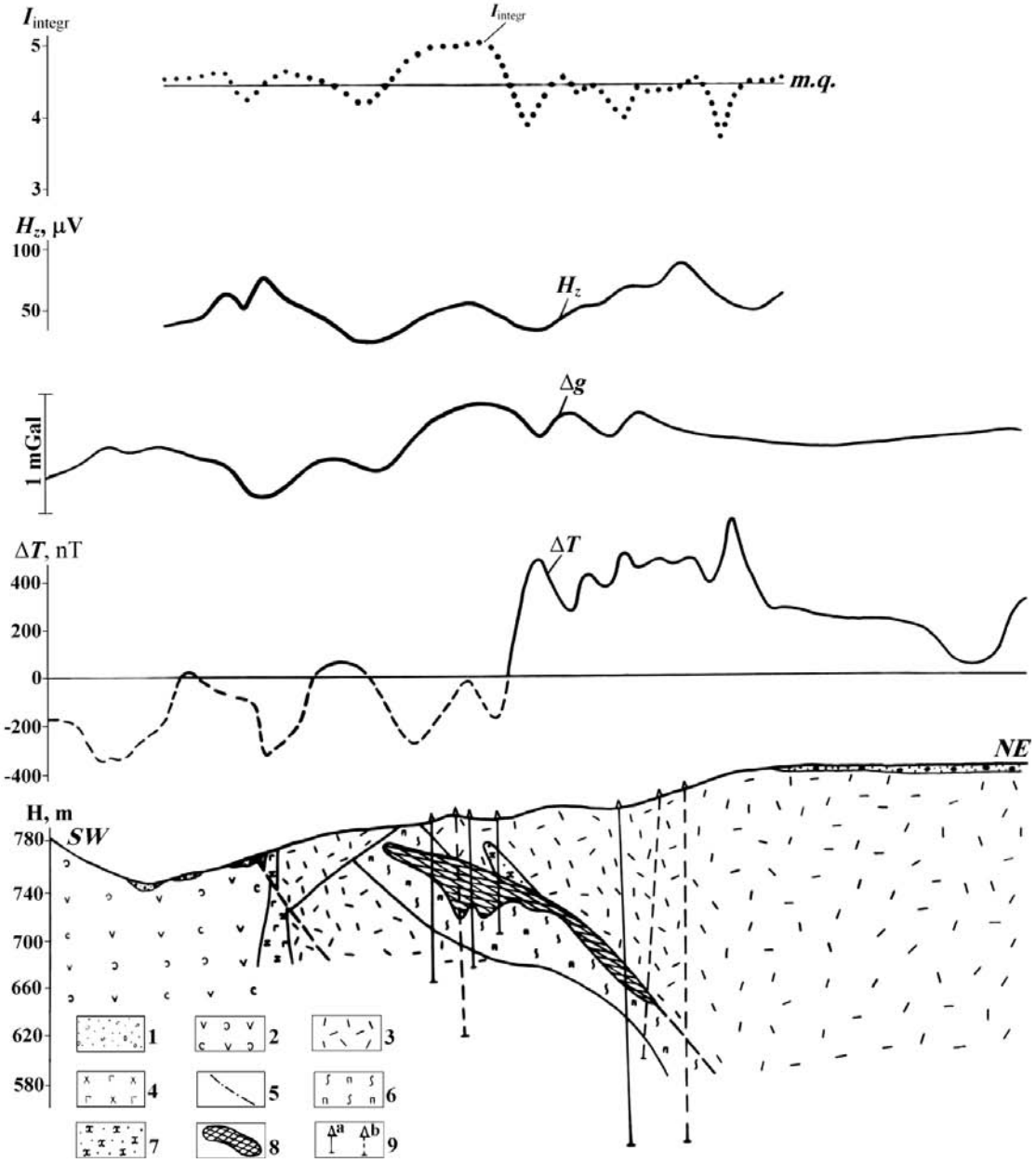


Figure 5. Singling out of the desired object (ore body) by summing up the amounts of information obtained by different geophysical methods in the Gyzyl-Bulag gold-pyrite deposit (Lesser Caucasus, western Azerbaijan) (on the basis of Eppelbaum (1989))
(1) Quaternary deluvial deposits; (2) tuffs and lavas of andesitic porphyrites, (3) tuffs of liparite-dacitic porphyrites; (4) dikes of andesite-basalts; (5) disjunctive dislocations; (6) zones of brecciation, crush and boudinage with lean pyrite-chalcopyrite ore; (7) zone of brecciation, crush and boudinage with rich impregnating mineralization; (8) massive pyrite-chalcopyrite ore; (9) drilled wells: (a) on the profile, (b) projected on the profile

Integration of gravity, VLF and temperature data in the mine of Katsdag polymetallic deposit (southern slope of the Greater Caucasus, north-west Azerbaijan) was shown in (Eppelbaum et al., 2014). However, the **ATs** in mines (it is a significant difference from land or satellite surveys) can occur not only below, but in all surrounding space that complicates employment of informational algorithms.

CONCLUSION

The information value of applying geophysical (geochemical, geological) methods for searching economic minerals can be estimated using various probabilistic-statistical procedures. The components of these procedures as it shown in this article can serve to assess the informativity of not only a single geophysical method but also of any geophysical integration. Elements of information theory can be easily applied to optimize the process of target recognition and help reveal anomalous effects from an **AT** against the significant noise background (low signal-to-noise ratio). The simple convolution of geophysical information, cost and time suggested here serves to compare the parameters as a whole. Employment the information methodology has shown in a few examples from economic deposits in Azerbaijan.

REFERENCES

ALIZADEH, Ak.A. (Ed.). 2005. Geology of Azerbaijan. Vol. V – Physics of the Earth. Nafta-Press. Baku (in Russian).

AZIZBEKOV, Sh.A., ALIZADEH, K.A., SHIKHALIBEYLI, E.Sh., GADJIEV, T.G. 1972. Geology of the USSR. Vol. XLVII: Azerbaijan. Nedra. Moscow (in Russian).

BORDA, M. 2011. Fundamentals in information theory and coding. Springer.

BRILLOUIN, L.N. 1962. Science and information theory. 2nd ed. Academic Press.

DASTON, L. 1988. Classical probability in the enlightenment. Princeton Univ. Press. Princeton.

DUDA, R.O., HART, P.E. 1973. Pattern classification and scene analysis. John Wiley & Sons.

EPPELBAUM, L.V. 1989. The development of methods for processing and interpretation of natural geophysical fields in prospecting for pyrite ores under mountainous conditions. PhD Thesis. YuzhVNIIGEOFIZIKA (Baku, Azerbaijan) – Institute of Geophysics (Georgian Acad. of Sciences). Tbilisi (in Russian).

EPPELBAUM, L.V. 2013. Geophysical observations at archaeological sites: Estimating informational content. *Archaeological Prospection*, 21, 2, 25-38.

EPPELBAUM, L.V., ALPEROVICH, L., ZHELUDEV, V., PECHERSKY, A. 2011. Application of informational and wavelet approaches for integrated processing of geophysical data in complex environments. *Proceed. of the 2011 SAGEEP Conf.*, Charleston, South Carolina, USA, 24, 24-60.

EPPELBAUM, L.V., EPPELBAUM, V.M., AND BEN-AVRAHAM, Z. 2003. Formalization and estimation of integrated geological investigations: Informational approach. *Geoinformatics*, 14, 3, 233-240.

EPPELBAUM, L.V., EZERSKY, M.G., AL-ZOUBI, A.S., GOLDSHMIDT, V.I., LEGCHENKO, A. 2008. Study of the factors affecting the karst volume assessment in the Dead Sea sinkhole problem using microgravity field analysis and 3D modeling. *Advances in GeoSciences*, 19, 97-115.

EPPELBAUM, L., KATZ, Y. 2011. Tectonic-geophysical mapping of Israel and eastern Mediterranean: Implication for hydrocarbon prospecting. *Positioning*, 2, 1, doi: 10.4236/pos.2011.21004, pp. 36-54.

EPPELBAUM, L.V., KHESIN, B.E. 2012. Geophysical Studies in the Caucasus. Springer.

EPPELBAUM, L.V., KUTASOV, I.M., PILCHIN, A.N. 2014. Applied Geothermics. Springer.

GULIYEV, I., ALIYEVA, E., HUSEYNOV, D., FEYZULLAYEV, A., MAMEDOV, P. 2011. Hydrocarbon potential of ultra deep deposits in the South Caspian Basin. Adapted from oral presentation at the *AAPG European Region Annual Conference*, Kiev, Ukraine, October 17-19, 2010. Search and Discovery Article #10312.

KHALFIN, L.A. 1958. Information theory of geophysical interpretation. *Doklady AN USSR*, 122, 6, 1007-1010.

KHESIN, B.E., ALEXEYEV, V.V., EPPELBAUM, L.V. et al. 1985. Combined analysis of potential geophysical fields in the Middle Kura Depression. *Research Report*, YuzhVNIIGEOFIZIKA (Baku, Azerbaijan).

KHESIN, B.E., ALEXEYEV, V.V., EPPELBAUM, L.V. 1996. Interpretation of geophysical fields in complicated environments. Bookseries: Modern approaches in geophysics, Kluwer Academic Publ.

KHESIN, B.E., EPPELBAUM, L.V. 1997. The number of geophysical methods required for target classification: quantitative estimation. *Geoinformatics*, 8, 1, 31-39.

NIKITIN, A.A. 1993. Statistical processing of geophysical data. Bookseries: *Advanced Geophysics. Russian Experience*, 2, Electromagnetic Research Centre, Moscow.

PARASNIS, D.S. 1997. Principles of applied geophysics. Chapman & Hall.

SANDWELL, D.T., GARCIA, E., SOOFI, K., WESSEL, P., SMITH, W.H.F. 2013. Towards 1 mGal global marine gravity from CryoSat-2, Envisat, and Jason-1. *The Leading Edge*, 32, 8, 892899. doi: 10.1190/tle32080892.1, 892-899.

SANDWELL, D.T., SMITH, W.H.F. 2009. Global marine gravity from retracked Geosat and ERS-1 altimetry: Ridge segmentation versus spreading rate. *Journal of Geophysical Research*, 114, B01411, doi: 10.1029/2008JB006008, 1-18.

SHANNON, C.E. 1948. A mathematical theory of communication. *Bell Sist. Techn.*, 27, 3-4, 379-432, 623-656.

SVETOV, B.S. 1992. Information theory basis of geophysics. Bookseries: *Advanced Geophysics. Russian Experience*, 1, Electromagnetic Research Centre, Moscow.

TELFORD, W.M., GELDART, L.P., SHERIFF, R.E. 1990. Applied Geophysics. 2nd Ed. Cambridge Univ. Press. Cambridge.

VENTSEL, E.S. 1969. The Probability Theory. Nauka Publ. Moscow (in Russian).

ZHDANOV, M.S. 2002. Geophysical inverse theory and regularization problems. Ser.: *Methods in Geochemistry and Geophysics*, 36, Elsevier, Amsterdam.

Reviewer: academician P.Z.Mammadov

© Р.С.Гурбанов, А.М.Мамедтагизаде, Е.Е.Шмончева, Г.В.Джаббарова, 2014

РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ САМООРИЕНТИРУЕМОЙ ЗАБОЙНОЙ КОМПОНОВКИ ПРИ УСЛОВИИ СТАТИЧЕСКОЙ НЕОПРЕДЕЛИМОСТИ

Р.С.Гурбанов, А.М.Мамедтагизаде, Е.Е.Шмончева, Г.В.Джаббарова

НИИ «Геотехнологические проблемы нефти, газа и химия», AZ1010 Азербайджан, г. Баку, просп. Азадлыг, 20

Обоснована необходимость применения безориентированной зарезки наклонного ствола скважины после выхода из искривленных водоизолирующих колонн. Описана методика забойной компоновки в условиях статической неопределимости для самоориентированного набора зенитного угла. Представлены результаты исследования работы самоориентируемой поплавковой компоновки низа бурильной колонны с помощью разработанного программного обеспечения.

Введение

В настоящее время актуальными являются вопросы практической реализации проводки скважин с безориентированной зарезкой наклонного ствола при бурении из-под искривленной водоизолирующей колонны (Мамедтагизаде и др., 1987). Такая технология обеспечивает возможность применения на всем интервале бурения от устья до забоя неориентируемых компоновок низа бурильной колонны (КНБК).

Необходимость применения безориентированной зарезки наклонного ствола скважины обусловлена тем обстоятельством, что стволы скважин, представленные после выхода из водоизолирующих колонн рыхлыми породами, размываясь в процессе бурения, уширяются и вследствие отсутствия опорной реакции стенки ствола скважины эффективность функционирования в них обычных ориентируемых и неориентируемых КНБК резко падает.

Исследования в решении этой проблемы привели к выводу о том, что в указанных условиях наибольший эффект от неориентируемых КНБК можно получить, используя принцип поплавкового всплытия КНБК со свойством самоориентирования в заданном направлении.

В связи с этим возникла необходимость усовершенствования и моделирования конструкции неориентируемой КНБК на принципиально новой эффективной основе функционирования, способной самоориентироваться в указанных условиях в направлении заданных азимутов.

Исследования показали, что значения отклоняющей силы при использовании поплавковой самоориентируемой КНБК из стальных материалов (Мамедтагизаде и др., 2012) недостаточно эффективны. Это ограничивает возможности применения этой КНБК в широком диапазоне отклонений.

Постановка задачи

Для повышения эффективности поплавковой самоориентируемой КНБК нами было предложено использовать в ее конструкции алюминий, титан и современные композиционные материалы (футерованные трубы).

При проведении расчетов с новыми материалами было установлено, что реакция в точке касания верхнего конца поплавка нижней стенки скважины стала отрицательной. Этот факт свидетельствовал о том, что при использовании в конструкции поплавковой самоориентируемой КНБК из более легких материалов произошел отрыв компоновки от нижней стенки скважины верхнего конца поплавка. В результате этого мы получили ступенчатую компоновку на двух опорах, которую для расчетов заменили ступенчатым стержнем.

До сих пор при проектировании КНБК использовался расчет на изгиб стержней, сечение которых оставалось постоянным по длине (Мамедтагизаде и др., 2012).

Для определения перемещений в ступенчатом стержне можно применить видоизмененный метод начальных параметров. Суть этого метода заключается в замене ступенчатого стержня эквивалентным ему по деформациям стержнем постоянной жесткости. Поэтому для дальнейших расчетов нами была принята новая расчетная схема поплавковой самоориентируемой КНБК (рис.1).

Результаты исследований

На рис. 1 представлена расчетная схема поплавковой самоориентируемой КНБК в условиях статической неопределимости. В местах сопряжения участков с различными размерами сечений возникает концентрация напряжений. Как видно из рисунка, к компоновке приложены следующие силы (Писаренко и др., 1979):

1. P – сосредоточенная выталкивающая сила, приложенная к центру тяжести поплавкового устройства 2.

2. q_1 – распределенная нагрузка, равная силе тяжести 1 м поплавкового устройства, с учетом облегчения в растворе.

3. q_2 – распределенная нагрузка, равная силе тяжести 1 м бурильной трубы на участке между поплавковым устройством и утяжеленными бурильными трубами (УБТ), с учетом облегчения в растворе.

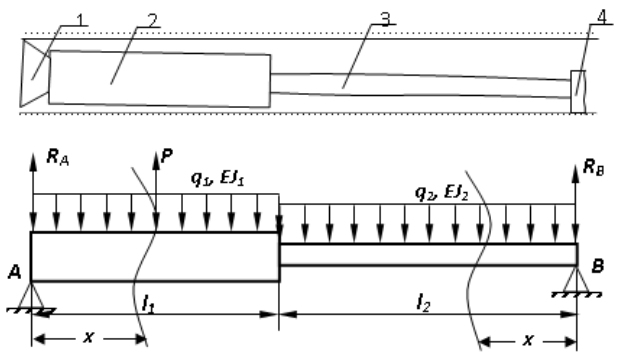
4. R_A – реакция на долоте, равная отклоняющей силе и противоположно ей направленная;

5. R_B – реакция в точке касания УБТ со стенкой ствола скважины.

Решение новой КНБК сводится к определению отклоняющей силы $F_{от}$, действующей на долото, угла поворота долота θ_0 и длины бурильной трубы l_2 между поплавковым центратором и УБТ, величины которых оказывают непосредственное влияние на направление и темп искривления ствола скважины.

Данная система является статически неопределимой разножесткостной балкой на двух опорах (Писаренко и др., 1979).

Определяем опорные реакции и строим эпюры изгибающих моментов и поперечных сил.



1- долото;
2 – поплавковый центратор;
3 – бурильные трубы;
4 – УБТ

Рис. 1. Схема расчета разножесткостной КНБК

Реакции на опорах определяются из условия равновесия параллельных сил, расположенных на плоскости.

Из суммы моментов относительно опоры А определим R_B:

$$R_B = \frac{q_1 \frac{l_1^2}{2} + q_2 l_2 \left(l_1 + \frac{l_1}{2} \right) - P \frac{l_1}{2}}{\left(l_1 + l_2 \right)} \qquad (1)$$

а из суммы моментов относительно опоры В определим R_A:

$$R_A = \frac{q_1 l_1 \left(\frac{l_1}{2} + l_2 \right) + q_2 \frac{l_2^2}{2} - P \left(\frac{l_1}{2} + l_2 \right)}{\left(l_1 + l_2 \right)} \qquad (2)$$

Для построения эпюры поперечных сил и изгибающих моментов разобьем балку на участки A_1, A_2, A_3 и, пользуясь методом сечений, вычислим поперечные силы и изгибающие моменты.

Участок A_1: $x \in 0 - l_1/2$; *участок* A_2: $x=l_1$; *участок* A_3: $x \in 0\text{-}l_2$.

На основе этих данных строим эпюры поперечных сил (их величины указаны на рис. 2а) и изгибающих моментов (их величины указаны на рис. 2б).

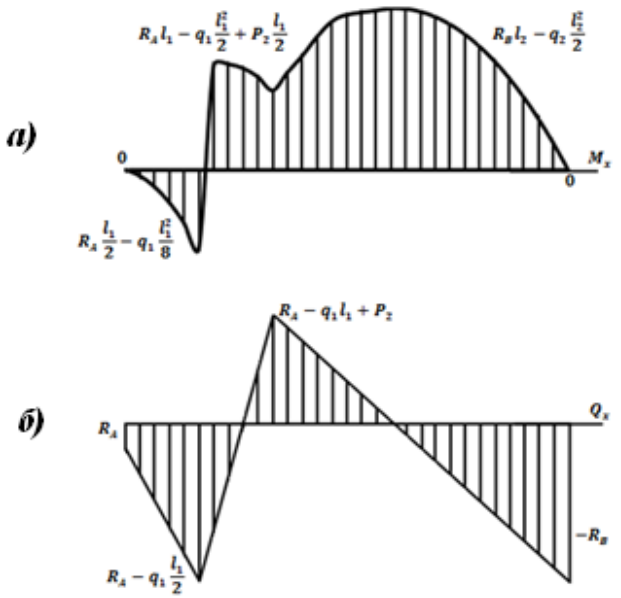


Рис. 2. Эпюры поперечных сил и изгибающих моментов

Определим дополнительные внешние силы.

Вычисляем добавочную силу:

$$Q = R_A - q_1 l_1 + P. \quad (3)$$

Вычисляем добавочный момент:

$$M = R_B l_2 - q_2 \frac{l_2^2}{2}. \quad (4)$$

Разрезаем балку на две части в месте сопряжения ступеней (рис.3а). На рис.3б изображены отдельные части балки, находящиеся под действием внешних сил и внутренних усилий Q и M в месте разреза.

Приведем заданный ступенчатый брус к эквивалентному брусу постоянной жесткости с моментом инерции J, равным моменту инерции J_2 сечения его второй части. Коэффициенты приведения следующие:

$$\beta_1 = \frac{J_1}{J_2};\ \beta_2 = \frac{J_2}{J_2} = 1$$

Умножаем на всех участках заданные нагрузки, а также Q и M сечений разреза на соответствующий коэффициент приведения β_n.

$$q_{1n} = q_1 \cdot \beta_1,\ \ q_{2n} = q_2 \cdot \beta_2$$
$$P_n = P \cdot \beta_1,\ \ Q'_n = Q' \cdot \beta_1,\ \ Q''_n = Q'' \cdot \beta_2$$
$$M'_n = M' \cdot \beta_1,\ \ M''_n = M'' \cdot \beta_2.$$

Все две части с приложенными к ним приведенными нагрузками показаны на рис.3в.

Теперь составим их в один брус постоянной жесткости $EJ=EJ_2$, приложив в сечениях сопряжений добавочную силу ΔQ и добавочный момент ΔM.

Величина этих дополнительных нагрузок определяется разностью приведенных внутренних силовых факторов, приложенных к левой и правой сторонам сечения:

$$\Delta M = M''_n - M'_n = M'' \cdot \beta_2 - M' \cdot \beta_1 = \\ = (\beta_2 - \beta_1) M \quad (5)$$

$$\Delta Q = Q''_n - Q'_n = Q'' \cdot \beta_2 - Q' \cdot \beta_1 = \\ = (\beta_2 - \beta_1) Q. \quad (6)$$

Таким образом, получена эквивалентная балка, упругая линия которой полностью совпадает с упругой линией заданной ступенчатой балки (рис.3г).

Упругая линия определяется интегрированием дифференциального уравнения:

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = \frac{M}{EJ_0}$$

Реакции на опорах определяются из условия равенства нулю изгибающих моментов относительно опор балки:

сумма моментов относительно опоры A:

$$\sum M_A = q_1 \frac{l_1^2}{2} - P\frac{l_1}{2} + \Delta M - \Delta Q l_1 + \\ + q_2 l_2 \left(l_1 + \frac{l_2}{2} \right) - R_2 (l_1 + l_2) = 0, \quad (7)$$

Откуда новая опорная реакция определяется следующим выражением:

$$R_2 = \frac{\beta_1 \left(q_1 \frac{l_1^2}{2} - P\frac{l_1}{2} \right) + \Delta M - \Delta Q l_1}{(l_1 + l_2)} + \\ + \frac{\beta_2 q_2 l_2 \left(l_1 + \frac{l_2}{2} \right)}{(l_1 + l_2)} \quad (8)$$

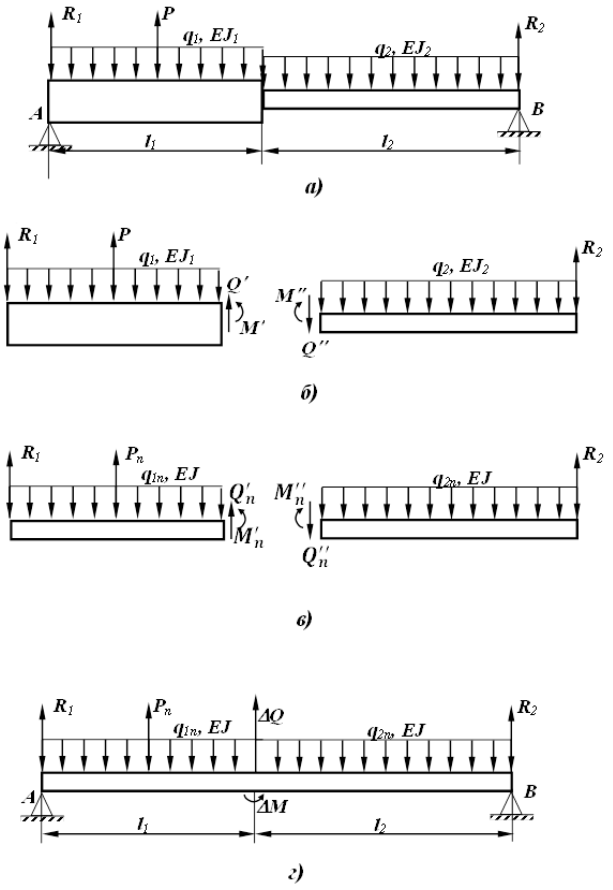


Рис. 3. Преобразование разножесткостной балки в эквивалентную балку постоянной жесткости

сумма моментов относительно опоры B:

$$\sum M_B = R_1(l_1 + l_2) + P\left(\frac{l_1}{2} + l_2\right) - q_1 l_1\left(\frac{l_1}{2} + l_2\right) + \Delta M + \Delta Q l_2 - q_2 \frac{l_2^2}{2}. \quad (9)$$

Из выражения (9) определим новую опорную реакцию:

$$R_1 = \frac{\beta_1(q_1 l_1 - P)\left(\frac{l_1}{2} + l_2\right) - \Delta M - \Delta Q l_2}{(l_1 + l_2)} + \frac{\beta_2 q_2 \frac{l_2^2}{2}}{(l_1 + l_2)}. \quad (10)$$

Значение l_2 определяется из дифференциального уравнения прогиба изогнутой оси, лежащей на двух опорах.

Из основного дифференциального уравнения упругой линии:

$$EJy'' = R_1 x + \beta_1\left(x - \frac{l_1}{2}\right)(P - q_1 l_1) + \Delta M + \Delta Q(x - l_1) - \beta_2 q_2 \frac{x^2}{2}, \quad (11)$$

не раскрывая скобок, определяем последовательным интегрированием основного дифференциального уравнения углы поворота $\theta(x)$ и прогибы $y(x)$.

Проинтегрировав уравнение первый раз, получим выражение для угла поворота $\theta(x)$:

$$\theta(x) = EJy' = R_1 \frac{x^2}{2} + \beta_1(P - q_1 l_1)\frac{\left(x - \frac{l_1}{2}\right)^2}{2} + \Delta M x + \Delta Q \frac{(x - l_1)^2}{2} - \beta_2 q_2 \frac{x^3}{6} + C, \quad (12)$$

содержащее одну постоянную C.

Интегрируя второй раз, находим выражение для прогиба $y(x)$:

$$y(x) = EJy = R_1 \frac{x^3}{6} + \beta_1(P - q_1 l_1)\frac{\left(x - \frac{l_1}{2}\right)^3}{6} + \frac{1}{2}\Delta M x^2 + \Delta Q \frac{(x - l_1)^3}{6} - \beta_2 q_2 \frac{x^4}{24} + Cx + D. \quad (13)$$

Для определения двух произвольных постоянных C и D примем следующие граничные условия:

1) угол поворота на опоре B равен нулю, т.е. при $x = l_1 + l_2$ $y' = 0$. Тогда получим уравнение для определения постоянной интегрирования C :

$$C = -R_1 \frac{(l_1 + l_2)^2}{2} - \beta_1(P - q_1 l_1)\frac{\left(\frac{l_1}{2} + l_2\right)^2}{2} - \Delta M(l_1 + l_2) - \Delta Q \frac{l_2^2}{2} + \beta_2 q_2 \frac{(l_1 + l_2)^3}{6}, \quad (14)$$

2) прогиб на опоре A равен нулю, т.е. при $x = 0$; $y = 0$ получим уравнение для определения постоянной интегрирования D:

$$D = -\left(\beta_1(P - q_1 l_1) + \Delta Q \frac{(-l_1)^3}{6}\right) \quad (15)$$

Учитывая, что прогиб на опоре B равен $-f_2$, т.е. при $x = l_1 + l_2$ $y = -f_2$,
где

$$f_2 = \frac{D_д - D_{УБТ}}{2} \quad (16)$$

(здесь $D_{УБТ}$ – диаметр УБТ, м), получим функцию для определения l_2:

$$EJf_2 + R_1 \frac{(l_1 + l_2)^2}{6} + \beta_1(P - q_1 l_1)\frac{\left(\frac{l_1}{2} + l_2\right)^2}{6} + \frac{1}{2}\Delta M(l_1 + l_2)^2 + \Delta Q \frac{l_2^3}{6} - \beta_2 q_2 \frac{(l_1 + l_2)^4}{24} + C(l_1 + l_2) + D = 0 \quad (17)$$

Подставляя в формулу (17) значения R_1 из формулы (10), ΔM и ΔQ, используя формулы (5) и (6), C из выражения (14), D и f_2 из выражений (15) и (16) соответственно, получим окончательную функцию для определения значения l_2.

Для решения полученных алгебраических уравнений была составлена компьютерная программа на основе метода бисекции. С ее помощью было произведено компьютерное моделирование и расчет поплавковой КНБК.

В табл.1 представлены результаты расчета отклоняющей силы при значении длины поплавкового устройства, равного 10 м, для различных типов материалов и углов наклона водоизолирующей колонны. Как видно из таблицы, с увеличением значения начального зенитного угла, т.е. угла наклона искривленной водоизолирующей колонны, при одинаковой длине поплавкового устройства отклоняющая сила пропорционально возрастает.

Также проводились исследования зависимости отклоняющей силы от длины поплавковой самоориентируемой КНБК при выбранном значении угла искривления водоизолирующей колонны, равном 5^0, для различных типов материалов. Результаты этих исследований представлены в табл.2 и в виде графиков на рис.4.

Проведя анализ полученных результатов, можно сделать следующий вывод. При использовании в конструкции самоориентируемой поплавковой КНБК из более легких материалов темп увеличения и сами значения отклоняющей силы в зависимости от длины поплавкового устройства выше, чем у компоновок, имеющих в составе стальные материалы.

Поэтому можно сделать однозначный вывод о возможности и необходимости применения поплавковой самоориентируемой КНБК для управления набором зенитного угла при бурении из-под искривленной водоизолирующей колонны.

Заключение

1. Разработана методика расчета забойных компоновок новой конструкции для самоориентированного набора зенитного угла при условии статической неопределимости.

2. Самоориентируемая КНБК при выходе из-под искривленной водоизолирующей колонны позволяет осуществить первоначальный набор зенитного угла в проектном азимуте без применения отклоняющих элементов.

3. Темп увеличения и значения отклоняющей силы на долоте зависят от плотности материала самоориентируемой КНБК и ее длины.

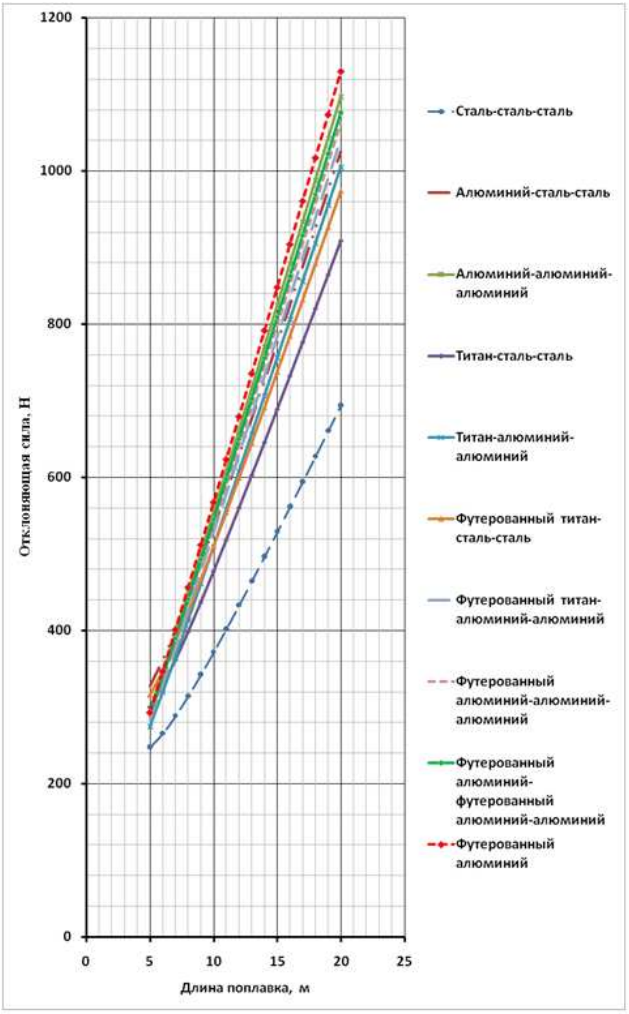


Рис. 4. Зависимость отклоняющей силы от длины поплавковой самоориентируемой КНБК при значении угла искривления водоизолирующей колонны, равном 5^0, для различных типов материалов

Таблица 1

Результаты расчета отклоняющей силы при значении длины поплавкового устройства, равном 10 м, для различных типов материалов и зенитных углов

№ графика	Материал конструкции	Отклоняющая сила, Н				
		Начальный зенитный угол, град				
		3	4	5	6	7
1	Сталь-сталь-сталь	229,96	301,3	372,09	442,46	512,46
2	Алюминий-сталь-сталь	326,6	430,38	533,66	636,52	739,02
3	Алюминий-алюминий-алюминий	335,39	445,46	555,28	664,85	774,17
4	Титан-сталь-сталь	293,21	385,72	477,68	569,21	660,37
5	Титан-алюминий-алюминий	308,26	409,23	509,94	610,41	710,63
6	Футерованный титан-сталь-сталь	312,63	411,60	510,03	608,02	705,62
7	Футерованный титан-алюминий-алюминий	319,35	424,015	528,42	632,56	736,46
8	Футерованный алюминий-алюминий-алюминий	325,13	431,78	538,17	644,33	750,23
9	Футерованный алюминий-футерованный алюминий-алюминий	329,22	437,23	544,99	652,51	759,77
10	Футерованный алюминий	341,96	455,03	567,92	680,6	793,05

Таблица 2

Результаты расчета отклоняющей силы при значении угла искривления водоизолирующей колонны, равном 5^0, для различных типов материалов и значений длины поплавкового устройства

Длина поплавка, м	Отклоняющая сила, Н									
	Начальный зенитный угол, град									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	248,0	327,7	297,2	300,4	274,8	316,6	284,1	288,7	292,1	293,7
2	265,8	361,6	346,4	328,7	319,5	348,1	330,6	336,2	340,3	347,3
3	288,7	400,8	397,4	362,2	365,9	384,8	378,8	385,4	390,2	401,8
4	314,8	443,2	449,4	398,9	413,3	424,8	428,1	435,7	441,2	456,8
5	342,8	487,7	502,1	437,6	461,4	466,7	478,0	486,7	492,9	512,2
6	372,1	533,7	555,3	477,7	509,9	510,0	528,4	538,2	545,0	567,9
7	402,4	580,7	608,8	518,8	558,8	554,4	579,1	590,0	597,5	623,8
8	433,4	628,5	662,6	560,6	607,9	599,4	630,1	642,0	650,2	679,8
9	464,9	676,9	716,6	603,0	657,2	645,1	681,2	694,3	703,1	735,8
10	496,9	725,8	770,7	645,9	706,6	691,2	732,5	746,7	756,2	792,0
11	529,2	775,1	824,9	689,1	756,2	737,7	783,9	799,2	809,4	848,2
12	561,8	824,7	879,3	732,6	805,8	784,5	835,4	851,8	862,8	904,5
13	594,6	874,6	933,7	776,4	855,6	831,5	887,0	904,5	916,1	960,8
14	627,6	924,6	988,2	820,4	905,4	878,8	938,6	957,3	969,6	1017,1
15	660,8	974,8	1042,8	864,6	955,2	926,2	990,3	1010,1	1023,1	1073,5
16	694,1	1025,2	1097,4	908,8	1005,1	973,7	1042,1	1063,0	1076,7	1129,9
17	248,0	327,7	297,2	300,4	274,8	316,6	284,1	288,7	292,1	293,7
18	265,8	361,6	346,4	328,7	319,5	348,1	330,6	336,2	340,3	347,3
19	288,7	400,8	397,4	362,2	365,9	384,8	378,8	385,4	390,2	401,8
20	314,8	443,2	449,4	398,9	413,3	424,8	428,1	435,7	441,2	456,8

ЛИТЕРАТУРА

МАМЕДТАГИЗАДЕ, А.М., РАСУЛОВ, А.С., КУРБАНОВ, Ш.М. 1987. Исследование и разработка технологии и техники бурения куста скважин с МСП неориентируемыми КНБК. *Азербайджанское нефтяное хозяйство*, 12, 31-35.

МАМЕДТАГИЗАДЕ, А.М., ШМОНЧЕВА, Е.Е., ДЖАББАРОВА, Г.В. 2012. Расчет поплавковой КНБК для безориентированного набора зенитного угла. *Neftin, qazın geotexnoloji problemləri və kimya ETİ. Elmi əsərlər,* XIII cild, 14-24.

ПИСАРЕНКО, Г.С., АГАРЕВ, В.А., КВИТКА, А.Л., ПОПКОВ, В.Г., УМАНСКИЙ, Э.С. 1979. Сопротивление материалов. Вища школа. Киев.

Рецензент: член-корреспондент НАН Азербайджана Г.М.Эфендиев

© V.Ə.Quluzadə, R.S.Abdullayev, 2014

NAXÇIVAN MUXTAR RESPUBLİKASININ DAĞLIQ GEOSİSTEMİNDƏ EKZODİNAMİK PROSESLƏRİN EKOLOJİ ŞƏRAİTƏ TƏSİRİ

V.Ə.Quluzadə, R.S.Abdullayev

AMEA akad.H.Ə.Əliyev adına Coğrafiya İnstitutu
AZ1143 Bakı ş., Hüseyn Cavid pr., 115

Sahəsi təxminən 5,4 min km² olan Naxçıvan MR-in ərazisi özünəməxsus xüsusiyyətləri ilə səciyyələnir. Yüksəklik fərqləri 3155 m-ə çatan oroqrafik elementləri (Zəngəzur və Dərələyəz silsilələri) ekstremal arid iqlim şəraitində fiziki aşınma, qravitasiya, eroziya və digər proseslərin təsiri altında intensiv parçalanmış, dağılmış və demək olar ki, başdan-başa çılpaqlaşmışdır. Buna səbəb olan ekzodinamik proseslərin öyrənilməsi, təhlili və xəritələşdirilməsi təsərrüfat infrastrukturunun inkişafı, geoekoloji şəraitin qiymətləndirilməsi baxımından mühüm elmi və əməli əhəmiyyət kəsb edir.

Mövzunun aktuallığı. Naxçıvan MR-in ərazisində mürəkkəb quruluşlu heterogen və hetroxron mənşəli morfostrukturlar diferensial xarakterli dağlıq relyef əmələ gətirmişdir. Mürəkkəb morfotektonik quruluşlu və təzadlı yüksəklik zonallığı ilə fərqlənən relyefdə ekzodinamik proseslərin qanunauyğun təzahürü, onların məkan və zaman etibarilə ekoloji mühitə təsiri ekzogen mənşəli formaların (morfoskulpturların) qanunauyğun inkişafına və paylanmasına səbəb olmuşdur. Relyefin morfogenetik müxtəlifliyi və mürəkkəbliyi ilə seçilən bu ərazidə ekoloji şəraiti əksetdirən və səciyyələndirən ekogeomorfoloji tədqiqatların aparılması mühüm aktuallıq kəsb edir.

Tədqiqatın obyekti. Endogen proseslərlə şərtləndirilən NMR-in müasir geodinamik modeli uzunmüddətli mürəkkəb xarakterli qırışıq-qaymalı tektonik yerdəyişmələrin məhsuludur. Nəticədə mənşəyinə və yaşına görə regional, submeridional və s. strukturlara müvafiq gələn morfostrukturlar formalaşmışdır. Bu qarşılıqlı əlaqə və morfostrukturları təşkil edən süxur komplekslərinin denudasiyaya davamlılığı, mütləq yüksəkliklərin müxtəlifliyi, həmçinin fiziki-coğrafi şərait ekoloji mühitə uyğun ekzodinamik proseslərin təzahürünə səbəb olur və nəticədə intensiv parçalanmış diferensial xarakterli müasir relyef formalaşır. Paleogendən başlayaraq endo- və ekzodinamik proseslərin qarşılıqlı təsiri və əlaqəsi nəticəsində formalaşan dağlıq ərazi geoloji-geomorfoloji cəhətdən mürəkkəb quruluşa malik olub, müxtəlif filiz və qeyri-filiz sərvətləri ilə səciyyələnən yataqlarla zəngindir. Ekzogen morfogenez proseslər, bir qayda olaraq, endogen proseslərin yaratdığı relyef formalarının təkamülündə fəal iştirak etməklə yanaşı, mənşəyinə və morfologiyasına görə, bir-birindən fərqlənən müxtəlifölçülü relyef formaları yaradır. Bu, ilk növbədə, ekzodinamik proseslərin müxtəlifliyi və ayrılıqda hər bir prosesin özünün geomorfoloji işinin çoxcəhətli olması ilə bağlıdır. Bu proseslərin təzahürü, paylanması və dinamikası qanunauyğunluqları ərazinin yüksəklik zonallığı ilə əlaqədardır. Bu qanunauyğunluqlar Naxçıvan MR-in ərazisində özünü daha aydın büruzə verir.

İşin məzmunu. Ərazi ekzodinamik relyefəmələgətirici proseslərin intensivliyi, müxtəlifliyi və növ tərkibinə görə yüksəkdağlıq, ortadağlıq, alçaqdağlıq, plato və düzənliklərə ayrılır. Bu qurşaqlar daxilində ekzogen relyefəmələgətirici proseslərin intensivliyinə görə fərqlənməsində yüksəkliyin dəyişməsi ilə yanaşı, fiziki-coğrafi şəraitin üfuqi istiqamətdə dəyişməsinin də mühüm rolu vardır. Endo- və eləcə də ekzomorfogenezin əmələ gətirdiyi müasir relyefin formalaşmasında ərazinin iqlimi həlledici amil kimi böyük rol oynayır. Naxçıvan MR-in ərazisində iqlimin sahələr üzrə müxtəlifliyi diferensial xarakterli yeni tektonik hərəkətlərin nəticəsidir. Buna görə də ekzogen relyefəmələgətirici proseslərin və onlara xas olan relyef formalarının şaquli zonallıq üzrə yayılmasının əsas amilləri yeni tektonik hərəkətlər və iqlim şəraitidir.

Ərazidə iqlimin şaquli qurşaqlar üzrə dəyişməsi nəticəsində relyefin aşağıdakı genetik formaları və onları yaradan relyefəmələgətirici proseslər yayılmışdır. Yüksək dağlıq zonada qədim buzlaq və müasir nival proseslərlə yanaşı, çoxmeyilli, müvafiq litoloji tərkibi və iqlim şəraiti olan yamaclarda intensiv qravitasiya prosesləri və onlara uyğun formalar, alçaqdağlıq və dağətəyi zonada isə arid-denudasiya formaları inkişaf etmişdir. Onlardan fərqli olaraq, axar suların fəaliyyəti nəticəsində baş vermiş flüvial proseslər bütün landşaft qurşaqlarında müşahidə olunur və onlarla əlaqədar olan qədim və müasir relyef formaları düzənlik ərazidən başlaya-

raq yüksək dağlığa qədər yayılmışdır. Məqalədə Naxçıvan MR-in ekoloji şəraitinə geniş sahədə təsir göstərən ekzodinamik proseslərin bəzi tiplərinin qısa səciyyəsini verməklə kifayətlənəcəyik. Ərazi daxilində flüvial proseslərin iki əsas növü – eroziya və akkumuliyasiya yayılmışdır. Bu proseslərin fəaliyyəti onların mövcud olduğu sahələrin relyefinin tədricən, həm də çox vaxt əvvəlki səthə paralel alçalması, bəzi hallarda isə yamacların ətəklərində prolüvial şleyflərin əmələ gəlməsi ilə nəticələnir.

Xətti eroziya və materialların daşınıb çökdürülməsi prosesləri ekzogen relyefəmələgətirici amillər arasında həlledici rol oynayır. Bunların nəticəsində dərin çay dərələri, allüvial düzənliklər, gətirmə konusları kimi əsas relyef formaları yaranmışdır. Tədqiq olunan ərazinin flüvial morfoskulpturları M.Ə.Abasov (Абасов, 1970, 1989), B.A.Antonov (Антонов, 1971), M.A.Müseyibov və R.Y.Quliyev (1974), B.Ə.Budaqov (Будагов, Ширинов, 1993) və V.D.Hacıyevin (Гаджиев, 1999) elmi əsərlərində öz geniş əksini tapmışdır.

Erozion relyef formaları əsas çay dərələrindən, quru dərələrdən, yarğanlardan ibarətdir. Daimi axarlı əsas çayları Arpaçay, Naxçıvançay, Əlincəçay, Düylünçay, Vənəndçay və başqaları azsulu çaylar qrupuna daxil olub, çox aydın sərhədlə iki hissəyə – dağlıq və düzənliik hissələrinə ayrılır.

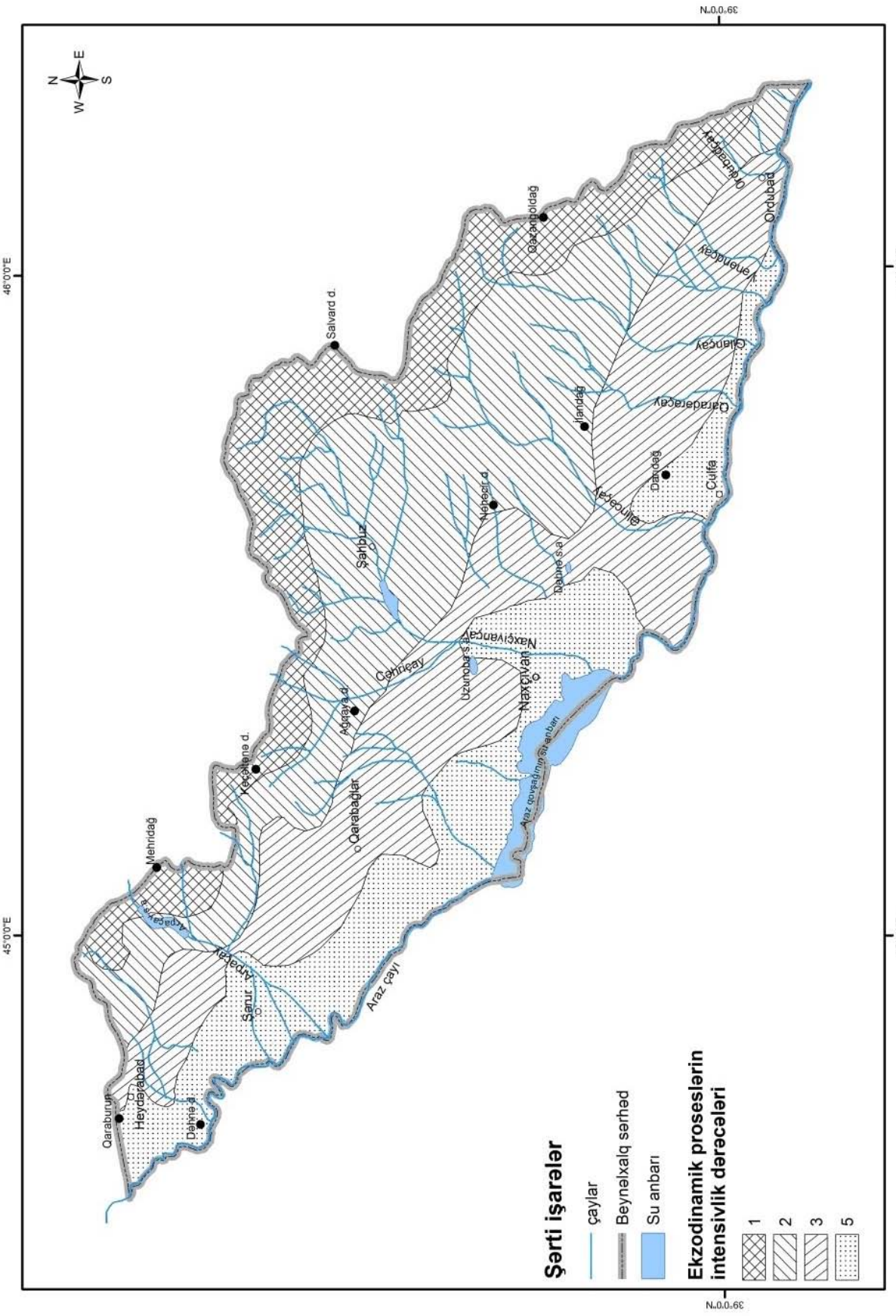
Çaylar dağlara kəsilərək V-şəkilli, kanyonvari, qutuvari və digər formalı sıx dərə şəbəkəsi əmələ gətirir. Dağ çayları süxurların litoloji tərkibindən, onların aşınmaya qarşı davamlılığından asılı olaraq mənbəyə yaxın yuxarı axınlarında dar dərələr, onlardan aşağılarda V-şəkilli dərələr formalaşdırır. Alçaqdağlıq və düzənlik sahələrdə çaylar öz dərələrini genişləndirərək qutuvari formalı dərələr əmələ gətirir. Ekzodinamik proseslərin yüksək intensivliyi ilə seçilən belə ərazidə (şəkil) Ordubad, Vənənd, Düylün, Naxçıvan və başqa çaylar bu növ dərələrə malikdir. Yüksək dağlığın qayalıq zonasından aşağıda çay dərələri 1200 m və daha artıq dərininə kəsilərək V-şəkilli, əksər hallarda asimmetrik quruluşlu olub, yataqların eni 2-3 m-dən 5 m-dək dəyişilir, subasar hissəyə rast gəlinmir və azsaylı erozion mənşəli terras səthlərə malik olurlar.

Ortadağlıq qurşaqda (1400-2400 m) çay dərələrinin orta erozion kəsimi 500-600 m-ə, bəzən isə 1000 m-ə çatır. Çayların orta axınını təşkil edən bu qurşaqda da dərələrin dibi nisbətən genişlənir və adətən kobud allüvial çöküntülərdən təşkil olunmuş subasarlardan ibarətdir. Çay dərələrinin genişləndiyi dağdaxili çökəkliklərdə terraslar yaxşı inkişaf edir (şəkil).

Alçaqdağlıq qurşaqda çay dərələrinin dərinliyi 300-400 m arasında dəyişir. Dərələr subasar və subasarüstü terrasların yaxşı inkişaf etməsi ilə səciyyələnir. Qaradərə, Əylis, Tirkeş dağdaxili çökəkliklərində çay dərələrində terraslar geniş sahələri əhatə edir. Alçaqdağlıqdan çıxaraq çaylar maili düzənliklərdən axır. Bu hissədə çayların dərəsi daha çox genişlənir və əksər hallarda (Arpaçay, Naxçıvançay, Əlincəçay, Düylünçay və s.) müasir dərələr çayların qədim gətirmə konuslarına kəsilmişdir. Bu cür sahələr çayların akkumulyativ fəaliyyətinin üstünlük təşkil etdiyi rayonlara uyğun olub, dərələri dayaz və genişdir, meyilliyi azdır, terraslar yaxşı inkişaf etmişdir.

Naxçıvan MR çaylarının aşağı axınlarını təşkil edən düzənliklərdə akkumulyativ relyef formalarından allüvial, allüvial-prolüvial düzənlikləri, çay terraslarını, kiçik çayların düzənliyə çıxan hissələrində daha aydın təzahür olunan gətirmə konuslarını göstərmək olar (Museyibov, Quliyev, 1974).

Çayların erozion və akkumulyativ fəaliyyəti ilə yaranan əsas formalardan biri də çay terraslarıdır. Bütün terraslar çayların gətirdiyi allüvial materiallardan, müxtəlifölçülü çay daşlarından təşkil olunmuş akkumulyativ terraslardır. Çayların orta axınlarında yüksək terrasların əksəriyyəti erozion, orta və alçaq terraslar isə erozion-akkumulyativ, ən alçaq terraslar akkumulyativ mənşəlidirlər. Yeni tektonik mərhələdə çay hövzəsinin yerləşdiyi ərazidə tektonik hərəkətlərin zəifləməsi və ya sabitləşməsi mərhələsində yan eroziya fəaliyyətinin güclənməsi nəticəsində çay dərələri genişlənir və terrasların əmələ gəlməsi üçün şərait yaranır. Naxçıvan MR-in dağlıq ərazisində terraslar morfoloji cəhətdən və say etibarilə əsasən dərələrin genişlənən sahələrində daha yaxşı saxlanılmışdır. Tədqiq olunan ərazidə M.A.Abasov (Абасов,1989) altı, V.D.Hacıyev (Гаджиев, 1999) isə beş terras səviyyəsi ayırırlar və onların hündürlüklərinin çayların mənbəyinə və mənsəbinə doğru dəyişdiyini göstərirlər. Çay dərələrinin Arazla qovuşduğu yerlərdə aşağı terrasların səviyyəsi tədricən alçalaraq onun müasir çöküntülərinin altına keçir. Çay hövzələrinin əksəriyyətində yüksək çay terrasları düzəlmə səthləri ilə birləşir və bu halda onlar sanki düzəlmə səthinin davamını təmsil edirlər. Yüksəkliyin dəyişməsi ilə əlaqədar olaraq çay terraslarının saxlanılması da dəyişir. Onlar maili düzənlikdə və alçaqdağlıqda daha yaxşı saxlanılmışdır. Denudasiya proseslərinin intensivliyi ilə əlaqədar olaraq yüksəkdağlıqda terraslar pis saxlanılmışdır. Ərazidə əsaslı dəlillər olmadığına görə qonşu hövzələrdəki terraslarla müqayisə yolu ilə onların yaşları müəyyən edilmişdir. İkinci və üçüncü terrasların yaşı onların axırıncı buzlaşmanın morenlərinə kəsilməsinə görə, üst dördüncü (Абасов, 1970) dövrə aid edilir (cədvəl).



Naxçıvan MR ərazisinin ekzodinamik proseslər xəritə-sxemi

Naxçıvan MR çaylarının terras səviyyələri, m-lə (М.А.Абасов, 1970)

Çay dərələri / Terrasların N-si	Arpaçay	Naxçıvançay	Gilançay	Düylünçay	Ordubadçay	Terrasların yaşı
I	3	3-1	1	5-3		Yeni Xəzər
II	-	10-5	3-2	12-7	7-5	Üst Xvalın
III	28	50-10	8-6	30-15	25-8	Üst Xvalın
IV	38	60-15	15-12	40-25	30-15	Xvalın
V	53	80-20	60-20	80-50	45-20	Üst Xəzər
VI	-	120-40	120-30	200-60	120-40	Erkən Xəzər

Çayların akkumulyativ fəaliyyəti ilə yaranan relyef formalarından biri də gətirmə konuslarıdır. Yeni tektonik mərhələdə ərazinin inkişaf şəraitindən asılı olaraq, gətirmə konusları müxtəlif gemorfoloji xüsusiyyətlərə malikdir. Dağlıq ərazinin qalxması ilə əlaqədar olaraq gətirmə konusları Araz çayının dərəsinə doğru miqrasiya etmiş, ekzodinamik proseslərin nisbətən zəif olduğu (şəkil) sahələrdə allüvial-prolüvial düzənliklər əmələ gətirmişdir (Абасов, 1970). Düzənliklərin səthi gətirmə konusları və konusarası çökəkliklərlə mürəkkəbləşərək zəif dalğavari səciyyə almışdır. Sahəsi 50 km²-dək olan Naxçıvançayın gətiirmə konusunun düzənliyə çıxdığı yerdə zirvəsi 1050 m mütləq yüksəklikdə yerləşib, ətəyi 750 m yüksəklikdə qurtarır. Sonralar çay öz gətirmə konusuna kəsilərək bir neçə terras əmələ gətirmişdir (Абасов, 1970). Axınca və Gilan çaylarının mənsəbə yaxın hissələrində bir-birinə yaxın armudvari formada gətirmə konusları formalaşmışdır. Sahəsi 30 km²-ə yaxın olan Axıncaçayın gətirmə konusu tədricən düzənliyin səthi ilə qovuşur. Relyefdə kifayət qədər yaxşı təzahür olunan gətirmə konusu Ordubadçayın aşağılarında da müşahidə olunur. Dağətəyi maili düzənlikdə müvəqqəti axarlı sular da qabarıq formalı gətirmə konusları formalaşdırmışdır.

Naxçıvan MR-in müasir çay şəbəkəsi uzunmüddətli mürəkkəb inkişaf tarixinə malikdir. Bu, müasir relyefdə saxlanılmış qədim dərələrin fraqmentləri ilə sübut olunur.

Ərazidə inkişaf etmiş qədim çay dərələrinə misal olaraq Biləv kəndindən qərbdə yerləşən dərəni, Qaraquşdağı ilə Çalxanqala kəndi arasında şimaldan cənuba uzanan quru dərəni, Naxçıvançayın qolları olan Sələsuzçay və Kərmətükçayın suayrıcı hissəsində şimal-şərqdən cənub-qərbə uzanan dərəni, Daşbaşı platosu ərazisində və eləcə də Düylünçay və Əylisçayın aşağı hissələrində, Gilançay və Qaradərə sahələrində yerləşən qədim çay dərələrini göstərmək olar.

Naxçıvan MR-in ərazisində mütəmadi olaraq baş verən sel hadisələri baxımından şərq hissəsinin çayları daha fəaldır. Sel hadisələri əsasən yamaclarda toplanmış aşınma məhsullarının leysan xarakterli yağıntılar və qarın intensiv əriməsi zamanı yaranan güclü axınların daşıması nəticəsində əmələ gələn palçıqlı və ya daşlı-palçıqlı axınla əlaqədardır (Əyyubov və b., 1988).

Tədqiqatçılar selləri axın materialının mexaniki xüsusiyyətlərinə görə iki əsas növə ayırırlar. Bunlar strukturlu və turbulent sellərdir. Strukturlu sellər daşlı-palçıqlı, çınqıllı-palçıqlı və ya palçıqlı olur. Strukturlu sellər sel kütləsi tərkibində gilin çox olması ilə fərqlənir, adətən, kütlə düz istiqamətdə hərəkət edir və çay yatağına, onun ətraflarına böyük miqdarda sel materialı gətirir. Ərazidə selli çaylar Gilançaydan cənub-şərqdə yerləşir və ən çox sel təhlükəli çaylara Düylün, Əylis, Ordubad, Qazançı, Kətam və Kilit çayları aid edilir. Onların axdıqları yamac cənub və cənub-qərb səmtliyə malik olduğundan, burada fiziki aşınmanın güclü baş verməsi nəticəsində struktur selləri qidalandıran sel ocaqları əmələ gəlir. Bu ərazidə Naxçıvan, Əlincə və Gilan çayları hövzələri də selli çaylara aid edilir. Sel fəaliyyəti nəticəsində gətirmə konusları, tirələr, çınqıllar, bərkimiş sel kütlələri əmələ gəlir (Mərdanov, 1978).

Ərazidə əsas sel ocaqlarının qırıntı məhsullarının hazırlanması və toplanması xeyli şiddətli baş verir və onlar başlıca mənbə kimi qidalandırıcı rolunu oynayırlar. Zəngəzur silsiləsinin əsas sel ocaqlarının yerləşdiyi yüksək və qismən də orta dağlıqda yamacların meyilliyi 70°-dən çox olub, bitki örtüyündən, demək olar ki, məhrumdur. Həmin sel ocaqlarında çaylar ensiz, dərin olub subasar, demək olar ki, müşahidə olunmur. Alçaqdağlıqdakı əlavə sel ocaqları selləri əlavə gillicəli çöküntülərlə zənginləşdirir. Bütünlükdə zəif sel fəaliyyətli rayona aid edilən Naxçıvançayı ilə yanaşı, onun əsas qolları olan Salvartı, Gömür, Nurs, Şahbuz, Kükü, Sələsuz,

Qışlaq çayları da sellidir. M.A.Abasova görə (Абасов, 1970), Zəngəzur sisiləsinin qərb yamacında Salvartı, Gömür, Nurs, Şahbuz, Sirab və Qahab çayları sel təhlükəli Zəngəzur rayonuna aiddir. Digər selli ocaqlar Dərələyəz sisiləsinin cənub yamacı çay hövzələrində (Kükü, Sələsüz, Qoşlaq, Qapıdaşkar və s.) yerləşir ki, bunları da müəllif Dərələyəz selli rayonuna aid edir.

Zəngəzur və Dərələyəz selli rayonlarında sel ocaqları moren və flüvioqlyasial çöküntülərinin geniş yayılması ilə fərqlənir ki, bu da sellərin qidalanmasında və formalaşmasında mühüm rol oynayır. Beləliklə, sellər səciyyəvi xüsusiyyətlərinə görə Naxçıvan MR-in ərazisində su-daşlı və palçıqlı-daşlı axınlara ayrılır. Bunlardan birinci tipə Zəngəzur silsiləsinin Gilançayından şərqdə, onun cənub-qərb yamacı çay hövzələri, ikinci tipə isə Dərələyəz silsiləsinin cənub yamacı çay hövzələri və Naxçıvançayın sol qollarının hövzələri aiddir. Selləri qidalandıran bu qədim buzlaq çöküntülərinin yaşı, miqdarı, buzlaşma və buzlaqarası mərhələlərin sayı, qədim qar xəttinin hündürlüyü və onların tutduğu sahələr haqqında məlumatlara B.A.Antonov (Антонов, 1971), M.A.Abasov (Абасов, 1970) və başqalarının işlərində rast gəlinir.

Zəngəzur və Dərələyəz silsilələrində arid iqlim və dağların tağvari qalxma fonunda buzlaqların ekzarasion fəaliyyətinin nəticəsi olan təknəvari dərələr (troqlar) kəskin parçalanmaya və uçulub-dağılmaya məruz qalmasına baxmayaraq, müasir relyefdə, zəif də olsa, təzahür olunur. Keçəldağ və Ağdaban zirvələri arasında yerləşən Naxçıvançay öz mənbəyini belə bir təknə dərəsindən götürür. Bu cür səciyyəvi təknə dərələri Nəsirvaz, Parağa, Yağlıdərə, Qapıcıq çaylarının mənbələrində də inkişaf etmişdir. Müxtəlif enlikli və adətən sıldırım yamaclı dərələrin uzunluğu 0,5-9 km arasında dəyişir. Buzlağın akkumulyativ fəaliyyətinin nəticəsi olan moren çöküntüləri Naxçıvan, Gömür, Əlincə, Səkərsu, Nəsirvaz, Qapıcıq, Yağlıdərə çaylarının yuxarı hissələrində 2000-3600 m mütləq yüksəklikdə müşahidə olunur. Akkumulyativ buzlaq relyef formaları çeşidlənməmiş və zəif yuvarlaqlaşmış moren çöküntülərindən təşkil olunmuş, adətən, üzəri torpaq və bitki örtüyü ilə örtülmüş moren tirələri və təpələrindən ibarətdir (Budaqov, 1994).

Ərazidə müasir buzlaqlar, demək olar ki, yoxdur. Lakin yüksəkdağlıq zonada müasir qar xəttindən (3600 m) yuxarıda daimi qar talalarının toplanması nəticəsində nival proseslər indi də davam edir. Naxçıvan MR-in ərazisində üç və daha çox buzlaşmanın olduğu əksər tədqiqatçılar tərəfindən qəbul olunur. Buzlaqların yaşı və miqdarı müasir relyefdə saxlanmış buzlaq izlərinin morfologiyasına, onların mərtəbələr üzrə yerləşməsinə, hündürlüklərinə və b. materiallara əsaslanaraq təyin edilmiş və dördüncü dövrə aid edilmişdir. Üst pliosendə buzlaşmanın mövcudluğu yalnız orta və alçaq dağlıq sahələrdə kobud çay daşlarının flüvioqlasial mənşəli olmasını qəbul edərək mülahizə şəklində irəli sürülür. Qədim buzlaq relyef formalarının morfoloji təhlili göstərir ki, buzlaqlar dağ-dərə tipli olmuş və onların tutduğu sahələr tədricən deqradasiyaya uğramışdır.

Ekzomorfogenezin bir tipi olan qravitasiya proseslərinin əmələ gətirdiyi relyef formaları müvafiq litoloji şəraitdə, əsasən, yüksək və orta dağlıq zonada yayılmışdır. Dərələyəz silsiləsinin şərq və Zəngəzur silsiləsinin şimal-qərb hissələrində sürüşmələr alt pliosen yaşlı lava örtüklərinin kənar hissələrində inkişaf etmişdir. Bu silsilənin Keçəldağ sahəsində pilləvari yerləşən sürüşmə sirklərinin sahəsi 4-5 km^2-ə çatır və onların şaquli amplitudası 350-400 m-ə qədərdir.

Zəngəzur silsiləsinin şimal-qərb hissəsində sürüşmələr əsasən Biçənək aşırımı sahəsində, Salvartı və Camışölən dağları ətrafında, Gömürçay və Nəsirvazçayın mənbə hissələrində inkişaf etmiş və eyni morfoloji xüsusiyyətlərə malikdir. Bu rayonlarda da sürüşmə sirkləri pilləvari səth əmələ gətirir. Bu sirklərin dibi kələ-kötür olub, səth və buzlaq suları ilə qidalanan göllərin, bəzən də quru çalaların və çökəkliklərin olması ilə səciyyələnir. Bu göllərdən ən böyüyü Biçənək aşırımındakı Batabat gölüdür. Sürüşmə sirklərinin sahəsi bir neçə 100 kvadrat metrə çatır (Антонов, 1971).

Uçqunlar bilavasitə suyun iştirakı olmadan süxur bloklarının və ya onların aşınma məhsullarının yamac boyu yerdəyişməsi şəklində təzahür edir. Proses dik yamaclarda süxur qırıntılarının ilişkənliyi və ya dayağının itirilməsi nəticəsində baş verir. Uçqunlar Zəngəzur, Dərələyəz silsilələrinin yamaclarında və ümumiyyətlə, alçaq və orta dağlıqda geniş yayılmışdır. Töküntü və ufantı prosesi fiziki aşınma nəticəsində yamaclarda qaya süxur qırıntılarının, yaxud çınqılların tökülməsi və yamacların ətəklərində toplanmasına səbəb olur. Ərazidə töküntülər Dərələyəz və Zəngəzur silsilələrinin yüksək və orta dağlıq qurşaqlarında daha geniş yayılmışdır. Quru iqlim şəraitinə xas olan səhra aşınması, küləklərin deflyasiya və akkumulyasiya fəaliyyəti, səthi yuyulma, müvəqqəti axarların eroziyası və s. arid-denudasion proseslər hesab olunur. Bunların nəticəsində dağətəyi prolüvial düzənliklər, gil karstı, pediment, bedlend və s. əmələ gəlir. Arid-denudasion proseslər və onların əmələ gətirdiyi mor-

foskulpturlar, əsasən, M.A.Abasov (Абасов, 1989) tərəfindən öyrənilmişdir.

Naxçıvan MR-in ərazisi üçün müasir relyefdə yaxşı təzahür olunan dağdaxili çökəkliklər səciyyəvidir ki, bunların da qısa təsviri aşağıda verilir. Şadıkənd dağdaxili çökəkliyi Sələsüzçayın yuxarılarında, 1000 m mütləq yüksəklikdə yerləşib şimaldan cənuba doğru uzanır. Onun sahəsi 4 km^2-ə qədərdir. Bu çökəklikdən cənubda, 1400 m hündürlükdə Badamlı çökəkliyi yerləşmişdir. Onun analoqu olan çökəklik Tirkeşçayın orta axınında, 1000 m mütləq yüksəklikdə müşahidə edilir və sahəsi 6 km^2-dən artıqdır. Bu dağarası çökəkliklər monoklinal relyeflə səciyyələnən zolaqda yerləşib erozion-denudasion mənşəlidir.

Naxçıvan MR-in ən kənar cənub-şərq çökəkliyi Əylisçayın dərəsində monoklinal yerləşən eyniadlı çökəklik olub, şimal-qərbdən cənub-şərq istiqamətində uzanır. Bu erozion-denudasion mənşəli çökəkliyin şimal və cənub hissələri xeyli genişdir, ümumi sahəsi 10 km^2-dən artıqdır. Çökəkliyin cənub hissəsi 900 m, şimal hissəsi isə 1000 m olmaqla, çaqıldaşlı çöküntülərlə doldurulmuşdur. Qalan hissələri dikyamaclı monoklinal tirələrlə əhatələnmişdir. Naxçıvan MR-in daxilində ən böyük geomorfoloji vahidlərdən biri Araz depressiyası olub, onun daxilində struktur-erozion mənşəli irsi sıciyyə daşıyan geniş Şərur, Naxçıvan və Ordubad-Culfa çökəklikləri ayrılır (Гаджиев, 1999).

Şərur çökəkliyi Ermənistanla Naxçıvan MR-in sərhədindən Qıvraq platosuna qədər uzanır və sahəsi 600 km^2-ə çatır. Geomorfoloji cəhətdən onun şimal kənarında şimal-qərbdən cənub-şərq istiqamətdə maili düzənliklər uzanır ki, bunlar da parçalanma dərəcəsinə görə bir-birindən fərqlənir. Hazırda onlar 800-1200 m mütləq yüksəklikdə yerləşir. Çökəkliyin cənub hissəsində devon yaşlı əhəngdaşı, kvarsit və digər çöküntülərdən təşkil olunmuş Dəhnə-Vəlidağ antiklinal qırışıqlığı yerləşir. Bu antiklinal qalxım şimal-qərbdə sahəsi 80 km^2 olan Şərur çökəkliyini iki hissəyə ayırır (cənub-şərqdə Şərur və şimal-qərbdə Sədərək). Göstərilən zaman ərzində çökəkliyin şimal kənarları qalxmaya məruz qalmış və qədim akkumulyasiya sahələri 1200 m mütləq yüksəkliyə qədər qalxmışdır.

Nəticə. Naxçıvan MR ərazisinin ümumi geodinamik şəraitinin dəqiq təhlili göstərir ki, həmin regionun dağlıq ekosistemində kənd təsərrüfatı, mühəndis-geomorfoloji və digər başqa tədbirlərin həyata keçirilməsində müxtəlif məkan və zaman ərzində fəaliyyət göstərən endo- və ekzodinamik proseslərin təsiri nəzərə alınmalı, yaranmış relyef formalarının xüsusiyyətlərinə görə ekogeomorfoloji şərait xəritələşdirilməli və qiymətləndirilməlidir. Dağarası çökəkliklərdə relyefin nisbətən dayanıqlığı müşahidə olunur və bununla əlaqədar ekogeomorfoloji şərait nisbətən əlverişlidir. Bu ərazilər təsərrüfat infrastrukturunun yaradılması üçün əlverişli hesab edilir.

ƏDƏBİYYAT

BUDAQOV, B.Ə. 1994. Azərbaycan Respublikası ərazisinin ekoloji gərginlik dərəcəsinə görə ekoloji-geomorfoloji rayonlaşdırılması. Təhlükəli təbiət hadisələrinə həsr edilmiş elmi-praktik konfransın materiallar. Elm. Bakı.

ƏYYUBOV, Ə.C., QULUZADƏ, V.Ə., NƏBİYEV, H.Z., MƏMMƏDOV, C.H. 1988. Kiş və Şin çayları hövzələrinin selləri. Elm. Bakı.

MƏRDANOV, İ.E. 1978. Böyük Qafqazın cənub yamacında sellərin inkişafının geomorfoloji şəraiti. Elm. Bakı.

MƏRDANOV, İ.E., QULUZADƏ, V.Ə., MƏRDANOV, İ.İ. 2006. Azərbaycanın dağlıq ərazilərində müasir ekzomorfogenezin əsas xüsusiyyətləri. *BDU Xəbərləri. Təbiət elmləri ser.*, 1.

MUSEYİBOV, M.A., QULİYEV, R.Y. 1974. Azərbaycan SSR-nin geomorfologiyası. ADU nəşri. Bakı.

АБАСОВ, М.А.1970. Геоморфология Нахичеванской АССР. Элм. Баку.

АБАСОВ, М.А. 1989. Рельеф Среднеараксинской депрессии смежных гор. Элм. Баку.

АНТОНОВ, Б.А. 1971. Геоморфология и вопросы новейшей тектоники юго-восточной части М.Кавказа. Элм. Баку.

БУДАГОВ, Б.А., ШИРИНОВ, Н.Ш. 1993. Рельеф Азербайджана. Элм. Баку.

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

Məqaləyə Azərbaycan MEA-nın müxbir üzvü E.K.Əlizadə rəy vermişdir.

© X.A.Tanrıverdiyev, A.S.Səfərov, 2014

NAXÇIVAN MR ƏRAZİSİNİN EKOGEOMORFOLOJİ GƏRGİNLİYƏ GÖRƏ RAYONLAŞDIRILMASI

X.A.Tanrıverdiyev, A.S.Səfərov

Azərbaycan MEA akademik H.Ə.Əliyev adına Coğrafiya İnstitutu,
AZ 1143, Bakı, H.Cavid prosp., 115

Toplanmış fond və ədəbiyyat materiallarının, eləcə də son illər aparılan və toplanan çöl-ekspedisiya materiallarının sintetik təhlili əsasında ərazidə bir-birindən fərqli xüsusiyyətlərinə görə səciyyələnən dörd ekogeomorfoloji gərginlik sahələri ayrılmış və bunları əksetdirən ekogeomorfoloji gərginlik xəritəsi tərtib edilmişdir.

Giriş. Naxçıvan Muxtar Respublikasının ərazisi geoloji və geomorfoloji quruluşuna görə çox mürəkkəb olub, yüksək enerjiyə malik relyefi kəskin və ekstremal arid iqlim şəraiti, eroziya, fiziki aşınma, qravitasiya və başqa proseslərin təsiri altında intensiv şəkildə parçalanmış, dağılmış və demək olar ki, başdan-başa çılpaqlaşmışdır.

Respublikanın relyefinin müasir durumunun yaranmasında ayrı-ayrı dövrlərdə baş vermiş tektonik hərəkətlər, maqmatizm prosesləri, buzlaşmalar, qravitasiya prosesləri və onların müasir relyefdə saxlanan izləri mühüm rol oynamışdır.

Tədqiqatın metodikası. Ərazidə müasir ekogeomorfoloji şəraiti müəyyənləşdirmək, onun əsas xüsusiyyətlərini səciyyələndirmək üçün müxtəlif illərdə aparılmış geoloji və geomorfoloji tədqiqatlarla yaxından tanış olmaqla yanaşı, ərazidə yayılmış və müxtəlif sahələrdə müxtəlif intensivliklə baş verən ekzodinamik proseslər öyrənilmiş, onların təsnifatı aparılmış, yayılma arealı dəqiqləşdirilmiş, intensivliyi müəyyənləşdirilmiş və xəritələşdirilmişdir.

Ərazidə ekogeomorfoloji şəraiti müəyyənləşdirmək üçün relyefin mühüm parametrlərindən olan morfometrik təhlili aparılmıış (dərinə parçalanma, üfüqi parçalanmanın sıxlığı, səthi meyillilik) və müvafiq tədqiqatlar aparmaqla onları əksetdirən xəritələr tərtib edilmişdir. Morfometrik xəritələrin kompleks təhlilinə əsasən, ərazi üçün morfogərginlik xəritəsi tərtib edilmişdir.

Tərtib edilmiş ekzodinamik proseslər və relyef formaları, morfometrik, morfogərginlik xəritələri, eləcə də morfostruktur və morfoskulptur relyef formalarının xüsusiyyətlərinin sintetik təhlili əsasında ərazidə dörd ekogeomorfoloji gərginlik rayonu ayrılmış və irimiqyaslı ekogeomorfoloji gərginlik xəritəsi tərtib edilmişdir.

Zəif ekogeomorfoloji gərgin sahələr, əsasən, Araz çayı boyunca yerləşən Sədərək və Şərur düzənliklərini, Qıvraq platosu ilə Duzdağ platosu arasında yerləşən Böyükdüzü, Cəhriçayın aşağı hissəsi də daxil olmaqla, Naxçıvançay boyu düzənlik və Əlincəçay dərəsində Camaləddin, Abrakunis və Bənənyar kəndlərinin yerləşdiyi dərə boyu düzənliyi əhatə edir.

Düzənliyin səthi bəzi yerdə şorlaşma (Dəhnə dağının şərq ətəyində, Böyükdüzdə), bəzi yerlərdə isə bataqlaşma (Sədərək düzünün Arazboyu hissəsi və Araz su qovşağı su anbarının sahilləri) proseslərinə məruz qalaraq zəif gərginliyə malikdir. Düzənlikdə bu kateqoriya daxilində səthi meyillilik 5°-dən az olub, üfüqi parçalanmanın sıxlığı hər km²-də 1km-dən az, dərinə parçalanmanın kəmiyyəti isə bəzi yerlərdə 50 m-ə çatır. Maili düzənliyin aşağı pilləsini təşkil edən əsasən müasir dövrün allüvial, allüvial-prolüvial çöküntülərindən təşkil olunmuş bu hissə müxtəlif hündürlükdə yerləşən çay terraslarından ibarət olub Araz çayı boyu uzanaraq çayın və onun sol qollarının gətirmə materiallarından təşkil olunmuş Sədərək, Şərur, Böyükdüz, Naxçıvan, Gülüstan və b. düzənlikləri əhatə edir. Bəzi sahələrdə düzənliyin səthi gətirmə konusları, çay dərələri, yarğan və qobularla müəyyən dərəcədə mürəkkəbləşmişdir (1-ci şəkil).

Naxçıvan törəmə çökəkliyi qərbdə Şərqi Arpaçay hövzəsi, şərqdə Əlincəçayın dərəsi ilə əhatələnib, şimalda dərin tektonik qırılma boyu Ağqaya qalxmasına bitişir. Ş.Ə.Əzizbəyova görə (Азизбеков, 1961), Naxçıvan çökəkliyi şərqdə Ordubad sinklinorisinin üst oliqosen yaşlı xətti strukturları, qərbdə isə Şərur-Culfa antiklinorisinin mezozoy strukturları üzərində əmələ gəlib, xüsusi qırışıqlıq planına malikdir. Qədim struktur plana münasibətinə və formalaşma xüsusiyyətinə görə Naxçıvan çökəkliyinin qərb hissəsi Şərur-Culfa antiklinorisi daxilində yerləşir və inversion xarakterlidir, şərq hissəsi isə Ordubad sinklinorisi daxilində yerləşib, irsi morfostruktur səciyyəsi daşıyır. Naxçıvan çökəkliyi daxilində bəzi strukturlar istisna olmaqla, demək olar ki, bütün strukturlar relyefdə birbaşa öz əksini tapmışdır. Morfostruktur kifayət qədər mürəkkəb quruluşa ma-

lik olub, onun daxilində aşağıdərəcəli morfostrukturlar – antiklinal tirələr, yüksəkliklər və sinklinal düzənliklər, platolar ayrılır. Çökəkliyin bir hissəsini təşkil edən Ordubad sinklinorisi daha mürəkkəb quruluşa malik olub, tektonik qırılmalarla sıx parçalanmışdır. Sinklinori daxilində eosen-oliqosen yaşlı strukturlar üzərində əmələ gəlmiş miosen-alt pliosen yaşlı qalxımlar və əyilmələr relyefdə aydın şəkildə öz əksini tapır. Qalanları isə Ağqaya, Nehrəm-Darıdağ qalxımları, Nors-Tirkeş və Paradaş çökəklikləri sərbəst strukturlar olub, daha aşağıdərəcəli morfostrukturlarla mürəkkəbləşir. Belə ki, Ağqaya qalxımı daxilində xüsusi Ağqaya antiklinal silsiləsi, Şahbuztəpə, Ərəfsə sinklinal platoları, Sarıdağ monoklinal silsiləsi, Alçalıdağ antiklinal silsiləsi və Boyəhməd antiklinal tirəsi ayrılır.

Mülayim ekogeomorfoloji gərginliyə malik olan sahələr, əsasən, allüvial-prolüvial düzənliklərin tektonik qalxmaya məruz qalmış dağətəyi hissələrini, bəzi dağarası çökəklikləri (Tirkeş, Nəhəcir, Şurut, Qaradərə və b.), qədim çay dərələrinin (Paleo-Əlincəçay) geniş hissələrini və Əlincəçay, Qaradərəçay, Gilançay, Vənəndçay, Əylisçay, Ordubadçay və Zəngəzur silsiləsinin cənub-qərb yamacından axıb, Araz çayına tökülən digər kiçik çayların gətirmə konuslarını və konusarası sahələri əhatə edir. Bu ərazilər quru çay dərələri, qobu-yarğan şəbəkəsi, delüvial şleyflər, selli çayların gətirmə konusları və müxtəlifölçülü sel materialları ilə mürəkkəbləşmişdir. Bu kateqoriyaya daxil olan ərazilərdə dərinə parçalanmanın kəmiyyəti 100-200 m arasında dəyişərək üfüqi parçalanmanın sıxlığı hər km²-də 1-1,5 km, səthi meyilliliyin isə 5-15° arasında olması ilə səciyyələnir.

Dağətəyi denudasion maili düzənlik Araz çayının sol sahili boyu uzanaraq onun sol qollarının aşağı hissəsində kifayət qədər geniş sahəni əhatə edir. Düzənlik müxtəlif dövrlərdə çökdürülmüş və əsasən allüvial, allüvial-prolüvial, delüvial çöküntülərdən, bəzi sahələrdə isə, xüsusilə Qarabağlar, Xok, Qıvraq, Şahtaxtı kəndləri ərazisində qismən travertinlərdən təşkil olunmuşdur (Азизбеков, 1961; Азизбеков, Рустамов, 1972; Абасов, 1989; Гаджиев, 1999; Геология Азербайджана…, 2007).

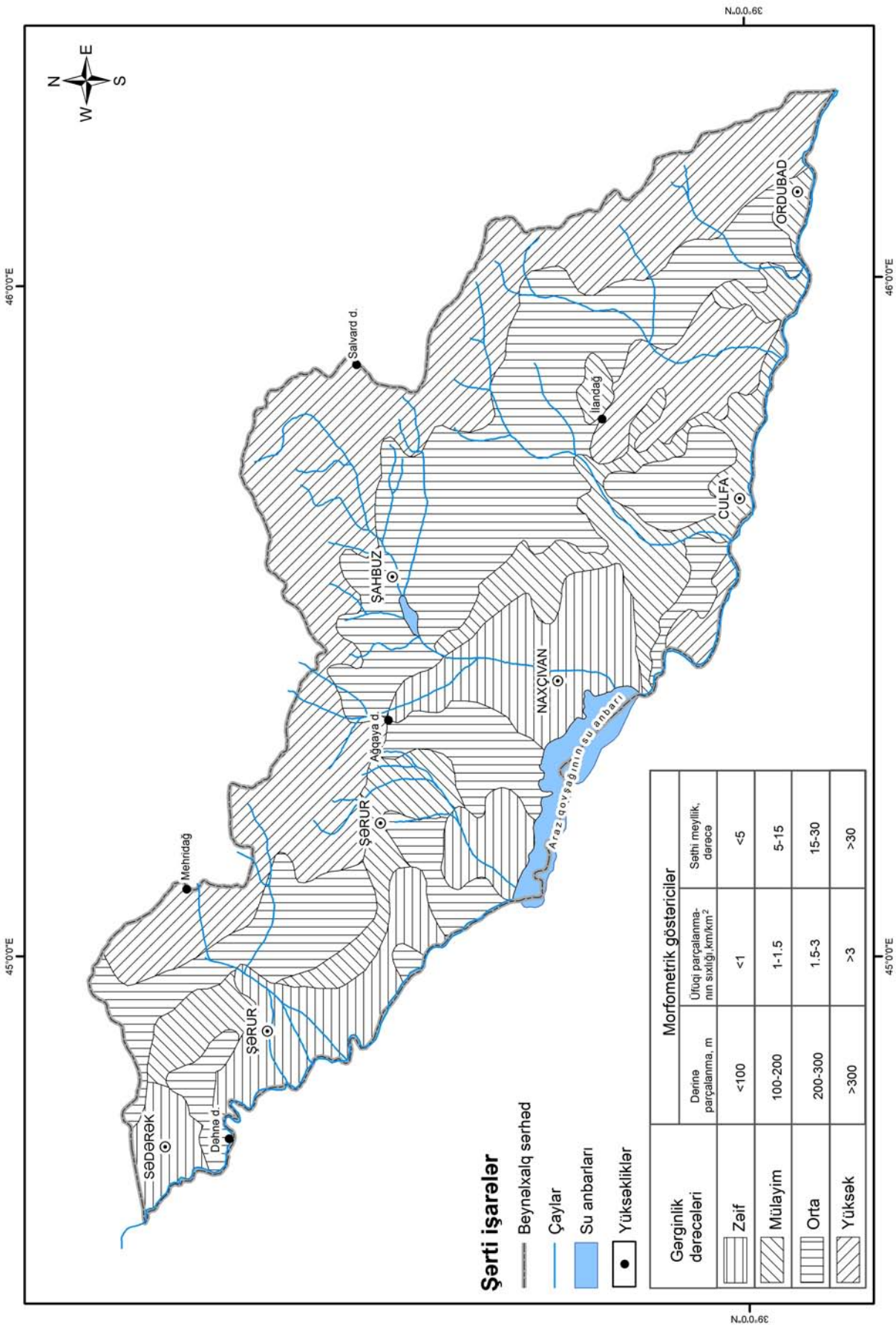
Maili düzənliyin nisbətən yüksək pilləsini təşkil edən dağətəyi hissəsi allüvial-prolüvial çöküntülərdən və qismən də travertinlərdən təşkil olunub, pliosendən əvvəlki dövrdə intensiv çökmə və çöküntütoplanma sahəsi olmuşdur. Qalınlığı 40 m-ə çatan üst pliosen yaşlı hamarlanmış, yaxşı çeşidlənmiş çaqıl daşlardan ibarət bu çöküntülər zəif qırışığa toplanmış miosen yaşlı mergel, qumdaşı və gillərdən ibarət duzlu qatların üzərində yatmışdır. Düzənliyin səthi suayrıcılarda hamar zirvələri ilə səciyyələnən yüksəkliklər və intensiv inkişaf etmiş yarğan-qobu şəbəkəsi, yeraltı eroziya və gil karstları ilə mürəkkəbləşmişdir. Bəzi sahələr hətta bedlendə çevrilmişdir.

Relyefdə miosen-alt pliosen yaşlı iki eyniadlı sərbəst struktur çökəklik əmələ gətirən Nors-Tirkeş çökəkliyini şərqdə oliqosen yaşlı, qərbdə isə bir qədər qədim strukturların üzərində əmələ gəlmiş aşağıdərəcəli morfostrukturlar (Sələsuz sinklinal platosu və Lizbirt, Kərməçatax antiklinal tirəsi) əhatə edir.

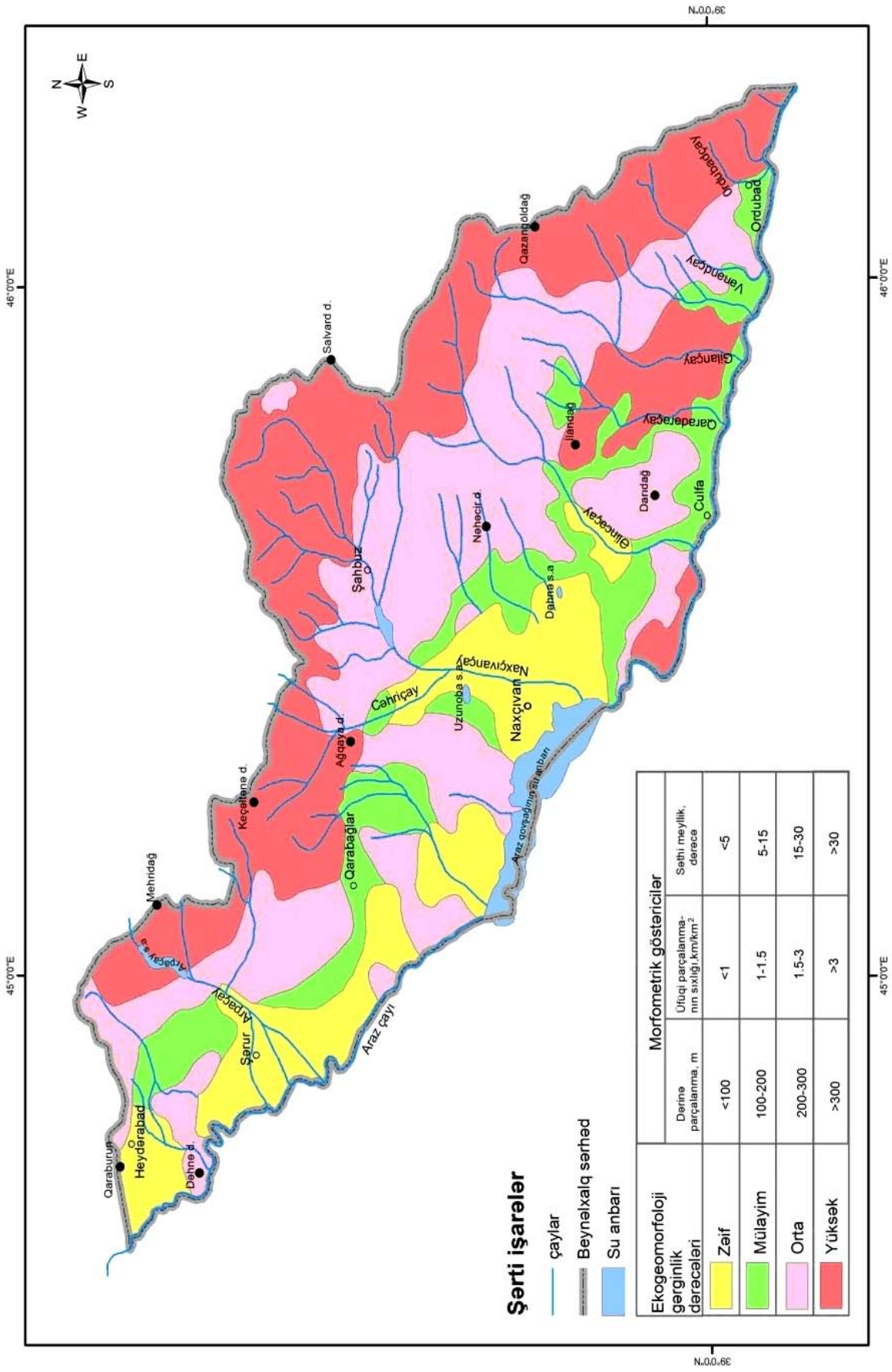
Ağqaya morfostrukturundan cənub-şərqdə yerləşən Paradaş morfostrukturu daxilindəki aşağıdərəcəli morfostrukturlar – Xanəyin, Başkənd, Göydağ tektonik-maqmatik qalxımları, Qaraulxana (Babək qalası) antiklinal silsiləsi, Bənanyar, Şurut və Toxluca sinklinal çökəklikləri, Çaşırdağ, Daşbaşı və Çaxmaqlı sinklinal platoları ayrılır və mürəkkəb quruluşlu relyef əmələ gətirir.

Orta dərəcədə ekoloji-geomorfoloji gərginliyə malik sahələr Zəngəzur silsiləsinin cənub-qərb yamacında orta və alçaqdağlıq sahələri, Duzdağ, Qıvraq platolarını, Dəhnə və Dəlidağ yüksəkliklərini əhatə edir. Bu sahələr yarğan və yeraltı eroziya və digər proseslərlə parçalanıb, relyefinin nisbətən yumşaq xarakter daşıması ilə yüksək gərginlikli sahələrdən fərqlənir. Bu sahələrdə dərininə parçalanmanın kəmiyyəti 200-300 m arasında, üfüqi parçalanmanın sıxlığı hər km²-də 2-3 km-ə qədər olub, səthi meyillilik 15-30° arasında dəyişir (2-ci şəkil).

Alçaqdağlıq ərazi arid proseslərin üstünlüyü şəraitində müvafiq relyef formalarının geniş yayılması ilə səciyyələnir. Ərazidə tektonik qırılmalar boyu baş verən hərəkətlər nəticəsində yaranmış kuest tipli monoklinal relyef formaları, terraslaşmış müasir və qədim çay dərələri, dağdaxili çökəkliklər, ekstruziv günbəzlər, monoklinal tirələrin və yüksəkliklərin ətəyində formalaşan pedimentlər, delüvial şleyflər inkişaf etmiş və alçaqdağlıq relyefi kifayət qədər mürəkkəbləşmişdir. Naxçıvan Muxtar Respublikasının mərkəzi hissəsində alçaqdağlıq ərazi şimal-şərqdə Kolanı kəndindən başlamış cənub-qərbdə Sələsuz kəndinə qədər ərazini əhatə edir. Bu sahədə alçaqdağlıq, əsasən, eosenin denudasiya proseslərinə qarşı müqaviməti zəif olan tufkonqlomeratlardan, tufbrekçiyalardan, tuflu qumdaşlarından təşkil olunmuşdur. Cəhriçaydan qərbdə Bağırsaq dərəsi ilə Şərqi Arpaçay arası ərazidə və Naxçıvançaydan şərqdə alçaqdağlıq monoklinal quruluşa malik tirə və yüksəkliklərin yayılması ilə səciyyələnir. Ərazinin şərq hissəsində monoklinal strukturlar denudasiyaya qarşı davamlı olan eosen əhəngdaşları ilə mühafizə olunduğuna görə bir neçə tirə əmələ gəlmişdir. Bir qədər cənub-şərqdə isə ərazinin denudasiyaya qarşı nisbətən zəif süxurlardan təşkil olunması ilə əlaqədar dərələr genişlənmiş və suayrıcılar hamar xarakter almışdır.



1-ci şəkil. Naxçıvan MR ərazisinin morfoqərginlik xəritəsi (morfometrik xəritələrin əsasında tərtib edilmişdir)



2-ci şəkil. Naxçıvan MR ərazisinin ekoloji-geomorfoloji gərginlik xəritəsi

Alçaqdağlıqda morfoloji quruluşu və nisbi yüksəkliyi ilə ətraf ərazilərdən kəskin fərqlənən ekstruziv günbəzlər geniş yayılmışdır. Bu tip formaların ən böyüyü İlandağ ekstruziv günbəzi olub, ərazinin cənubunda yerləşir. Sonuncudan şimal-qərbdə Berdik, Xanəyə, Əlincə, Qazançı günbəzləri, masaşəkilli Nəhəcir yüksəkliyi və Cəhriçaydan cənub-şərqdə Sirab, Qaraqala, Xalxal və Paiz kəndləri yaxınlığında ekstruziv günbəzlərdən ibarət tirələr uzanır. Ərazinin cənub-şərqində Culfa və Ordubad şəhərləri arasında alçaqdağlığın cənub hissəsində şərq istiqamətində uzanan silsilə və tirələrin cənub ətəyi boyu yamacların paralel şəkildə geri çəkilməsi nəticəsində arid denudasion ərazi üçün səciyyəvi olan pedimentlər inkişaf etmişdir.

Şərur-Culfa antiklinorisinin şimal-qərb davamını təşkil edən Şərur antiklinor silsiləsi, qədim struktur plana uyğun olaraq, irsi xarakter daşıyır və tektonik cəhətdən fəal morfostrukturdur. Quruluşunda qalınlığı 4000-4500 m-ə çatan devon və trias yaşlı çökmə süxurlar iştirak edən silsilə tektonik struktura uyğun gəlməsi ilə səciyyələnir. Ancaq uzun tarixi inkişaf yolu keçməsi ilə əlaqədar olaraq silsilə dərin çay dərələri, quru dərələr və müxtəlif istiqamətli tektonik qırılmalarla intensiv şəkildə parçalanmışdır. Silsiləniin quruluşunda devon çöküntülərindən başqa, karbon, perm, təbaşir və paleogen yaşlı gilli şistlər, əhəngdaşları, qumdaşları və b. çökmə süxurlar da iştirak edir ki, bunlar da güclü dəyişiliklərə və tektonik qırılmalara məruz qalması ilə fərqlənir. Relyefin parçalanmasında mühüm rol oynayan tektonik qırılmalar və üstəgəlmələr boyunca çoxlu miqdarda pillələr və sıldırım yamaclar formalaşmışdır.

Ərazinin arid iqlim şəraiti, yamacların çılpaq və çox dik olması, eləcə də yumşaq süxurların geniş yayılması ilə əlaqədar olaraq xətti, səthi və yeraltı eroziya prosesləri sürətlə inkişaf etmiş və yamaclar, dərələr, yarğanlar və digər morfoskulptur formalarla intensiv parçalanmışdır. Yamaclarda daş axınları, yamacın ətəyində isə delüvial şleyflər formalaşmış və töküntü materialları geniş inkişaf etmişdir.

Şərur antiklinor silsiləsi daxilində yuxarıda göstərilən əlamətlərinə görə bir-birindən fərqlənən və Şərur-Culfa antiklinorisinin yura strukturlarına uyğun gələn və irsi səciyyə daşıyan daha aşağıdərəcəli Yaycı-Sədərək, Yuxarı Danzık, Mehridağ, Ərdağlı antiklinal silsilələri, Avuş, Ardodığ, Münhbalaoğlu monoklinal silsilələri, Hinədal sinklinal silsiləsi və Baysal sinklinal platosu kimi morfostrukturlar ayrılır.

Ərazidə geodinamik cəhətdən daha fəal olan, fiziki aşınma, qravitasiya proseslərinin üstünlük təşkil etdiyi və dərə eroziyası ilə intensiv şəkildə parçalanmış Zəngəzur silsiləsinin yüksək dağlıq zonası, Ordubad şəhərindən şimalda və şərqdə yerləşən sahələri, Vənəndçay, Gilançay, Əlincəçay və Naxçıvançayın yuxarı hissələrində yerləşən Dırnıs-Parağaçay-Əliağa-Bayəhməd-Ərəstə-Keçili-Kolanı kəndlərini birləşdirən xətdən yuxarı, eləcə də Dərələyəz silsiləsində Küküçay, Cəhriçay, Qubaxlıçay hövzələrinin yuxarı hissələri, Arınc-Badamlı-Kəlməçataq-Paiz-Çalxangala-Axura kəndləri xəttindən olan, eyni zamanda, Arpaçay hövzəsində eyniadlı su anbarından yuxarıda yerləşən və yüksək səthi meyilliliyi, relyefinin mürəkkəbliyi ilə səciyyələnən sahələr ekogeomorfoloji cəhətdən yüksək gərginliyə malik ərazilər kimi ayrılmışdır. Eyni zamanda, muxtar respublikanın cənub-şərq hissəsində yerləşən, tektonik çatlarla intensiv şəkildə mürəkkəbləşmiş və arid iqlim şəraitində qravitasiya, yarğan və yeraltı eroziya prosesləri ilə intensiv parçalanmış Nehrəm platosu, İlandağ, Qaraulxana, Qyuxlu qalxımları və onların arasında yerləşmiş ərazilər də bu kateqoriyaya daxil edilmişdir. Bu sahələrdə dərininə parçalanmanın kəmiyyəti 300 m-dən çox, səthi meyillilik isə 30°- dən çox olması ilə səciyyələnir.

Əsasən mezozoyun karbonatlı, kaynozoyun vulkanogen və vulkanogen-çökmə süxurlarından təşkil olunmuş orta dağlıq zona Zəngəzur silsiləsinin suayrıcısına paralel olaraq cənub-şərqdən şimal-qərb istiqamətində uzanır və qərbdə Dərələyəz silsiləsinin qərb hissəsini əhatə etməklə Ermənistan sərhədi boyu davam edir. Relyefin formalaşmasında dərə eroziyası, səthi yuyulma, fiziki və kimyəvi aşınma prosesləri mühüm rol oynamışdır. Ərazi dikyamaclı, "V"-şəkilli çay dərələri ilə intensiv parçalanmışdır. Dərələrin geniş yerlərində əhalinin əsas əkin və bağ sahələrini təşkil edən erozion və erozion-akkumulyativ mənşəli çay terrasları inkişaf etmiş, qədim çay dərələrinin izləri yaxşı saxlanılmışdır. Başqa zonalardan fərqli olaraq orta dağlıqda otlaq və təsərrüfat sahələri üçün əlverişli olan düzəlmə səthləri, monoklinal quruluşlu relyef formaları daha geniş yayılmışdır.

Yüksək dağlıq zonada relyefin formalaşmasında nival-buzlaq, eroziya, gecə ilə gündüz arası temperatur fərqinin kəskin dəyişməsi ilə əlaqədar olan fiziki aşınma, qravitasiya prosesləri əsas rol oynayır. Bununla əlaqədar olaraq, bu zonada çılpaq qayalar, konusşəkilli zirvələr, "V"-şəkilli dar və dərin dərələr, buzlaq sirkləri, karlar, troq dərələr, moren çöküntülər, kar gölləri inkişaf etmişdir. Fiziki aşınmanın intensivliyi ilə əlaqədar olaraq, yamaclarda müxtəlifölçülü ovuntu materialları toplanmışdır. Ayrı-ayrı şiş zirvələr denudasiya proses-

lərinə qarşı davamlı olan və ərazidə geniş yayılmış maqmatik süxurlardan təşkil olunmuşdur.

Bura üçün səciyyəvi relyef formalarından biri də quru dərələrdə müşahidə edilən və "daş çaylar" adlanan daş axınlarıdır. Qırışıqlı-faylı quruluşlu yüksək dağlıq zona Dərələyəz silsiləsində Ardağlı, Keçəltəpə, Buzqov zirvələri arası sahədə və Küküçayın yuxarı hissəsində Keçəldağ və Qoqu zirvəsi ətrafı sahəni, eləcə də Zəngəzur silsiləsinin suayrıcı zonasını və ona yaxın əraziləri əhatə edir.

Zəngəzur horst-antiklinor silsiləsi respublikanın şərq hissəsində yerləşir və qədim geoloji struktura uyğun olaraq submeridional istiqamətdə uzanır. O, vahid morfostruktur kimi neotektonik mərhələdə yaranıb, qismən Ordubad sinklinorisinin şimal-şərq qanadını əhatə edir (Азизбеков, Рустамов, 1972). Silsilənin dar və dərin dərələrlə intensiv parçalanması, relyefinin çox kəskin və ziddiyyətli olması, yamaclarının dik və pilləli xarakter daşıması, suayrıcı hissədə şiş zirvələrin olması onun səciyyəvi xüsusiyyətlərindən olub, ərazini morfoloji cəhətdən çox mürəkkəbləşdirir. Silsilə cənub-şərq istiqamətində kəskin şəkildə alçalaraq, Araz çayının "Mehri dərəsi" adlanan dərin və dar dərəsi ilə kəsilir.

Zəngəzur horst-antiklinor qalxması daxilində öz morfoloji və genetik xüsusiyyətlərinə görə bir-birindən fərqlənən aşağıdakı daha aşağıdərəcəli morfostrukturlar ayrılır: Cənubi Zəngəzur tektonik-maqmatik horst silsiləsi, Qaranquş-Pyazbaşı monoklinal silsiləsi, Urmis-Pəzməri monoklinal tirəsi, dağarası çökəkliklər və başqa bir sıra vulkanik (maqmatik) morfostrukturlar ayrılır ki, bunlardan da ən böyüyü Mehri-Ordubad plutonuna uyğun gəlir.

Dərələyəz silsiləsi inversion sinklinal quruluşlu olub, qədim struktur planı köndələn istiqamətdə kəsən qırışıqlı-faylı substrat üzərində yeni tektonik mərhələdə əmələ gəlmişdir. Dərələyəz morfostrukturu Ordubad sinklinorisinin şimal və şimal-qərb hissəsində formalaşmışdır. Silsilə şərq hissədə, onun üzərində yerləşən alt pliosen yaşlı effuziv-piroklastik tərkibli "biçənək" çöküntü qatından təşkil olunmuş vulkanik morfostrukturlar və intruziv kütlələrlə mürəkkəbləşmişdir.

Dərələyəz morfostrukturu daxilində öz morfoloji və genetik xüsusiyyətlərinə görə bir-birindən fərqlənən aşağıdərəcəli Buzqov, Badamlı, Zernel, Biçənək, Almalıdağ, Qabaxtəpə və Kolanı morfostrukturları ayrılır. Buzqov, Badamlı, Zernel və Biçənək morfostrukturları tektonik strukturlara uyğun gəlib, irsi xarakter daşısa da, sonuncu morfostruktur Ordubad sinklinorisinin miosen struktur planına münasibətinə görə inversion xarakter daşıyır və mürəkkəb quruluşu ilə səciyyələnir.

Nehrəm-Darıdağ günbəzvari qalxımı üst mezozoy və eosen-oliqosen yaşlı strukturlar üzərində əmələ gəlmiş törəmə mənşəli mürəkkəb morfostrukturdur. Nehrəm günbəzvari yüksəkliyi daxilində Noxudlu monoklinal silsiləsi, Darıdağ qalxımı daxilində isə Darıdağ silsiləsi, Sabirkənd, Ağdaş və Düylünçay monoklinal tirələri ayrılır. Bu morfostruktur formalar yarğan şəbəkəsi və gil karstları ilə intensiv şəkildə parçalanmış və bəzi yerlərdə bedlendə çevrilmişdir.

Nəticə. Ərazi üçün ekzodinamik proseslər və relyef formaları və morfogərginlik xəritələri tərtib edilmişdir.

Ekzodinamik proseslər və relyef formaları, relyefin morfometrik və morfostruktur, morfoskulptur relyef formaları xüsusiyyətlərinin sintetik təhlilinə əsasən, muxtar respublikanın ərazisində dörd ekogeomorfoloji gərginlik rayonu ayrılmış və irimiqyaslı ekogeomorfoloji gərginlik xəritəsi tərtib edilmişdir: **zəif gərgin ərazilər** – Sədərək, Şərur düzənlikləri, Böyükdüz, Naxçıvançay boyu düzənliklər və s.; **mülayim gərgin ərazilər** – allüvial-prolüvial düzənliklərin dağətəyi hissəsi, Tirkeş, Nəhəcir, Şurut, Qaradərə çökəklikləri və s.; **orta dərəcədə gərgin ərazilər** – Zəngəzur silsiləsinin cənub-qərbində **alçaqdağlıq** və orta dağlığın bəzi sahələri, Darıdağ, Qıvraq platoları, Dəhnə, Dəlidağ **yüksəklikləri** və s.; **yüksək gərgin ərazilər** – Zəngəzur silsiləsinin **yüksək dağlıq** zonası, Dərələyəz silsiləsində Küküçay, Cəhriçay, Qabaxlıçay hövzələri və s.

ƏDƏBİYYAT

АБАСОВ, М.А. 1989. Рельеф Среднеараксинской депрессии и смежных гор. Элм. Баку. 187 с.

АЗИЗБЕКОВ, Ш.А. 1961. Геология Нахчыванской АССР. Госгеолтехиздат. Москва. 502 с.

АЗИЗБЕКОВ, Ш.А., РУСТАМОВ, М.Н. 1972. Тектонические условия формирования гранитоидных интрузий (на примере Мегри-Ордубадского батолита). *Геотектоника*. 6, 106-117.

ГАДЖИЕВ, В.Д. 1999. Палеогеморфология областей мезокайнозойского вулканизма Нахчивани и Талыша. Изд-во АН Азерб.Респ. Баку. 194 с.

ГЕОЛОГИЯ АЗЕРБАЙДЖАНА. Т.1. 2007. Nafta-Press. Баку. 579 с.

Məqaləyə Azərbaycan MEA-nın müxbir üzvü E.K.Əlizadə rəy vermişdir.

© M.J.Ismaylov, L.A.Ismaylova, 2014

SCIENTIFIC-METHODOLOGICAL APPROACHES OF LANDSCAPE-RECREATION POTENTIAL REVELATION OF MOUNTAIN GEOSYSTEMS (on example of southern slopes of the Greater Caucasus)

M.J.Ismaylov, L.A.Ismaylova

Azerbaijan National Academy of Sciences
Institute of Geography named after acad. H.Aliyev
H.Javid str. 115, Baku, AZ1143, Azerbaijan

In this article the relief, climatic parameters and landscape differentiation of the territory have been explained for precise evaluation of the recreation potential within Demiraparanchay basin and adjacent areas. On the basis of derived data the schematic maps of the shown area that reveal some climatic parameters have been plotted for the first time in GIS environment and a big-scale (M 1: 100 000) map of recreation potential according to the landscape belt of the study area has been plotted in GIS environment.

During evaluation of the recreational potential of the landscapes special attention was given to geological, geomorphologic characteristics of the area, to comfort degree of the climate (temperature, relative humidity, number of sunny days, solar radiation, etc), to forest cover of the area (forest density, composition of trees, level of humidity, fruit maintenance, etc) and to aesthetics view of landscapes (attractiveness, waterfalls, canyons and etc.) Besides, the elements (floods, landslides, soil erosion, snow falls, soil erosion, the number of cloudy day in recreation days etc.) that make risk and hazard for tourism activities and decrease the level of comfort in landscape have been studied.

The rapid development in terms of mountainous areas recreation in resent years increased interest in the study of mountains that characterized by high dynamism and sensitivity to anthropogenic factors.

The complexity of geological structure, sharp crush of the relief, horizontal and vertical differentiation of the slope incline, exposition, absolute altitude and periodic change of mezo-micro climate conditions within mountainous areas has formed geosystems with complex structure - functional characteristics. Wrong anthropogenesis interference influences to this type of mountain structures causes sharp ecological disbalance within landscapes that results in rapid activation hazardous natural processes such as floods, landslides, collapse, erosion etc.

The study in GIS environment of the modern landscapes of the area between Filfilichay-Girdimanchay area of high flood hazardous Demiraparanchay's basin will make more efficient use of the areas that are rich in recreational potential and will allow develop tourism complexes on the basis of the landscape planning (Antipov, Semenov, 2005).

Research area. For studying of modern landscapes and recreational potential a river basin of Demiraparanchay, we use modern methods of research - the analysis of space pictures from satellites Landsat 7 ETM+, SPOT 1-4, OrbView-3 and others, GIS of technology and materials from our field research.

Demiraparanchay basin was chosen as an example area for research purposes. Floody Demiraparanchay basins' area is 596 km^2, length 69 km and starts from the 3850 m height on the southern slope of the Greater Caucasus range. The water flow rate of the river 40-60% supported by ground waters. Annual average water debit is 3-10 m^3/sec. Flow of the river comes 26% in spring, 23% in autumn, 35% in summer and 16% in winter.

The data that have been registered as elements of tourism-recreation potential were analyzed in Geographic information system and evaluated by five point scale system. Here, 1st point scale was accepted as very favorable, 2nd as favorable, 3rd as middle favorable, 4th as less favorable, 5th as very small favorable. During evaluation of recreational potential of landscapes, the special attention has been given to development opportunities of tourism potential in this area.

For example, 1st point scale zone of foothills and low mountains with forest and scrub foreststs, meadow and forest landscape is very profitable for different types of tourism and recreation opportunities.

Demiraparanchay river is the most dangerous flood risk river in the Southern slope of the Greater Caucasus after Shinchay and Kischay rivers (Будагов, Сафаров, 2008).

The intensity of exo-dynamic processes within rivers' basin, regular floods and landslides

here has strongly influenced formation of the surrounding areas and landscapes, strongly affected landscape inner differentiation and increased landscape-ecological tension here. Geological structure, lithology composition of the rocks strongly affected formation of modern landscapes of the Demiraparanchay basin. The prevalence of gravitational – tectonic ruptures in this area has intensively influenced formation of landslides, sets of valley-ravines and rock falls in this area (Гамидова, 2011).

A huge Malkamud uprise, that extends along research area in a high Caucasus Mountains part, it is the main source of accumulation of scrap materials in formation of flood foci in rivers' basin (Figure 1).

The slopes between peaks of Bazaryurd, Rustambaz, Peygambarbulag, Tufan and Gotur have strongly been influenced to exertion and denudation process. Under influence of mentioned and other factors the alpine and subalpine peaks were smoothed. The main origins of the floods are located in a high and partly meadow mountain zone. The rocks collected here come from different origination, and dominantly belong to avalanches and moraine sediments.

The landslides and flood foci are widespread in the bared timberland of the eastern slopes of Rustambaz-salavat ridge. Main flood foci are concentrated within basin of the left inflows of Damiraparanchay river beginning in water separated part of the Main Caucasian range, around peak of Tufan. On extent of the flood development of Damiraparanchay river inflows can be divided into two groups – very dangerous and not dangerous. During selection of tourist routes and recreational areas, the danger of floods should be taken into account.

The vertical decomposition increases of relief' grows up from 600-700 m to 1300-1500 m to the north in the area. The slopes around watershed areas are complicated by rocks and cracks (Мамедализаде, 1986). Increase of relief decomposition is making subnival and mountain meadow landscapes more attractive for tourists.

The areas relief characteristics and hypsometric height, led in contrast change the climate coefficient in short distances. Those climatic conditions are allow the development of various types of recreation and tourism in this area.



Figure 1. The accumulation of scrap materials playing role in formation of flood foci in Demiraparanchay

The average temperature of the warmest month of July in area of 800 m altitude 23° C, at 1600 m is 16° C, at 2000 m is 14° C, at 2400 m is 12° C, at 2800 m is less than 10° C. The average temperature of the coldest month in January is 0, -1° C at altitude of 800 m, at 1200 m is -2, -1° C, at 1600 m is -3, -4° C, at 2000 m is -5, -6° C, at 2400 m is -7, -8° C, at 2800 is -10, -11° C. The air temperature analysis show that establishment of the recreation systems are more favorable in 1200-1300 meters height (Əyyubov, Hacıyev, 1989).

Atmospheric precipitation has distributed irregularly depending on the height and slope of research area. The amount of precipitation is 600-800 mm in low mountains and foothills of the eastern part, and increase to more than 900-1000 mm on westward. According to the humidity index, the forest's lowest border begins at 600 m, upper border goes through 2000-2200 m.

Amount of annual atmospheric precipitation in Demiraparanchay basin located at the altitude of 1200-2400 m is 100-1200 mm or more. Seasonal distribution of annual atmospheric precipitation is one of the main factors that influence on recreational tourist activity (Table 1, 2). Main part of the atmospheric precipitation is falling at the end of autumn, winter and the beginning of spring. In autumn and winter months falling precipitation come on form of rain, in areas higher than 1500 m there observed snow (Əyyubov, Hacıyev, 1989).

Depending on hypsometry and slopes of exposition covered by snow, number of these days is 78-210, an average cover thickness of snow for 10 days is 50-100 cm.

In research area, on the heights of 1200-2800 m in mountains, different types of forest and meadow landscapes are expanded. Meadow mountain landscapes are spread in heights of 3000-3200 m above the forest zones (Figure 2). The main part of the meadow landscapes are situated in Rustov plateau. The spread areas of the meadow landscapes are widely used for the cattle breeding, because of lower mountain inclines. In this zone steep mountain slopes relatively developed.

Table 1

Estimation of climate indicators of landscape zones in Filfilichay-Girdimanchay area

Landscape zone	The solar radiation, Kkal/cm^2	Number of sunny days	Number of days of precipitation, mm	The average daily temperature total higher of 0°C over the number of days	The average temperature in July, °C	The average temperature in January, °C	Which is lower than the 0°C length of the period, days	Absolute max. temperature higher 35°C - the number of days	The degree of accessibility for tourism, with point scale
Foothill's forest and forest-shrubs	120-125	330-350	400-600	300-330	24-26	1; 2	40 -55	5-10	V
Low upland's forests	125-130	340-350	600-1000	250-300	22-24	0; 1	60-75	5 and less than	V
Average upland's forests	130-135	280-320	1000-1200	200-250	20-22	0; -2,5	80-120	-	IV
Subalpine meadows	135-140	240-280	1200-1400	200-150	15-20	-2,5; -5	130-145	-	III
Alpine meadows	140-145	200-240	1000-1200	130-100	10-15	-5; -10	150-170	-	II
Subnival	145-150	150-200	600-800	80-50	5-10	-10; -12	180-200	-	I
Nival-rocky	150 and more than	100 and less than	600 and less than	50 and less than	5 and less than	-12	200 and more than	-	I

Table 2

Assessment of snow cover on landscape zones in Filfilichay-Girdimanchay area

Landscape zone	The maximum thickness of snow cover during of the year for the ten-days, with cm	Beginning the snow cover (date)	The days of total with snow cover, days	Melting of snow cover dates
Foothill's forest and forest-shrubs	10-20	21 December	20-40	13. III
Low upland's forests	30-45	11 December	50-80	22. III
Average upland's forests	60-80	30 November	100-130	1. IV
Subalpine meadows	80-90	20 November	140-160	20. IV
Alpine meadows	90-100	31 October	160-180	15. V
Subnival	100-130	9 October	190-200	25. V
Nival-rocky	160 and more than	27 September	220 and more than	13. VI and late

The bottom border of the mountain meadow landscape of the South Slope of the Greater Caucasus are in heights of 2000-2200 m, in the north-eastern slope of the Gusar region borders fall down to the height of 1800-1600 m. Downward progression here is associated with the lack of heat.

In Demiraparanchay basin and in surrounding areas mountain forest landscape types are more spread. Forest landscape mountain zone has evolved in altitudes of 700-2200 m and used more than the other natural complexes.

In low and middle mountains forest zone of surfaces inclinations are 5-15°, sometimes 25-30°, in river's network is 0,40-0,80 km/km^2, the intensity of surface flow is 0,5-1 mm per year (Будагов, 1988).

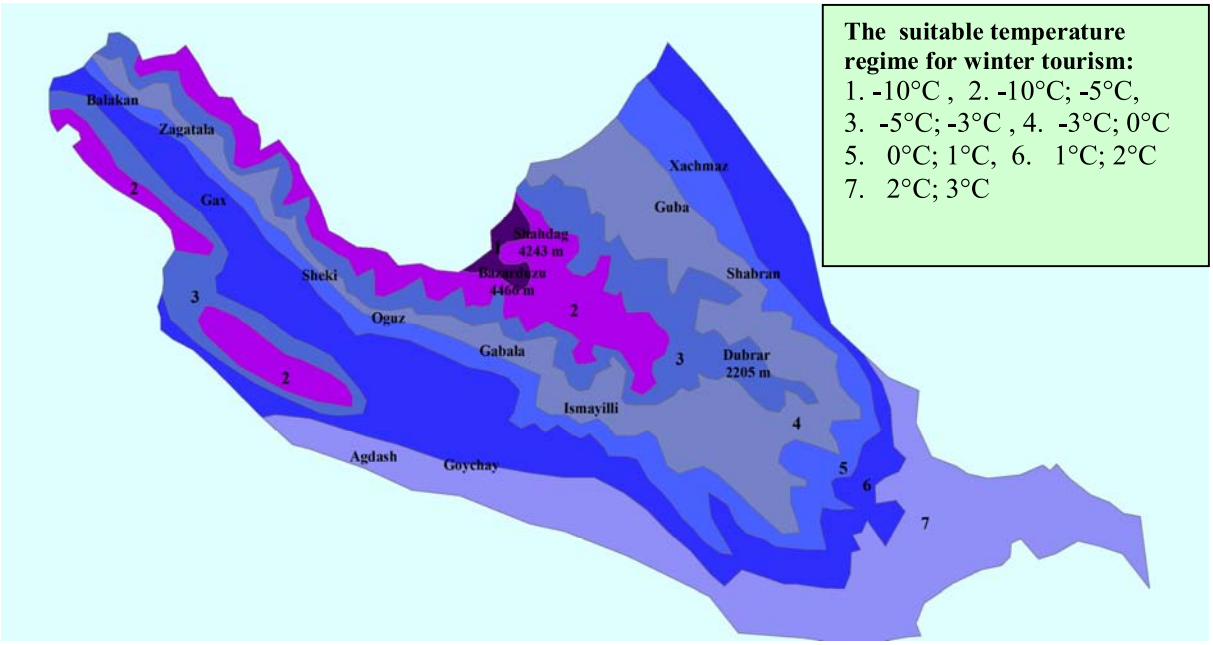
The Duruca village is located along Duruca River, which is right inflow of Demiraparanchay River. Attractive nature, ecological diversity of the natural landscape, density of a forest cover and favorable geographical position of the mentioned areas give great opportunities for setting up tourism and recreation complexes here.

During estimation of recreation potential of the areas, the following criteria goes into consideration: relief of the area (relative height, incline, degree of decomposition of the area, watershed and river profile and so on), area's climate indicators, richness and species of vegetation, water resources, natural landscape diversity, anthropogenic changes within the area and possibilities of creation of transport infrastructures for the area (Тарасова, 2000).

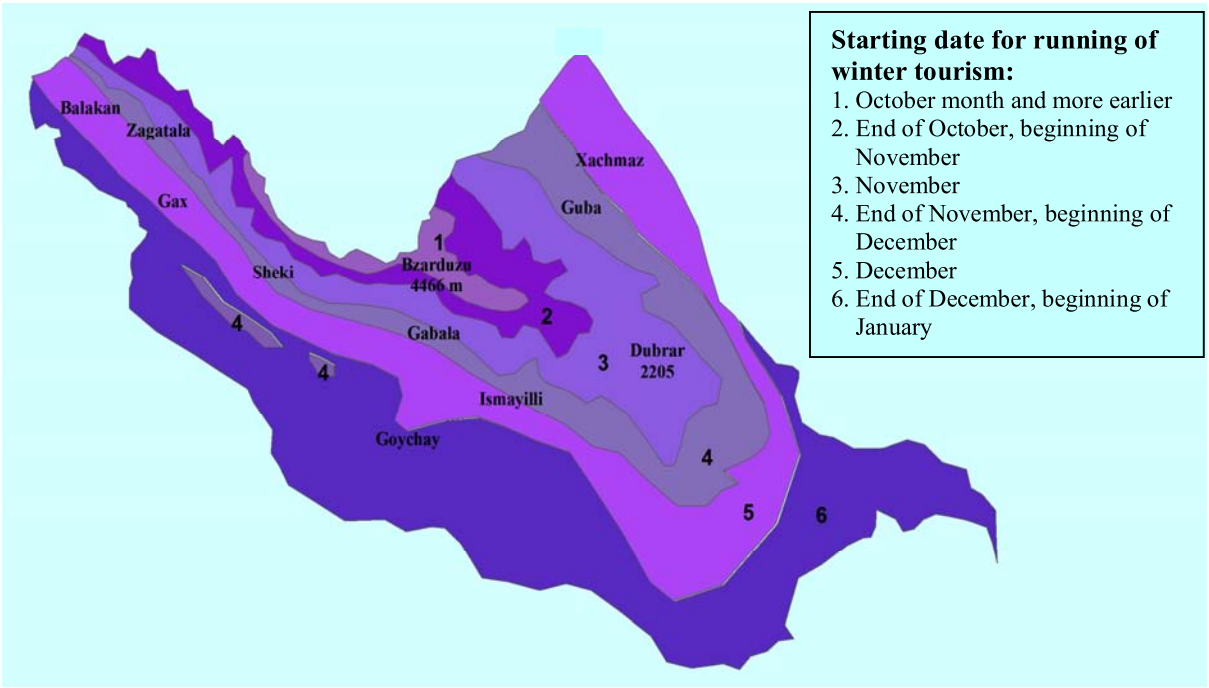
In this paper, we presented some climate indicators for an accurate assessment of the recreational potential for Demiraparanchay basin and surrounding areas, based on the information gathered in GIS (Scheme 1, 2). In addition, for the first time, the modern landscape map of research area has been gridded in a large-scale (M 1:100 000) (Goldberg, Karam, 1984).

Our field studies and climate data analysis in Demiraparanchay basin and surrounding areas show that this area is very suitable for winter and summer recreation-tourism development. A big complex that is under construction in Demiraparanchay river basin is the proof of existence for winter and summer tourism opportunities. The “Tufan” winter and summer tourism complex is situated on the awesome landscape zone and setting up in rich landscape areas at an altitude of 1828 m.

As a result of our analysis, it is evident that there exist snow covers in this area from November to the end of February. The climate is fully compatible for ski tourism. However there are also big opportunities for summer tourism. So that, land cover, colorful landscape, cool summer climate, rich plant species, development of national handicraft, inherited around the territory, existence of the historical monuments of different cultures (Gabala tower, Sheyx Badraddin sepulcher, Sheyx Mahammad sepulcher, Alban church) give the opportunities for development of ecological tourism, rural tourism, adventure tourism, etc.



Scheme 1. The average temperature distribution in January



Scheme 2. Dates of beginning of winter tourism

For the purpose of reduction of mountainous geosystems' degradation level, along with mitigation of the negative influences coming from anthropogenic activity and to prevent overweight of the landscapes we analyzed the sustainability of the landscapes from anthropogenic changes, and for the area that are subject for the recreation development we have plotted 1:100 000 scale maps of landscapes and recreation potential along with map of soils use on the basis of field works data and using GIS based pictures from several satellites (Landsat 7 ETM+, SPOT 1-4, OrbView-3 and others). In conclusion, it is outlined to compile a landscape planning program where the complex measures for this area will be highlighted (Figure 2).

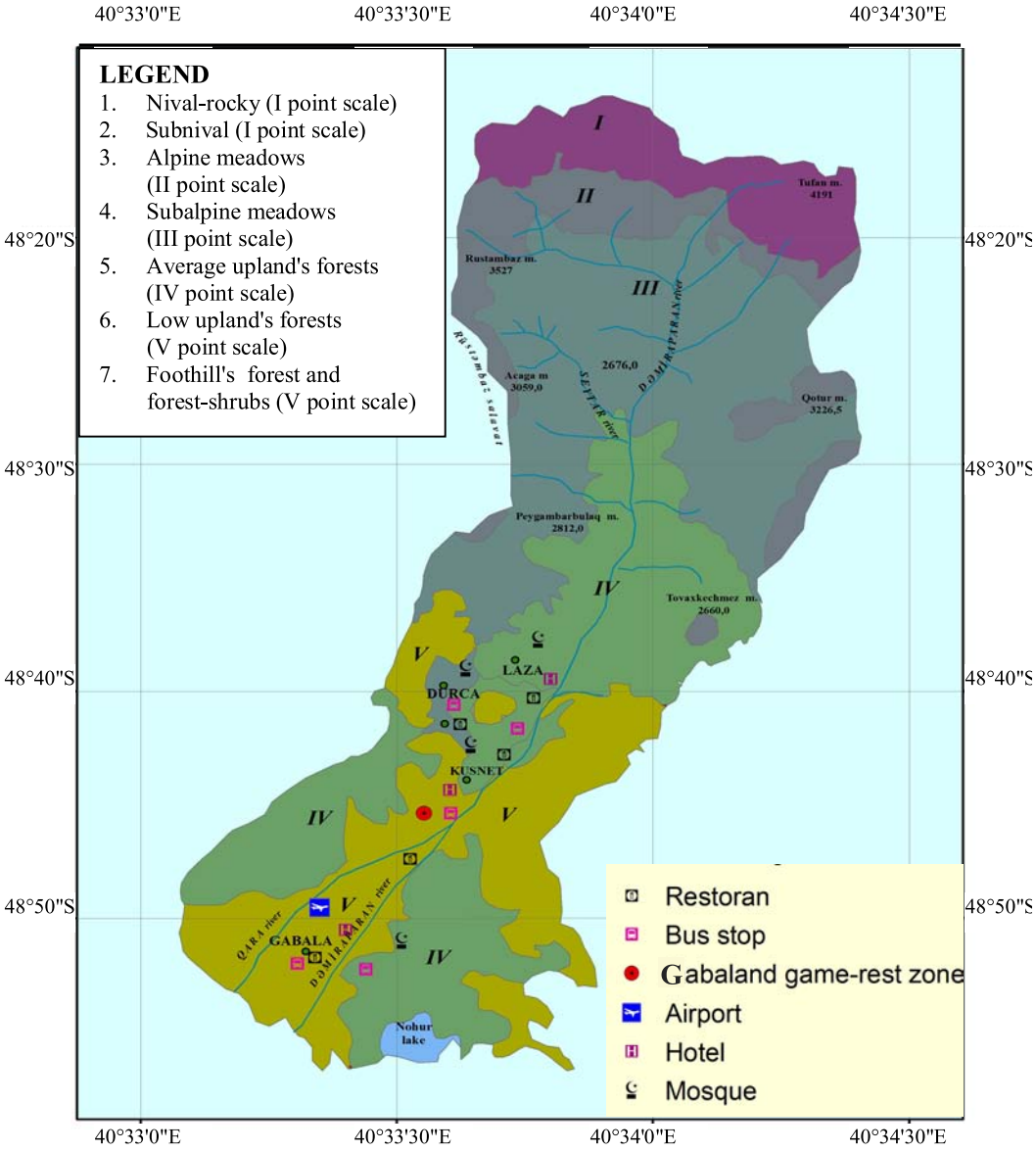


Figure 2. Map of estimation of recreation potential and tuorism opportunities of the Demiraparanchay river basin landscapes according to landscape zones (M 1: 100 000)
I – very favorable, II – as favorable, III – as middle favorable, IV – as less favorable, V – as very small favorable

Conclusions

– the modern morphological properties, recent tectonic movements, interactions of exo-dynamic processes of relief of research area were studied and their relation to origination of new morphological units within landscape zones at the height have been analyzed;
– for the first time we compounded temperature distribution and snow cover existence scheme-maps for January in GIS environment and we estimated starting and ending dates for winter tourism depending on height;
– Demiraparanchay basin and surrounding areas' have wide tourism and recreation potential, as a result of the expansion of tourist centers in this area, anthropogenic influence loading increased and intensive cut-off of the forest areas resulted in landslide development here;
– for the first time, for the purpose of reduction of the landscapes degradation level in Demiraparanchay basin and in surrounding areas, along with mitigation of the negative influences coming from anthropogenic activity and to prevent overweight of the landscapes we analyzed the sustainability of the landscapes from anthropogenic changes, and

for the area that are subject for the recreation development we have plotted 1:100 000 scale maps of landscape zones and map of recreation potential, along with map of soils in use on the basis of field works data and using GIS based pictures from several satellites (Landsat 7 ETM+, SPOT 1-4, OrbView-3 and others) (Figure 2);

– taking into account the area wide range of tourism opportunities, was built ski in the winter and summer tourism complex, for the first time activities of devastating natural events for human life (floods, landslides, etc.) was assessed on environmental risks and hazards in landscape zones.

REFERENCES

ANTIPOV, A.N., SEMENOV, Yu.M. 2005. Russian school of landscape planning. *Annals of Agrarian Science,* 3, 2.

GOLDBERG, M., AI VO, M., KARAM, G. 1984. The analysis of Landsat imagery using an expert system: forestry applications. *Proc. Auto Carto,* 6, 493-503.

ƏYYUBOV, Ə.C. HACIYEV, G.Y. 1989. Kurort mənimsənilməsi məqsədilə Azərbaycan ərazisinin iqlim şəraiti və ehtiyatları. AMEA Coğrafiya institutunun fondu.

БУДАГОВ, Б.А. 1988. Современные естественные ландшафты Азербайджанской ССР. Элм. Баку. 134 с.

БУДАГОВ, Б.А., САФАРОВ, С.Г. 2008. Селевые явления на южном склоне Большого Кавказа и гидрометеорологические факторы их формирования. *Известия РАН, серия географическая*, 2, 116-121.

ГАМИДОВА, З.А. 2011. Оценка морфодинамической напряженности рельефа селеопасных территорий (на примере южного склона Большого Кавказа). Автореф. дис. … док. филос. наук. Баку.

МАМЕДАЛИЗАДЕ, М.О. 1986. О роли обвальных материалов в формировании селей на южном склоне Большого Кавказа (междуречье Мухахчай и Фильфиличай). *Материалы XIV научной конференции молодых ученых института географии АН Азерб. ССР,* 14-17.

ТАРАСОВА, О.Ю. 2000. Экологическая экспертиза рекреационной зоны – на примере парка культуры и отдыха им. А.С. Пушкина. В межвуз. сб. науч. тр.: *Естественно-технические исследования: теория, методы, практика*, 1, Саранск, 77-79.

Reviewer: doctor of Geographical Sciences A.R Medeu, doctor of Geographical Sciences R.V.Plokhikh

© Р.М.Мамедов, З.И.Татлыева, 2014

УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ШТОРМОВ РАЗЛИЧНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ И ВЫСОТЫ ВОЛНЫ В АБШЕРОНСКОМ МОРСКОМ РАЙОНЕ

Р.М.Мамедов, З.И.Татлыева

Институт географии им. акад. Г.А.Алиева НАНА
AZ1143, Баку, просп. Г.Джавида, 115

В статье рассматриваются атмосферные процессы, развитие которых в одних случаях приводит к установлению в Абшеронском морском районе жестоких штормов с высотой волны до 6 и более метров, а в других – сравнительно ограниченной по силе и территории распространения штормовой деятельности с высотой волны менее 3-5 метров.

Введение. Штормы, наблюдаемые в Абшеронском морском районе, не являются чисто местными. Нередки случаи, когда на море во время штормов ветры значительных скоростей охватывают всю акваторию Каспийского моря, что особенно благоприятствует развитию крупных ветровых волн.

Постановка задачи. В данной работе предпринята попытка проведения анализа синоптических условий установления в Абшеронском морском районе штормовой деятельности различной интенсивности, обуславливающих в этом районе различный волновой режим.

Методика исследований. Выделяют пять типов синоптических процессов применительно к условиям погоды Каспийского моря (Терзиев и др., 1992). Нами подвергнуты анализу все штормы, во время которых в Абшеронском морском районе наблюдались в одном случае волны высотой порядка 2-3 м, а в другом достигали 6 м и более. По синоптическому признаку каждая из категорий штормов была подразделена на четыре группы.

К первой группе штормов отнесены все те, которые были связаны с воздействием на погоду южных широт Европы, Кавказа и Каспийского моря азорского максимума или циклонов, перемещающихся из Западной и Южной Европы на Украину и Северный Кавказ; ко второй – полярных антициклонов; к третьей – южно-каспийских, а к четвертой – среднекаспийских циклонов.

Обсуждение полученных результатов. Воздействия азорских антициклонов в каждом конкретном случае могут обусловить на Каспийском море штормы не только различной интенсивности, но и различного направления – северо-западного или юго-восточного. Для этой группы синоптических процессов, с которой связаны северо-западные и северные штормы в районе Абшерона, характерным в развитии процессов в предштормовой период является, с одной стороны, активизация циклонической деятельности над югом Европейской территории бывшего Советского Союза (ЕТС), Северным Кавказом и Каспийским морем, а с другой стороны – распространение азорских антициклонов через Западную Европу на Балканы и Черное море. В дальнейшем гребень антициклона перед установлением штормовой деятельности в районе Баку-Абшерон начинает быстро распространяться на Северный Кавказ и Каспийское море.

Что же касается юго-восточных штормов, то они устанавливаются после перемещения антициклонов азорского происхождения на Западный Казахстан и Среднюю Азию. Одновременно над районами, расположенными к северо-западу от Кавказа, отмечается заметное оживление циклонической деятельности, сопровождающееся распространением ложбины низкого давления на Северный Кавказ и Средний Каспий. Однако следует отметить, что сильные и штормовые юго-восточные ветры в Абшеронском морском районе – явление сравнительно редкое и не отличается ни большой интенсивностью, ни большой продолжительностью действия.

Процессы этого типа встречаются во все сезоны года. Сильные северные и северо-западные ветры, достигающие 25 м/с и более, возникают сначала на западном побережье Среднего Каспия. На восточном побережье штормы могут также достигать таких значений, но значительно чаще сюда они приходят несколько ослабленными.

Вероятность штормов северных направлений силой 25 м/с и более на западном побережье составляет 14%, на восточном – вдвое меньше.

Группа полярных воздействий отличается от предшествующей тем, что перемещение барических образований над Европой осуществляется либо с северо-запада на юго-восток, либо почти строго с севера на юг. Штормовая деятельность района Баку-Абшерон, как правило, при такой группе синоптических процессов связана со смещением в предштормовой период мощных антициклонов с бассейна Ледовитого океана в центральные и южные районы ЕТС.

При полярных воздействиях в тропосфере также устанавливается перенос воздушных масс с севера на юг.

При воздействии полярных антициклонов синоптические процессы могут протекать активно, а следовательно, и штормовая деятельность может достигать большой интенсивности, и малоактивно. Однако количество малоактивных процессов группы полярных воздействий небольшое.

Процессы этого типа преобладают осенью и зимой. На западном побережье Среднего Каспия ветер усиливается до 28 м/с. Сильные северо-западные ветры на западном побережье в 51% случаев продолжаются менее суток, в 15% – более двух суток и в 34% – от 25 до 48 часов. На восточном побережье наиболее часты штормы продолжительностью 12-24 часа (62%), а вероятность штормов продолжительностью более двух суток составляет 7% (Кошинский, 1975).

В период активизации циклонической деятельности над районами Южного Каспия, так же как и при полярных воздействиях, в Абшеронском морском районе обычно наблюдаются штормы северо-восточные и северные. Наиболее сильные ветры северо-восточного направления наблюдаются главным образом над открытой частью моря Южного Каспия. Интенсивность штормовой деятельности к северу заметно убывает. Однако при ярко выраженных синоптических процессах штормовая деятельность может достигать силы жестокого шторма и охватывать почти все районы Каспийского моря. Именно при данной группе процессов, если они достигают большой активности, в Абшеронском морском районе наблюдаются волны исключительно больших размеров.

В большинстве случаев процессы активной циклонической деятельности над Закавказьем и Южным Каспием отмечаются после прорыва холодных воздушных масс с бассейна Ледовитого океана в центральные районы ЕТС.

При данной группе атмосферных процессов в приземном слое в предштормовой период над Южным Каспием и Закавказьем отмечается более или менее активная циклоническая деятельность. Выходы циклона на юг Каспия наблюдаются в любое время года, но чаще (58%) – в холодный период.

При активизации циклона над районами Среднего Каспия в Абшеронском морском районе отмечаются кратковременные усиления южных и юго-западных ветров до сильных и штормовых. В образовании указанного циклона существенную роль играет также орография.

Наиболее благоприятными условиями в развитии тропосферных процессов в период, предшествующий образованию хорошо выраженного среднекаспийского циклона, являются: наличие над южными широтами Европы высотной фронтальной зоны с большими барическими градиентами в средней тропосфере; резкое преобразование высотного барического поля в период активизации циклонической деятельности над Каспийским морем.

Во многом сходны процессы преобразования высотного барического поля в период, предшествующий образованию слабо выраженного частного циклона над Средним Каспием.

Кроме того, главным отличием развития атмосферных процессов над южными широтами в период установления жестоких штормов в Абшеронском морском районе от тех, при которых в указанном районе наблюдаются штормы заметно меньшей силы, являются интенсивность преобразования барического поля над югом и мощность холодных вторжений в пределы Украины, Черного моря, Кавказа и Каспийского моря. Чем мощнее такие вторжения, тем обычно интенсивнее на Каспийском море штормовая деятельность северных ветров. В период, предшествующий установлению в Абшеронском морском районе жестоких штормов, похолодания в тропосфере над южными широтами по интенсивности в два раза превышают интенсивность похолоданий при обычных штормах (Мамедов и др., 2009).

Заключение. Таким образом, вероятность установления штормовой деятельности в районе Баку-Абшерон, при которой максимальные высоты волн достигают 6 и более метров, находится в прямой зависимости от условий развития атмосферных процессов, а также от интенсивности процессов перераспределения различных по термическому режиму воздушных масс над южными широтами Евразии (см. таблицу).

Повторяемость типов атмосферных процессов, полей ветра северных направлений и высот волн (по Azərbaycan Respublikası ərazisində …, 2011)

Типы атмосферных процессов	Азорский максимум и западные циклоны	Полярные антициклоны	Южно-каспийские циклоны	Средне-каспийские циклоны
Повторяемость, %	28	27	30	15
Интенсивность штормов:				
жестокие	14	27		
сильные	12	46	21	15
умеренные	51	15	50	55
слабые	23	12	29	30
Высоты волн:				
2-3 м	62	14	11	10
6 м и более	38	37	19	6

ЛИТЕРАТУРА

КОШИНСКИЙ, С.Д. 1975. Режимные характеристики сильных ветров на морях Советского Союза. I ч. – Каспийское море. Гидрометеоиздат. Ленинград.

МАМЕДОВ, Р.М., ТАТЛЫЕВА, З.И., АХМЕДОВ, Н.И. 2009. Особенности развития жестоких штормов в акватории Абшеронского района Каспийского моря. *Изв.НАН Азербайджана. Науки о Земле,* 2, 54-58.

ТЕРЗИЕВ Ф.С. и др. (под ред.). 1992. Гидрометеорология и гидрохимия морей. Том VI – Каспийское море. Выпуск 1 – Гидрометеорологические условия. Гидрометеоиздат. Санкт-Петербург.

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI ƏRAZİSİNDƏ HİDROMETEOROJİ ŞƏRAİT VƏ TƏHLÜKƏLİ HİDROMETEOROLOJİ HADİSƏLƏR (2000-2010 illər). 2011. Azərbaycan Respublikası ekologiya və təbii sərvətlər nazirliyi milli hidrometeorologiya departamenti hidrometeorologiya elmi-tədqiqat institutu. Bakı.

Рецензент: д.г.н. А.С.Мамедов