

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования «Тверской государственный университет»

Институт экологии Академии наук Абхазии

Каракалпакский научно-исследовательский институт естественных наук
Каракалпакского отделения Академии наук Республики Узбекистан

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова Российской академии наук

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Геофизический центр Российской академии наук

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»

Управление по охране окружающей среды и природным ресурсам
Республики Адыгея

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования «Майкопский государственный технологический университет»

ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ГЕОЛОГИИ, ГЕОФИЗИКИ И ГЕОЭКОЛОГИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

МАТЕРИАЛЫ
IV Международной научно-практической конференции

Часть 1

Майкоп
15 – 18 мая 2017 г.

УДК [551+550.83+574]: 004: 061.3 (470.621)

ББК 20.1

П-75

Редакционная коллегия:

Куижева С.К. – канд. физ.-мат. наук, доцент

Овсянникова Т.А. – д-р филос. наук, профессор

Беданок М.К. – д-р экон. наук, профессор

Дёмина Т.И. - канд. физ.-мат. наук, доцент

Шевякова О.П. - канд. физ.-мат. наук, доцент

П-75 ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ГЕОЛОГИИ, ГЕОФИЗИКИ И ГЕОЭКОЛОГИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ. Материалы IV Международной научно-практической конференции. Часть 1. – Майкоп: Изд-во «ИП Кучеренко В.О.», 2017. – 258 с.
ISBN 978-5-906696-84-7
ISBN 978-5-906696-85-4 – Ч.1

В сборнике представлены материалы участников научно-практической конференции «Прикладные аспекты геологии, геофизики и геоэкологии с использованием современных информационных технологий», организованной на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Майкопский государственный технологический университет» совместно с федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Тверской государственный университет», Институтом экологии Академии наук Абхазии и Каракалпакским научно-исследовательским институтом естественных наук Каракалпакского отделения Академии наук Республики Узбекистан при поддержке ФГБУН Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова Российской академии наук, ФГБУН Геофизический центр Российской академии наук и ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» при участии Управления по охране окружающей среды и природным ресурсам Республики Адыгея, проведённой в г. Майкопе 15 – 18 мая 2017 г.

УДК [551+550.83+574]: 004: 061.3 (470.621)

ББК 20.1



© ФГБОУ ВО «МГТУ», 2017

СОДЕРЖАНИЕ

Akhmatov Z.A., Khokonov A.Kh., Kumukova F.I., Kirzhinova R.A. SIMULATION OF HYDROGEN STORAGE IN GRAPHITE-POTASSIUM INTERCALATION COMPOUNDS	6
Oscar L. Cruz-González, J. A. Otero, R. Rodríguez-Ramos, R. Guinovart-Díaz, J. Bravo-Castillero COMPUTATION OF THE EFFECTIVE PROPERTIES OF VISCOELASTIC COMPOSITE MATERIALS.....	10
Karimova S. MULTISENSOR AND MULTITEMPORAL SATELLITE OBSERVATIONS OF SURFACE CIRCULATION IN THE WESTERN MEDITERRANEAN	20
Агаркова-Лях И.В. РАЗВИТИЕ ЭКЗОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ НА БЕРЕГАХ СЕВАСТОПОЛЯ	28
Агаян С.М., Богоутдинов Ш.Р., Добровольский М.Н. КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ В ДМА.....	35
Адлейба Р.Р., Сабекия Т.В. ОБЗОРНАЯ ПЕШЕХОДНАЯ ЭКСКУРСИЯ ПО КУЛЬТУРНО-ИСТОРИЧЕСКИМ ОБЪЕКТАМ Г. СУХУМ	43
Акатов В.В. ВЫРАВНЕННОСТЬ КАК ИНДИКАТОР СОСТОЯНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ	51
Апухтина Е.М. ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ В РЕСПУБЛИКЕ АДЫГЕЯ – ОСНОВА ЭКОЛОГИЧЕСКИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ РЕГИОНА	58
Артамонова А.В. ПРИМЕРЫ РЕЗУЛЬТАТОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ РАЙОНА ЗЕМЛИ ФРАНЦА-ИОСИФА В РАЗЛИЧНЫЕ СЕЗОНЫ	66
Архипкин В.С., Мысленков С.А., Киселева С.В., Столярова Е.В. РАСЧЕТЫ ПОТОКА ВОЛНОВОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ОТДЕЛЬНЫХ ПРИБРЕЖНЫХ РАЙОНОВ ЧЕРНОГО МОРЯ С ОЦЕНКОЙ ВРЕМЕННОЙ И ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ.....	72
Ахматов З.А., Гапгапшев А.М., Романенко В.С., Керэфов К.А., Хоконов А.Х., Кузьминов В.В., Эфендиев К.Т. НИЗКОФОНОВЫЙ МЕТОД ИЗОТОПНЫХ МАРКЕРОВ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНТЕРКАЛЯЦИИ ГРАФИТА АТОМАМИ КАЛИЯ.....	79
Ахсалба А.К., Экба Я.А. ИНДИКАТОРЫ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ В ПРИМОРСКОЙ ЗОНЕ АБХАЗИИ	82
Ахсалба А.К., Экба Я.А., Беданокон М.К., Шевякова О.П., Соловьев Д.М. РЕЖИМ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ И СТЕПЕНЬ ИХ ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ В ПРИМОРСКОЙ ЗОНЕ АБХАЗИИ	89
Бабейко А.Ю. СИСТЕМЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ОБ УГРОЗЕ ЦУНАМИ: СОСТОЯНИЕ ДЕЛ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ РАЗРАБОТКИ	97
Батуева Э.М. МИКРОФЛОРА ОЗЕРА ГУСИНОЕ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АКВАТОРИИ.....	106

Бахова Н.И. ИНФОРМАЦИОННАЯ НИША ЖИВОЙ СИСТЕМЫ И ЕЕ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ	111
Белов С.Ю. МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПО ДИСТАНЦИОННОМУ ЗОНДИРОВАНИЮ АТМОСФЕРЫ И “ШЕРОХОВАТОЙ” ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ В КРОТКОВОЛНОВОМ ДИАПАЗОНЕ РАДИОВОЛН ДЛЯ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ	118
Берзегова Р.Б., Беданокон М.К., Кожевников В.Н., Гицба Я.В. ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НОВОРОССИЙСКОЙ БОРЫ	128
Бубнова Е.С., Капустина М.В., Кречик В.А. ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЧИВОСТИ ВОД БАЛТИЙСКОГО МОРЯ У БЕРЕГОВ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ ПО ДАННЫМ СТД-ЗОНДИРОВАНИЙ И СПУТНИКОВЫМ АЛЬТИМЕТРИЧЕСКИМ ДАННЫМ	138
Бузько В.Ю., Кашаев Д.В., Чуйко Г.Ю. МНОГОКЛЕТОЧНЫЕ ВОДОРОСЛИ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ В КАЧЕСТВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМОГО ИСТОЧНИКА БИОМИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ	140
Бузько В.Ю., Шамрай И.И., Коротких О.В., Василиади Р.В., Шебзухов А.А. СВОЙСТВА НАНОРАЗМЕРНОГО МАГНЕТИТА, ПОЛУЧАЕМОГО РАСТВОРННЫМИ МЕТОДАМИ	
Бучацкая В.В. ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМОВ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ДАННЫХ	142
Бучацкий П.Ю., Теплоухов С.В. ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ В ЭНЕРГОСИСТЕМЕ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ПОТРЕБИТЕЛЯ	143
Варшанина Т.П., Коробков В.Н., Корецкий В.В., Шехов З.А. СПОСОБ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИСТОРИЧЕСКОЙ ДИНАМИКИ ИЕРАРХИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ПОЛЯ ТЕКТОНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ ТЕРРИТОРИИ	152
Верходанов О.В. ГАРМОНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ НА СФЕРЕ И КОСМОЛОГИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ КОСМИЧЕСКОЙ МИССИИ PLANCK	156
Вижулин К.А. ОЦЕНКА ПРОЦЕССОВ ЗАРАСТАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ КОЛХОЗА «МИР» ТОРЖОКСКОГО РАЙОНА ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ	161
Войтенкова Н.Н. ОБ ОРГАНИЗАЦИИ ПАМЯТНИКА ПРИРОДЫ «КРАСНЫЙ БОР» В ОКРЕСТНОСТЯХ Г. СМОЛЕНСКА	173
Волкова А., Шураев С. ОБ ОСОБЕННОСТЯХ НАЧАЛЬНОГО ЭТАПА КОЛЛАПСА КОНЕЧНОГО ОБЪЕМА ВОДЫ С ОТРИЦАТЕЛЬНОЙ ПЛАВУЧЕСТЬЮ НА СКЛОНЕ ДНА	183
Гицба Я.В., Экба Я.А. ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ВЕЩЕСТВ В УСЬЕВЫХ СТВОРАХ РЕК АБХАЗИИ	187

Гогия А.Р., Ахсалба А.К. ФИЗИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТОМОГРАФИИ	195
Денченкова Е.В. О ПРОЦЕССЕ ФОРМИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КАРКАСА СМОЛЕНСКОЙ ОБЛАСТИ.....	200
Зарандия А.А., Тания И.В. ЭТНОКУЛЬТУРНЫЙ ТУРИЗМ И ПРЕДПОСЫЛКИ ЕГО РАЗВИТИЯ В РЕСПУБЛИКЕ АБХАЗИЯ	205
Захарова Н.Б. ПРОБЛЕМЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ В ЗАДАЧАХ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ МОРСКИХ СРЕД.....	211
Зонн И.С. К ВОПРОСУ О СИСТЕМАХ РАННЕГО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ.....	219
Каплунов И.А., Молчанов В.Я., Колесников А.И., Чижиков А.И., Третьяков С.А., Гречишкин Р.М., Айдинян Н.В., Кутузов Д.С., Иванова П.В., Рыбина С.С. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ АКУСТООПТИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ В ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКЕ	222
Килесо А.В., Бурнашов Е.М. ОРОГРАФИЧЕСКИЕ РИСКИ ДОННОЙ ТОПОГРАФИИ МОРСКИХ БЕРЕГОВ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ.....	228
Киреева Г.В., Рябова М.Ю., Скуднев В.Ю., Бузько В.Ю., Каликинцева Д.А. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ НАНОКОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ НИКЕЛЬ-ЦИНКОВОГО ФЕРРИТА ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД	234
Козловская Ю.В., Лебедев В.В. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ШУМОВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АО «РСК «МИГ» В Г. КАЛЯЗИН.....	235
Кориневич Л.А. РЕЗУЛЬТАТЫ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ 2014-2016 ГГ. ПО ОЦЕНКЕ РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ВОД В ПРЕДЕЛАХ АДЫГЕЙСКОГО ВЫСТУПА И ЗАПАДНОГО БОРТА ВОСТОЧНО-КУБАНСКОЙ ВПАДИНЫ	243
Костарнова Н.К. ВЛИЯНИЕ ПРИРОДЫ НА ДУХОВНОЕ РАЗВИТИЕ ЧЕЛОВЕКА	250

SIMULATION OF HYDROGEN STORAGE IN GRAPHITE-POTASSIUM INTERCALATION COMPOUNDS

¹ Z.A. Akhmatov, ^{1,2} A.Kh. Khokonov, ¹ F.I.Kumukova, ¹R.A. Kirzhinova
akhmatov.z@bk.ru

¹Kabardino-Balkarian State University, Russia, Kabardino-Balkaria, Nalchik
²Institute for Nuclear Research of the Russian Academy of Science

Introduction

Graphite-potassium intercalation compounds GPIC have intercalated layers with a lacunar structure in which it is possible to accumulate large quantities of metallic atoms. The reason is that interlayer distance in GPIC is much larger than in ordinary graphite monocrystal. For an example interlayer distance in GPIC KC₂₄ $d = 5.4\text{\AA}$ [1], whereas in graphite it is 3.35\AA . After the doping of graphite by metal atoms the segregation processes takes place which move impurities from interior volume to the surface. Such processes can be studied by means of Auger electron spectroscopy AES [2] and electron energy loss spectroscopy EELS [3].

Interaction between carbon atoms for sp^2 and sp^3 hybridization

We have full field simulation of GPIC hydrogen capacity for different structures KC_{12s} for temperatures close to the boiling point of nitrogen. Lattice dynamic for GPIC doped by hydrogen-deuterium atoms have been studied in frame of our approach. For interaction between carbon atoms we use Tersoff potential [4] which takes in to account both the bonds orientation and changes in separation atoms each others

$$U_{tot} = \frac{1}{2} \sum_i \sum_{i \neq j} f_{cut}(r_{ij}) [A_{ij} U^{(R)}(r_{ij}) - B_{ij} U^{(A)}(r_{ij})] \quad (1)$$

where

$$f_{cut}(r_{ij}) = \left\{ \begin{array}{l} 1, \quad r_{ij} \leq R - D \\ \frac{1}{2} - \frac{1}{2} \sin \left[\frac{\pi(r_{ij} - R)}{2D} \right], \quad R - D < r_{ij} \leq R + D \\ 0, \quad r_{ij} > R + D \end{array} \right\}$$

here R and D are characteristic distances taken from [1].

$$U^{(R)}(r_{ij}) = A \exp(-\lambda_1 r_{ij})$$

$$U^{(A)}(r_{ij}) = B \exp(-\lambda_2 r_{ij})$$

the first approximation in our calculations is that $A_{ij} = 1$.

The function B_{ij} expressed through small parameter $\beta = 1.57 \times 10^{-7}$ and the angle $\theta_{i\alpha j}$ between $r_{i\alpha}$ and $r_{\alpha j}$ vectors

$$B_{ij} = [1 + \beta^n \zeta_{ij}^n]^{-\frac{1}{2n}}$$

$$\zeta_{ij} = \sum_{k \neq i, j} f_{cut}(r_{ik}) G(\theta_{ijk}) \exp[\lambda_3^3 (r_{ij} - r_{ik})^3]$$

$$G(\theta_{ijk}) = 1 + \frac{c_0^2}{d_0^2} - \frac{c_0^2}{d_0^2 + (h - \cos \theta_{ijk})^2}$$

The second approximation is that $\frac{\partial}{\partial \vec{r}_\alpha} B_{ij} = 0$. Finally, the force acting on α -atom following

$$\vec{F}_\alpha = -\frac{1}{2} \sum_{ij}^N \left[\left(\frac{\partial}{\partial \vec{r}_\alpha} f_{cut}(r_{ij}) \right) U^{(R)}(r_{ij}) A_{ij} + f_{cut}(r_{ij}) \left(\frac{\partial}{\partial \vec{r}_\alpha} U^{(R)}(r_{ij}) \right) A_{ij} \right. \\ \left. - \left(\frac{\partial}{\partial \vec{r}_\alpha} f_{cut}(r_{ij}) \right) U^{(A)}(r_{ij}) B_{ij} - f_{cut}(r_{ij}) \left(\frac{\partial}{\partial \vec{r}_\alpha} U^{(A)}(r_{ij}) \right) B_{ij} \right] \quad (2)$$

Interaction between carbon atoms in different planes

We use the pairwise potentials between hydrogen and carbon atoms so as for carbon-carbon atoms laying indifferent graphite planes in Lennard-Jones (6,12) according to Crowell and Brown [5].

$$v(r, \theta) = v_6(r, \theta) + v_{12}(r) \quad (3)$$

Were the attractive potential was expressed through atomic polarizabilities and the angle θ between the c-axis and a line join appear of noncomplanar c atoms.

$$v_6(r, \theta) = -\left(\frac{E_c}{8}\right) \left[(P_{\parallel} - P_{\perp})^2 - (1 - 3 \cos^2 \theta)^2 + 6 P_{\perp} (P_{\parallel} - P_{\perp}) \cos^2 \theta \right. \\ \left. + 2 P_{\perp} (P_{\parallel} - 2 P_{\perp}) \right] r^{-6} \quad (4)$$

were $E_c = 12 \text{ eV}$ the ratio $P_{\perp} / P_{\parallel} = 3.5$

$$v_{12}(r) = \gamma_R (\sigma_{CC}/r)^{12} \quad (5)$$

For parameter γ_R one can use, were $\sigma_{CC} = 3.43 \text{ \AA}$

$$\gamma_R = \left(\frac{E_c}{8}\right) (4 P_{\parallel}^2 + 2 P_{\perp}^2) \sigma_{CC}^{-6} \quad (6)$$

Interaction between hydrogen or metallic atoms with carbon atoms

For the interaction between a spherical molecular and oriented carbon atom laying in graphite plane the attractive potential.

$$v_6(r, \theta) = -\frac{E_H E_C P_H}{4(E_H + E_C)} \left[3 (P_{\parallel} - P_{\perp}) \cos^2 \theta + (P_{\parallel} + 5 P_{\perp}) \right] r^{-6} \quad (7)$$

Here and bellow we denote by the same sub index H the hydrogen or metallic atom. The repulsive potential expressed as

$$v_{12}(r) = \gamma_R (\sigma_{CH}/r)^{12}$$

with

$$\gamma_R = E_H E_C P_H P_{\parallel} \left[(1 + P_{\perp} / 2 P_{\parallel}) / (E_H + E_C) \right] \sigma_{CH}^{-6} \quad (8)$$

For hydrogen-carbon interaction we have

$$\sigma_{CH} = \frac{1}{2} (\sigma_{CC} + \sigma_{HH}) = 3.25 \text{ \AA}$$

$$P_{\parallel} = 0.57 \text{ \AA}^3$$

$$E_{\parallel} = E_{\perp} = E_C = 12 \text{ eV}$$

$$\sigma_{HH} = 3.075 \text{ \AA}$$

$$E_H = 20.1 \text{ eV}$$

$$P_H = 0.81 \text{ \AA}^3$$

The results of graphite intercalation by potassium and hydrogen atoms

We considered potassium atom interaction with carbon of graphite lattice by the same way.

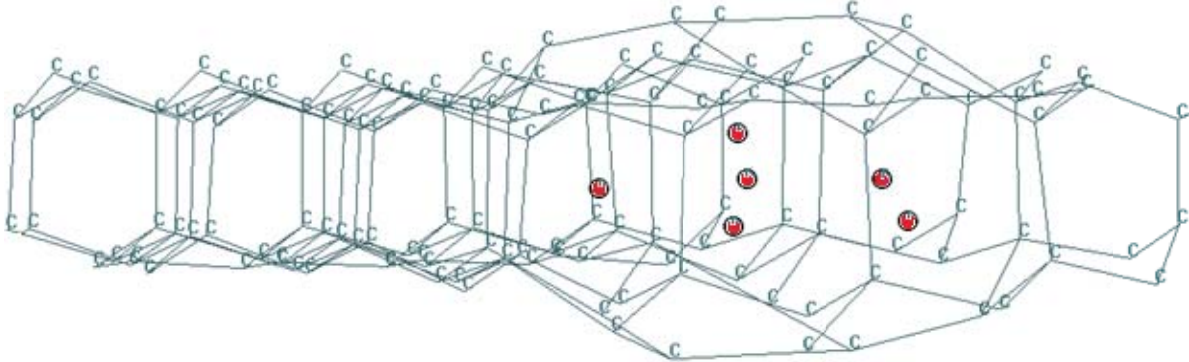


Fig.1 Expansion of double layer graphene like structure due to presence of potassium atoms.

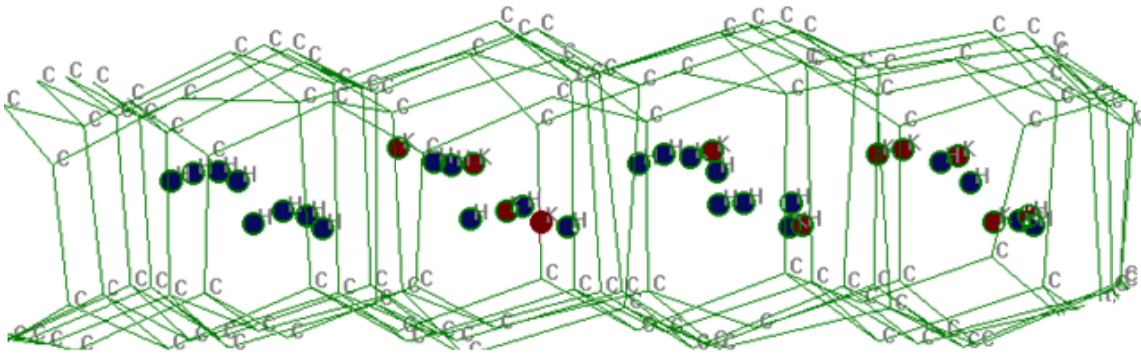


Fig.2 Hydrogen atoms doped in potassium intercalated double layer graphene like structure.

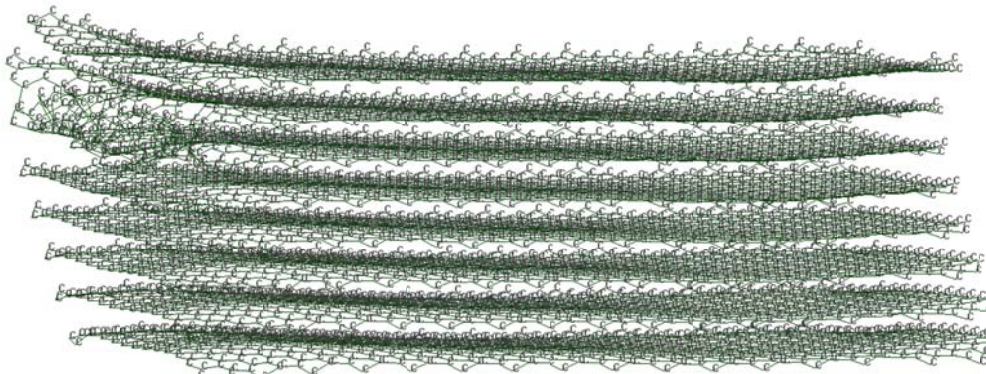


Fig.3 Simulation by HyperChem of graphite eight layers slab.

With temperature increase from 300 K up to 1000 K the diffusion processes for impurity atoms activates [6]. However, the our simulation gives that in this temperature interval potassium atoms do not penetrate through the first graphene plane as shown on Fig. 4a. As it was shown by means of thermodesorbition method (Tantegode et al. [7]) potassium atoms can penetrate through graphene plane at temperatures higher then $T > 2000 \text{ K}$. We made the high temperature simulation of

the interaction between potassium atomic gas with the graphene plane which divided the volume on two separate parts.

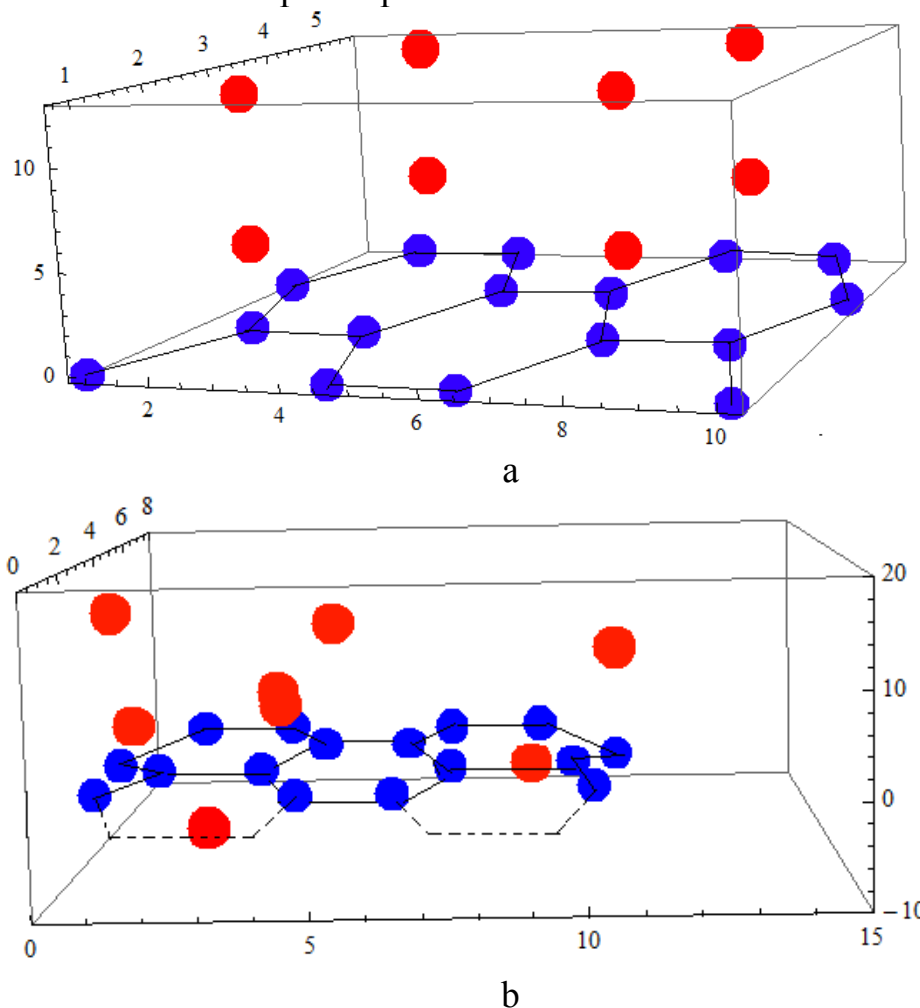


Fig. 4 Potassium atoms penetration through the graphene plane with temperature growth from 100 to 1000 K. Initial - a and final -b configuration are shown.

Our simulation shows that the potassium atoms start to intersect the graphene plane at temperature $T = 1650$ K as shown on Fig. 4b.

This work was supported in part by the Russian Foundation for Basic Research (Grant No. 16-29-13011 obi_i).

References

1. Justin Purewal, J. Brandon Keith, Channing C. Ahn, Craig M. Brown, Madhusudan Tyagi et al. Hydrogen diffusion in potassium intercalated graphite studied by quasielastic neutron scattering. *J. Chem. Phys.* V.137, 224704 (2012).
2. Sergeev I.N., Kумыков V.K. A study of sulfur diffusion in polycrystalline copper by the method of electron Auger spectroscopy. *Izvestiya vyschikh uchebnykh zavedeniy. Materialy elektronnoy tekhniki.* 2008. № 2. p. 68-73.
3. Sergeev I.N., Shebzukhov A.A. Study by method of electron energy loss spectroscopy of the surface of singular facets of a solid solution Cu-6 at. % Ge. *Izvestiya vyschikh uchebnykh zavedeniy. Severo-Kavkazskiy region. Seriya: Estestvennye nauki.* 2006. № S2. p.78-83.
4. J. Tersoff. Empirical interatomic potential for carbon, with applications to amorphous carbon. *Phys. Rev. Lett.* V. 61, № 25.
5. Crowell A.D., Brown J.S. Laterally averaged interaction potentials for $^1\text{H}_2$ and $^2\text{H}_2$ on the (0001) graphite surface. *Surf. Sci.* V.123, 1982, p.296.

6. Sergeev I.N., Koumykov V.K., Sozaev V.A. Influence of temperature and electron irradiation on the surface composition of a silicate semiconducting glaze. *Journal of Surface Investigation: X-Ray, Synchrotron and Neutron Techniques*. 2013. V.7, № 6, p.1063-1066.

7. Tontegode A.Ya., Rut'kov E.V. Intercalation by atoms of a two-dimensional graphite film on a metal. *Physics-Uspekhi*, V. 36, № 11.

COMPUTATION OF THE EFFECTIVE PROPERTIES OF VISCOELASTIC COMPOSITE MATERIALS.

^aOscar L. Cruz-González, ^bJ. A. Otero, ^cR. Rodríguez-Ramos, ^cR. Guinovart-Díaz, ^cJ. Bravo-Castillero

reinaldo@matcom.uh.cu

^a *Facultad de Ciencias Técnicas, Departamento de Matemática, Universidad de Matanzas, Varadero road, Km. 2 1/2, Matanzas, Cuba*

^b *Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey CEM, Atizapán de Zaragoza, EM CP 52926, México*

^c *Facultad de Matemática y Computación, Universidad de la Habana, Cuba*

Abstract

In this paper, the use of Asymptotic Homogenization Method (AHM) is proposed to solve partial differential equations that describe the behavior of some viscoelastic heterogeneous materials. The mathematical statement of the problem is formulated and a brief theoretical description of the AHM is exposed. Analytical expressions of the effective properties for heterogeneous viscoelastic materials, using the Laplace Transform and its inverse, are reported. Various viscoelastic kernels are considered, including Rabotnov's kernel, to describe the behavior of laminate viscoelastic composites. Finally, numerical results are obtained to validate the use of the method.

Keywords: Asymptotic Homogenization Method; viscoelastic materials; effective coefficient; Laplace Transform; Rabotnov's kernel.

I. Motivations

Unidirectional fiber polymer composites show evidence of significant viscoelastic properties under shear and the last (ones) in turn induce viscoelastic properties of layered laminates. The most common approach to description of long term loading is in use of constitutive hereditary equations (see [1], [2], [7], [8] and [10]) or relationships following from them (see [5], [3] and [9]). Engineering practice is confined by creep, creep and recovery or constant rate tests of crossply composites to define viscoelastic properties.

It is of value to choose of suitable approximating function that is a kernel of hereditary equation. For the most part these are power-law (see [9], [11], [5] and [3]) or exponential creep (see [8], [9] and [10]) relations. To improve data approximation in [9] linear combination of power-law and exponential functions was used. Rabotnov's fraction exponential function [1] possesses properties of power-law (shorter time) and exponential (longer time) functions. Nonlinear viscoelastic behavior is generally represented as the extension of linear models (see [1], [2], [7] and [10]), taking into account some irreversible effects. Of great importance is interrelation of creep and relaxation properties (see [1], [2], [6] and

[7]). From analytical point of view, interrelation of viscoelastic properties implies inverse of the constitutive equations or establishing interrelation between creep and relaxation functions. The procedure of the constitutive equations inverse can be established by means of Laplace transform or resolvent operator. This study in terms of resolvent operator properties was intended to obtain an efficient approach of establishing interrelation between the constitutive equations describing the viscoelastic properties of layered laminates.

Today is extended increasingly the utilization of differential equations in the study and model of natural phenomena and technological processes, particularly through conservation laws, as a general principle for building models. The inability to obtain exact solutions in the equations that describe various phenomena of physics, biology, the economy and other sciences, has led to the need to search methods of approximate solution to their solutions.

Perturbation theory is responsible of providing these methods of construction of approximate solutions for families of problems in differential equations, which have certain characteristics as very small parameters and rapidly oscillating parameters and which would generate a very high computational cost if they were resolved by computational methods. The methods can be appreciated in the theoretical design of composite materials, looking for effective properties without their manufacture; this causes a considerable saving of time and materials. Homogenization methods are of the more used for its effectiveness. Such techniques have important applications in the analysis of physical and mechanical problems of compounds, or in dispersed porous media, among others.

In this work, the use of Asymptotic Homogenization Method in double scale is proposed for solving partial differential equations that describe the behavior of some viscoelastic heterogeneous materials. The work consists of several sections. In Section II the viscoelastic problem for a heterogeneous bar is exposed and the general expressions of the solution and its theoretical justifications are given. In Section III examples of two layer viscoelastic materials (see [14], [16] and [17]) and the analysis to obtain analytically their effective coefficients are discussed. The numerical results and the most significant aspects are provided.

II. Mathematical model. Asymptotic homogenization method

A viscoelastic bar of length L is considered, subjected to the action of a volumetric force $f(x)$. The operator $\hat{r}(\bullet)$ is a viscoelastic operator. The aim is to find the displacement function $u(x,t)$ solution of the following static problem,

$$(\Theta) \begin{cases} Pu(x,t) = f(x) \\ u(x,t)|_{x=0} = u^0, \quad \forall t \in \mathbf{R} \\ u(x,t)|_{x=L} = u^L, \quad \forall t \in \mathbf{R} \\ u(x,t)|_{t=0} = 0, \quad \forall x \in [0, L] \end{cases}$$

where the operators involved are defined as follow

$$P(\bullet) := \frac{\partial}{\partial x} \left(\hat{r}(x,t) \frac{\partial(\bullet)}{\partial x} \right), \quad \hat{r}(x,t)(\bullet) := \int_0^t r(x,t-\tau) \frac{\partial(\bullet)}{\partial \tau} d\tau.$$

The operator \hat{r} in terms of the displacement, is rewritten

$$\hat{r}(x, t) \left(\frac{\partial u(x, t)}{\partial x} \right) = \int_0^t r(x, t - \tau) \frac{\partial}{\partial \tau} \left(\frac{\partial u(x, t)}{\partial x} \right) d\tau.$$

$r(x, t)$ is called creep kernel or viscoelastic modulus and represents a property inherent to the material, which is obtained experimentally.

In this case, we consider the kernel with the following properties.

Additional properties of the kernel

a. $r(x + n\varepsilon, t) = r(x, t)$ for $n = 1, 2, \dots$, and $\varepsilon \square L$. (ε -periodic)

b. $r\left(\frac{x}{\varepsilon}, t\right)$ is 1-periodic in y , where $y = \frac{x}{\varepsilon}$ is a fast variable that varies

depending of the microstructure of the material.

c. $r(y, t) \in C^\infty(\mathbf{R}^2)$.

d. $\exists \alpha, \beta, t_0$ such that $0 < \alpha \leq r(y, t_0) \leq \beta < \infty$, $\forall y \in \mathbf{R}$.

e. $f(x) \in C^\infty([0, L])$.

Solving (Θ) by two-scale homogenization method

Homogenization techniques are used to obtain the effective behavior of the composite under investigation. In this process are obtained equations whose coefficients are not small or rapidly oscillating while their solutions are close to those of the original problem. These equations are called *homogenized equations*, and their coefficients are the *effective coefficients* of the composite. Here, is proposed the two-scale homogenization technique to obtain the solution of the problem (Θ). The method consists in to build a formal asymptotic solution (see [1]) as solution of the problem (Θ). The asymptotic is defined as follows

$$u^{(\infty)}(x, \varepsilon, t) = \sum_{i=0}^{\infty} \varepsilon^i u_i(x, y, t), \quad (1)$$

where $u_i(x, y, t) = u_i(x, y + 1, t)$, $\forall i, \forall x \in [0, L]$ and $\forall t \in \mathbf{R}$. $u_i \in C^\infty([0, L] \times \mathbf{R}^2)$, $\forall i$.

Let's define the following operator

$$L_{\alpha\beta}(\bullet) := \frac{\partial}{\partial \alpha} \left(\hat{r}(y, t) \left(\frac{\partial(\bullet)}{\partial \beta} \right) \right), \quad (2)$$

for $\alpha, \beta = x, y$ indistinctly

If is applied the operator $\frac{\partial(\bullet)}{\partial x}$ to any function $u_i(x, y, t)$, by the chain rule it is transformed

$$\frac{\partial(\bullet)}{\partial x} \equiv \frac{\partial(\bullet)}{\partial x} + \frac{1}{\varepsilon} \frac{\partial(\bullet)}{\partial y}. \quad (3)$$

Having in account (2) and (3), is replaced (1) into the left hand side of the differential equation(Θ). Equaling in powers of ε both members, are obtained the following problems,

$$\varepsilon^{-2} : L_{yy}(u_0) = 0, \quad (4)$$

$$\varepsilon^{-1} : L_{xy}(u_0) + L_{yx}(u_0) + L_{yy}(u_1) = 0, \quad (5)$$

$$\varepsilon^0 : L_{xx}(u_0) + L_{xy}(u_1) + L_{yx}(u_1) + L_{yy}(u_2) - f(x) = 0. \quad (6)$$

In order to solve (4)-(6) the following lemma is needed. (see proof in [15])

Lemma1

Consider the differential equation

$$\frac{\partial}{\partial y_i} \left(K_{ij}^\varepsilon \frac{\partial \phi}{\partial y_j} \right) = F,$$

in a Y -cell, where ϕ is Y -periodic and $F \in L^2(Y)$. Then the following statements are satisfied

I. Exists a solution Y -periodic ϕ if and only if $\langle F \rangle = 0$.

II. If the solution Y -periodic ϕ exists, then it is unique up to an additive constant.

Is necessary to find the functions u_i with $i = 0, 1, 2$ such that are satisfied the equations (4)-(6). As the viscoelastic operator \hat{r} depends on the time variable, this makes that be possible to apply the Laplace Transform or the Laplace-Carson version and the result can be manipulated algebraically. From now on, the functions in Laplace's space will be written in capital letter and dependent of parameter (p). The same notation, with the symbol ($\tilde{}$), denotes Laplace-Carson's space.

In the process of solution of (4)-(6) is used the Laplace-Carson transform and its inverse, the Convolution Theorem for the Laplace transform and the operator average over the cell $\langle \cdot \rangle$.

Solving (4) is obtained that $u_0(x, y, t)$ does not depend on y , it means

$$u_0(x, y, t) = v(x, t).$$

The solution of the problem (5) is proposed as follows

$$u_1(x, y, t) = m(y, t) \frac{\partial v(x, t)}{\partial x} + k(x, t),$$

where $m(y, t)$ and $k(x, t)$ are infinitely differentiable functions and $m(y, t)$ is 1-periodic, besides it is assumed $m(0, t) = m(1, t) = 0$. Is proved that the function $k(x, t)$ is zero for all $x \in [0, L]$ and $t \in \mathbf{R}$. To find the function $m(y, t)$ is necessary to solve the so-called *cell or local problem*,

$$\frac{\partial}{\partial y} \left(\hat{r}(y, t) \left(\frac{\partial}{\partial y} m(y, t) + 1 \right) \right) = 0,$$

$$m(0, t) = m(1, t) = 0, \quad \forall t \in \mathbf{R}$$

$$m(y, 0) = -y, \quad \forall y \in [0, 1].$$

The analytical solution for the cell problem is

$$\tilde{M}(y, p) = \left\langle \tilde{R}^{-1}(y, p) \right\rangle^{-1} \int_0^y \frac{1}{\tilde{R}(\gamma, p)} d\gamma - y.$$

$\tilde{M}(y, p)$ is called local function and is given in the Laplace-Carson's space.

Finally, from the analysis of (6) is obtained the homogenized equation

$$L_C^{-1} \left[\left\langle \tilde{R}^{-1}(y, p) \right\rangle^{-1} \right] \left(\frac{\partial^2 v(x, t)}{\partial x^2} \right) = f(x)$$

where the solution is denoted by $v(x, t)$. Besides, for the homogenized problem are taken the following Dirichlet boundary conditions,

$$\begin{aligned} v(0, t) &= u^0, \quad \forall t \in \mathbf{R} \\ v(L, t) &= u^L, \quad \forall t \in \mathbf{R} \end{aligned}$$

and the initial condition

$$v(x, 0) = 0, \quad \forall x \in [0, L].$$

The coefficient

$$h(x, t) = L_C^{-1} \left[\left\langle \tilde{R}^{-1}(x, p) \right\rangle^{-1} \right]. \quad (7)$$

is the homogenized or effective coefficient and will be denoted for the variable $h(x, t)$. **Computation of the viscoelastic effective coefficients for one-dimensional two-phase viscoelastic composites**

Two-phase viscoelastic composites made of two different homogeneous materials are considered, in other words, $r^{(\delta)}(y, t) \equiv r^{(\delta)}(t)$ with $\delta = 1, 2$. In the Fig 1 is shown the periodic cell of length ε , related to the local variable, where the supra-index $\delta = 1, 2$ indicates the corresponding material.

The creep kernel is taken as follows

$$r^{(\delta)} = \begin{cases} r^{(1)}(t) & \text{if } y \in \Omega^{(1)} \\ r^{(2)}(t) & \text{if } y \in \Omega^{(2)} \end{cases}$$

for a region Ω that is made of two regions, $\Omega^{(\delta)}$, $\delta = 1, 2$ where $\Omega^{(1)} = (0, \gamma]$ and $\Omega^{(2)} = (\gamma, 1)$, it means that, $\Omega = [0, 1] = \{0\} \cup \Omega^{(1)} \cup \Omega^{(2)} \cup \{1\}$.



Figure 1. Periodic cell for a two-phase one-dimensional composite.

Taking the structure of the bar in account and based on that the creep kernels are homogeneous in $\Omega^{(\delta)}$ respectively, the effective coefficient (7) is transformed as follows,

$$\begin{aligned} \tilde{H}(p) &= \left\langle \tilde{R}^{-1}(x, p) \right\rangle^{-1} = \frac{1}{\int_0^1 \tilde{R}^{-1}(p) dy} = \frac{1}{\int_0^\gamma \frac{1}{\tilde{R}^{(1)}(p)} dy + \int_\gamma^1 \frac{1}{\tilde{R}^{(2)}(p)} dy} = \frac{\tilde{R}^{(1)}(p) \tilde{R}^{(2)}(p)}{(1-\gamma) \tilde{R}^{(1)}(p) + \gamma \tilde{R}^{(2)}(p)}, \\ h(t) &= L_C^{-1} \left[\tilde{H}(p) \right] = L_C^{-1} \left[\frac{\tilde{R}^{(1)}(p) \tilde{R}^{(2)}(p)}{(1-\gamma) \tilde{R}^{(1)}(p) + \gamma \tilde{R}^{(2)}(p)} \right]. \quad (8) \end{aligned}$$

In (8) is written the general form to compute the effective coefficient for two-phase one-dimensional viscoelastic composite.

Example 1

Now, we study a particular type of one-dimensional composite. A two-phase viscoelastic composite with the following creep kernels is considered,

$$r^{(\delta)} = \begin{cases} r^{(1)}(t) = a & \text{if } y \in \Omega^{(1)} \\ r^{(2)}(t) = be^{-ct} & \text{if } y \in \Omega^{(2)} \end{cases}$$

where $a, b, c \in \mathbf{R}$. (see [10])

Applying the Laplace-Carson transform to the above creep kernels $r^{(\delta)}$ for $\delta = 1, 2$ the expressions for the kernels are written as

$$\tilde{R}^{(1)}(p) = L_C[r^{(1)}(t)] = L_C[a] = a, \quad (9)$$

$$\tilde{R}^{(2)}(p) = L_C[r^{(2)}(t)] = L_C[be^{-ct}] = \frac{bp}{c+p}. \quad (10)$$

Replacing (9) and (10) into (8) and grouping conveniently, is obtained a simplified expression,

$$\tilde{H}(p) = \frac{\alpha p}{\beta + p}, \quad (11)$$

where

$$\alpha = \frac{ab}{a(1-\gamma) + b} \quad \text{and} \quad \beta = \frac{ac(1-\gamma)}{a(1-\gamma) + b}. \quad (12)$$

To determine the inverse Laplace-Carson transform of (11) the Cauchy residue theorem is used (see [5], [9]). The procedure is the following

$$f(t) = L^{-1}[F(p)] = \sum_{k=1}^n \text{Res}(e^{pt} F(p), s_k), \quad (13)$$

where s_1, s_2, \dots, s_n are the poles of $F(p)$ and if s_k is a pole of order m of $F(p)$ then

$$\text{Res}(F(p)e^{pt}, s_k) = \frac{1}{(m-1)!} \lim_{p \rightarrow s_k} \frac{d^{m-1}}{dp^{m-1}} (p - s_k)^m F(p) e^{pt}. \quad (14)$$

Using (13) to calculate (11) it yields

$$h(t) = L_C^{-1}[\tilde{H}(p)] = L^{-1}\left[\frac{\tilde{H}(p)}{p}\right] = L^{-1}\left[\frac{\alpha}{\beta + p}\right] = \text{Res}\left(\frac{\alpha}{\beta + p} e^{pt}, \beta\right) = \lim_{p \rightarrow -\beta} (p + \beta) \frac{\alpha}{\beta + p} e^{pt} = \alpha e^{-\beta t}.$$

The corresponding curves of the effective coefficient as a function of time are shown in Fig 2 for several values of the constants a, b, c and γ . The method for obtaining the analytical expressions of the inverse Laplace-Carson transform is reported in [9].

Example 2

The creep kernels that characterize the viscoelastic behavior of the material are taken as,

$$r^{(\delta)} = \begin{cases} r^{(1)}(t) = a_1 + b_1 e^{-c_1 t} & \text{if } y \in \Omega^{(1)} \\ r^{(2)}(t) = a_2 + b_2 e^{-c_2 t} & \text{if } y \in \Omega^{(2)} \end{cases}$$

where $a_1, a_2, b_1, b_2, c_1, c_2 \in \mathbf{R}$ (see [9]).

Applying the Laplace-Carson transform to the above creep kernels $r^{(\delta)}$ for $\delta = 1, 2$

$$\tilde{R}^{(1)}(p) = L_C[r^{(1)}(t)] = L_C[a_1 + b_1 e^{-c_1 t}] = a_1 + \frac{b_1 p}{p + c_1}, \quad (15)$$

$$\tilde{R}^{(2)}(p) = L_C[r^{(2)}(t)] = L_C[a_2 + b_2 e^{-c_2 t}] = a_2 + \frac{b_2 p}{p + c_2}. \quad (16)$$

In the same way, substituting (15) and (16) into (8) and after some simplifications, the following expression is obtained (see [9])

$$\tilde{H}(p) = \frac{a_N p^2 + b_N p + c_N}{a_D p^2 + b_D p + c_D}, \quad (17)$$

where

$$a_N = a_1 a_2 + a_1 b_2 + a_2 b_1 + b_1 b_2,$$

$$b_N = a_1 a_2 c_2 + a_1 a_2 c_1 + a_1 b_2 c_1 + a_2 b_1 c_2,$$

$$c_N = a_1 a_2 c_1 c_2,$$

$$a_D = a_1 + b_1 + \gamma(a_2 + b_2 - a_1 - b_1),$$

$$b_D = a_1 c_2 + a_1 c_1 + b_1 c_2 + \gamma(a_2 c_2 + a_2 c_1 + b_2 c_1 - a_1 c_2 - a_1 c_1 - b_1 c_2),$$

$$c_D = a_1 c_1 c_2 + \gamma(a_2 c_1 c_2 - a_1 c_1 c_2).$$

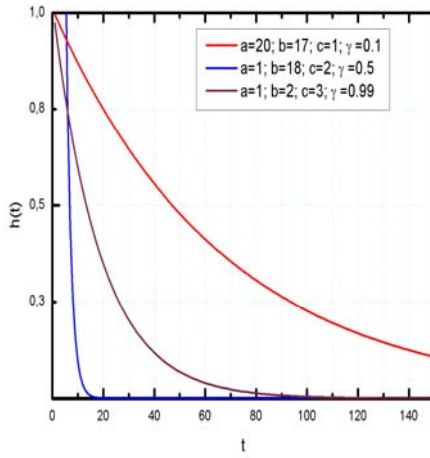


Figure 2. Computation of the effective coefficient for different parameter values.

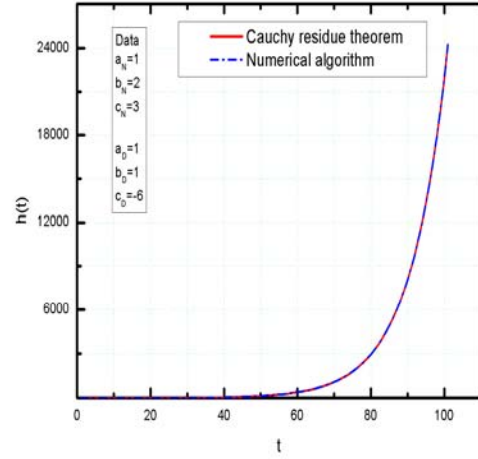


Figure 3. Comparison between the Laplace-Carson transform using the analytical expression (46) and the numerical algorithm developed in MATLAB.

As in the previous Example 1, (13) is used to calculate the inverse Laplace-Carson transform of (17),

$$h(t) = L_C^{-1}[\tilde{H}(p)] = L^{-1}\left[\frac{\tilde{H}(p)}{p}\right] = L^{-1}\left[\frac{a_N p^2 + b_N p + c_N}{p(a_D p^2 + b_D p + c_D)}\right] = L^{-1}\left[\frac{A(p)}{p(p-s_2)(p-s_3)}\right],$$

where

$$A(p) = a_N p^2 + b_N p + c_N$$

and

$$s_1 = 0, \quad s_2 = \frac{-b_D + \sqrt{b_D^2 - 4a_D c_D}}{2a_D}, \quad s_3 = \frac{-b_D - \sqrt{b_D^2 - 4a_D c_D}}{2a_D}.$$

are the poles of $\frac{\tilde{H}(p)}{p}$. Having into account (13) and (14),

$$L^{-1}\left[\frac{A(p)}{p(p-s_1)(p-s_2)}\right] = \sum_{k=1}^3 \text{Res}\left[\frac{A(p)e^{pt}}{p(p-s_1)(p-s_2)}, s_k\right],$$

Finally

$$h(t) = \frac{A(0)}{s_2 s_3} + \frac{A(s_2) e^{s_2 t}}{s_2 (s_2 - s_3)} + \frac{A(s_3) e^{s_3 t}}{s_3 (s_3 - s_2)}. \quad (18)$$

In (18) is obtained an analytical unified formula for the effective coefficient. For this purpose, it supposed that the order of the poles, once calculated, is always 1. If for some game of data, any one of the poles has major order than 1, then would have to do changes in (18) (see (13) and (14)).

In the Fig 3 is displayed a comparison between the results using the Laplace-Carson transform bases on the analytical expression (7) and using a numerical algorithm developed in MATLAB for simple values of the parameters.

Example 3

In the two previous examples the proposed creep kernels are exponential functions. This facilitated the analysis for obtaining the analytical expressions of the effective coefficient. However, the exponential function kernels or their linear combinations, not always describe correctly the viscoelastic behavior for some determined materials (see [20], [21]). This makes that be useful to take more general functions and in this case it is easier the challenge of obtaining analytically their inverse Laplace-Carson transform (see [4]) being necessary the use of numerical algorithms for your resolution. This situation is solved with the use of fraction-exponential functions (see [18], [19])

$$\vartheta_\alpha(\beta, t - \tau) = (t - \tau)^\alpha \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-\beta)^n (t - \tau)^{n(1+\alpha)}}{\Gamma[(n+1)(1+\alpha)]}, \quad (19)$$

with ($0 < \alpha < 1$), as kernel of the viscoelastic operators. These enable an analytical obtaining of the results under the use of the Laplace transform and at the same time, present an excellent concordance with the experimental data (see [20], [21]). Taking the creep kernel as a fraction-exponential function or Rabotnov's kernel,

$$r(t) = \lambda \mu_0 \vartheta_\alpha(\beta, t), \quad (20)$$

where

$$\beta = \frac{1}{\tau^{1-\alpha}}, \quad \lambda = \beta(1 - \varepsilon_{\max}) = \frac{\mu_\infty - \mu_0}{\mu_0} \beta \quad (21)$$

τ is relaxation time, μ_∞ is the shear modulus at $t \rightarrow \infty$, μ_0 is instantaneous shear modulus and ε_{\max} is maximal shear strain. Then the viscoelastic behavior of the materials is described for the following four parameters μ_0, α, β (or τ) and λ (see [20], [21]). The algebraic properties of the Rabotnov's kernel are very well developed in [16]. One of the most important aspects that is exposed in the theory of these functions is the analytical way of its Laplace transform

$$L[\vartheta_\alpha(\beta, t)] \equiv \int_0^\infty \vartheta_\alpha(\beta, t) e^{-pt} = \frac{1}{p^{1-\alpha} + \beta}. \quad (22)$$

Applying the Laplace-Carson transform to the Rabotnov's kernels in (20) and according to (22) is obtained

$$\tilde{R}^{(1)}(p) = L_C[r^{(1)}(t)] = pL[r^{(1)}(t)] = pL[\lambda_1 \mu_{01} \vartheta_\alpha(\beta_1, t)] = \frac{\lambda_1 \mu_{01} p}{x + \beta_1}, \quad (23)$$

$$\tilde{R}^{(2)}(p) = L_C[r^{(2)}(t)] = pL[r^{(2)}(t)] = pL[\lambda_2 \mu_{02} \mathfrak{E}_\alpha(\beta_2, t)] = \frac{\lambda_2 \mu_{02} p}{x + \beta_2}, \quad (24)$$

where is taken the variable $x \equiv p^{1-\alpha}$.

Replacing (23) and (24) into (8) and after some simplifications, it is found an expression of the form

$$\tilde{H}(p) = \frac{Mp}{x + x_0}, \quad (25)$$

where

$$M = \frac{\lambda_1 \mu_{01} \lambda_2 \mu_{02}}{(1-\gamma)\lambda_1 \mu_{01} + \gamma \lambda_2 \mu_{02}}, \quad x_0 = \frac{(1-\gamma)\lambda_1 \mu_{01} \beta_2 + \gamma \lambda_2 \mu_{02} \beta_1}{(1-\gamma)\lambda_1 \mu_{01} + \gamma \lambda_2 \mu_{02}}. \quad (26)$$

To determine the inverse Laplace-Carson transform of (25) can be used (22)

$$h(t) = L_C^{-1}[\tilde{H}(p)] = L^{-1}\left[\frac{\tilde{H}(p)}{p}\right] = L^{-1}\left[\frac{M}{x + x_0}\right] = L^{-1}\left[\frac{M}{p^{1-\alpha} + x_0}\right] = M \mathfrak{E}_\alpha(x_0, t). \quad (27)$$

Finally, using the Rabotnov's kernel as the creep kernel to describe the behavior of the materials, is obtained in (27) an analytical expression to calculate the effective coefficient of the material. The great advantage that has the use of these fraction-exponential functions of Rabotnov because in addition to be a guarantee for the experimental data, they enable an elegant analytical modeling of the problem. In the Fig. 4 is sketched the graphics of the effective coefficient for real values of the parameters μ_0, α, β and λ (taken from [20]).

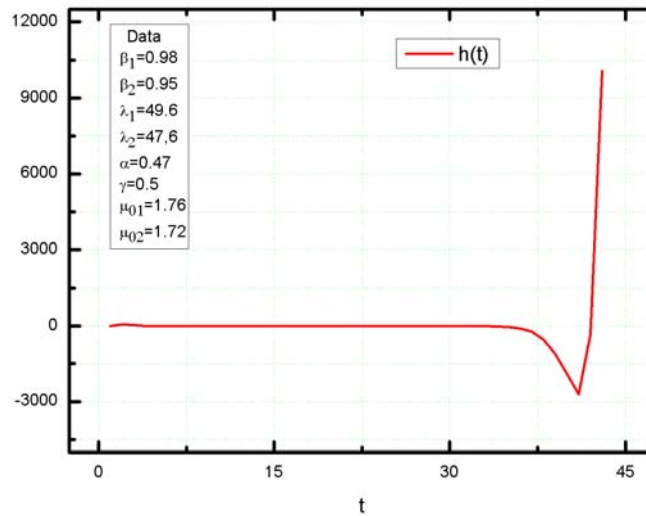


Figure 4. The graphic of the effective coefficient.

Conclusion

The present work studies the behavior of one dimensional viscoelastic composites under different kernel functions. Using the two scale asymptotic homogenization technique, the local problems and effective coefficients are derived. A mathematical justification is given and shows the effectiveness of *AHM* to solve one dimensional viscoelastic heterogeneous problems. Several analytical methods to calculate the Laplace transform are exposed. The use of fractional

exponential functions reveals a great benefit for the computation of the effective properties. Besides, numerical results are shown using real parameters taken from the literature.

Acknowledgements

The authors would like to thank University of Havana, University of Matanzas, Cuba Science Basic Department of the Institute Technological of Monterrey, Campus of México State for the support. Also the authors would like to thank the Proyecto Nacional de Ciencias Basicas Métodos físico-matemáticos para el estudio de nuevos materiales y la propagación de ondas. Aplicaciones.

References

- [1] Bakhvalov N., P. G. (1989). *Homogenisation: Averaging Processes in Periodic Media*. London: Kluwer Academic.
- [2] Brinson, Y., & Dillard, D. (1982). The prediction of long term viscoelastic properties of fiber reinforced plastics. In *ICCM-IV Progress in Sci & Engng of Composites* (pp. 787-793). Tokyo.
- [3] Charentenay, F., & Zaidi, M. (1982). Creep behavior of carbon-epoxy (+45 & -45)2s laminates. In *ICCM-IV Progress in Sci & Engng of Composites* (pp. 787-793). Tokyo.
- [4] Craig, I. J., Thompson, A. M., & Thompson., W. J. (1994). Practical Numerical Algorithms Why Laplace Transforms Are Difficult To Invert Numerically. *Computers in Physics* 8, 648 ; doi: 10.1063/1.4823347.
- [5] Debnath, L. (1995). *Integral Transformation and Their Applications*. New York: CRC Press.
- [6] Deng, S., LI, X., & Weitsmam, Y. (2003). Time-dependent Deformation of Stiche T300 Mat/Urethane 420 IMR Cross-ply Composite Laminates. In *Mechanics of Time-Dependent Materials , V7* (pp. 41-69).
- [7] Dumansky, A., & Strekalov, V. (1999). Creep and relaxation of heritable orthotropic continua under the plane stress state. In *Journ Strain Analysis for Engineering, V36* (pp. 361-367.).
- [8] Findley, W., Lai, J., & Onaran K, K. (1976). *Creep and relaxation of nonlinear viscoelastic materials*. Inc. - NY: Dover Publications.
- [9] Liu, S., Chen, K.-Z., & Feng., X.-A. (2004). Prediction of viscoelastic property of layered materials. *International Journal of Solids and Structures* 41, 3675–3688.
- [10] Maghous, S., & Creus., G. (2003). Periodic homogenization in thermoviscoelasticity: case of multilayered media with ageing. *International Journal of Solids and Structures* 40, 851–870.
- [11] Miranda, R., & Marques, A. (1998). Analytical and Experimental Evaluation of Nonlinear Viscoelastic-Viscoplastic Composite Laminates under Creep, Creep-Recovery, Relaxation and Ramp Loading. In *Mechanics of Time-Dependent Materials, V2* (pp. 113-128).
- [12] Noh, J., & Whitcomb, J. (2003). Efficient techniques for predicting viscoelastic behavior of sublaminates. In *Composites:Part B: Engineering, V34* (pp. 727-736.).
- [13] Oza, A., Vanderby, R. J., & Lakes, R. (2003). Interrelation of creep and relaxation for nonlinearly viscoelastic materials: application to ligament and metal. In *Rheol Acta, V42* (pp. 557-568).
- [14] Pang, F., & Wang, C. (1999). Activation theory for creep of woven composites. In *Composites: Part B V30* (pp. 613-620).
- [15] Persson, L. E., Persson, L., Svanstedt, N., & Wyller., J. (1993). *The Homogenization Method. An Introduction*. Student litteratur.
- [16] Rabotnov, Y. (1948). Equilibrium of an elastic medium with after-effects. *J. Appl. Math. Mech. (PMM)* 12, 53–62.
- [17] Rabotnov, Y. (1977). *Elements of hereditary mechanics of solids*. Nauka.

[18] ScottBlair, G. C. (1939). The subjective judgement of the elastic and plastic properties of soft bodies: the differential thres holds for viscosities and compression moduli. *Proceedings of the Royal Society B*, 128 , 109–125.

[19] ScottBlair, G. C. (1943). The estimation of firmness in soft materials. *American Journal of Psychology*, 56, 234–246.

[20] Sevostianov, I., & Levin., V. (n.d.). Creep and relaxation contribution tensors for spheroidal pores in hereditary solids: fraction-exponential operators approach. *Is received by courtesy of the author*.

[21] Sevostianova, I., Levin, V., & Radi., E. (2016). Effective viscoelastic properties of short-fiber reinforced composites. *International Journal of Engineering Science* 100, 61–73.

[22] Zinoviev, P., & Tairova, L. (1995). Identifying the Properties of Individual Plies Constituting Hybrid Composites. In *Inverse Problems in Engineering*, V2 (pp. 141-154.).

MULTISENSOR AND MULTITEMPORAL SATELLITE OBSERVATIONS OF SURFACE CIRCULATION IN THE WESTERN MEDITERRANEAN

S. Karimova

svetlana.karimova@ulg.ac.be

*University of Liege (ULg), Department of Astrophysics, Geophysics and Oceanography, GeoHydrodynamics and Environment Research Unit
Liège, Belgium*

1. Introduction

The Mediterranean Sea is the largest oligotrophic area in the world, which makes its ecosystem especially sensitive to upwelling of nutrient-rich waters caused by hydrodynamic stirring and wind forcing. Despite significant attention paid to studying surface water dynamics of the Mediterranean Sea and its influence on bioproductivity of the marine ecosystem the evidence provided by satellite data of different physical nature is not fully considered. In this study, we will analyse visible range and infrared satellite images in terms of their applicability for capturing surface circulation in marine basins.

As a study area, we will use the Western Mediterranean Basin. Compared to the Eastern Mediterranean, the Western Mediterranean is quite productive due to seasonal deep convection and wind forcing provided by the mistral winds [1]. As a result of winter mixing, there is a strong seasonal phytoplankton bloom in the northern part of the Western Mediterranean occurring in winter and early spring, which makes it possible to use visible-range satellite imagery (e.g. maps of chlorophyll-a concentration (hereafter Chl-a)) for observing surface circulation patterns in the study area. Thermal infrared imagery (e.g. maps of sea surface temperature (SST)) is also quite informative for manifesting surface circulation features in the region of interest, due to the presence of multiple thermal fronts in that area (e.g. the Liguro-Provençal front, North-Balearic front, Almeria-Oran front, etc.).

Analysis of satellite imagery captured at different seasons usually reveals different types of turbulent stirring of surface waters typical for different periods of the year. Thus, during the cold season, quite small-scale turbulent features can prevail, while during the warm season, the entire Western Mediterranean can be ‘filled’ with well-developed vortical structures of very different spatial scales. In

the present study, we perform a check, if such changes in the turbulent regime of surface waters, which are obvious upon a visual analysis of thermal infrared and visible-range satellite imagery, can be captured by some statistical parameters as well, in particular by the structure function of Chl-a and SST fields. The data analysed were captured by the Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) flying aboard the National Oceanic and Atmospheric Administration's (NOAA) Suomi National Polar-orbiting Partnership (NPP) spacecraft and the Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) functioning onboard the NOAA series of satellites.

2. Visual analysis of images

In this section, we will discuss the turbulent regimes of the Western Mediterranean visualized at different times of the year by the fields of SST and Chl-a provided by AVHRR and VIIRS sensors, respectively. The time coverage of the data is from 2014 to 2016; spatial resolution of the Chl-a imagery is 1 km, of the SST one, about 2 km.

Visual inspection of VIIRS images revealed quite significant seasonal variability of the dominating pattern of surface circulation in the region of interest. Thus, during the cold period of the year (approx. December to March), there are mostly disorganized small-scaled turbulent features manifested in the imagery. A typical for the Western Mediterranean winter-time snapshot of surface currents is shown in Fig. 1, upper panel, where a Chl-a field obtained on 01.02.2016 is presented. In this and similar figures, violet and blue shading correspond to low values of Chl-a, while yellow one, to high values of Chl-a. Such an impressive and detailed representation of surface turbulence in this image is explained by the occurrence of a seasonal phytoplankton bloom, due to which a great number of organic cells is presenting in surface waters.

We have to mention that the observed weakness of general surface circulation in the Western Mediterranean during winter is quite a peculiar situation. By comparison, in the Black Sea, due to strong wind forcing typical for winter and resulting increase in the basin-scale Ekman transport, the circulation of the Rim Current is more clearly defined and intense during winter than during summer.

Later on (in late March or early April) the turbulent regime seems to change and some bigger-scale anticyclonic eddies start appearing in the field of surface currents. An example of such a 'transitional' turbulent regime is given in Fig. 1, lower panel, where a VIIRS Chl-a field captured on 31.03.2015 is presented. One can notice that by that time extent and intensity of the bloom was reduced and high values of Chl-a were mostly observed in the northern part of the Western Mediterranean (Fig. 1, lower panel).

Finally, the turbulent regime of the warm period of the year can be characterized by the dominance of big-scale coherent vortical structures almost all over the region of interest. Such situation is being illustrated by Fig. 2, where both Chl-a (upper panel) and SST (lower panel) fields obtained on 21.05.2016 are presented. In the SST field shown, blue shadings denote colder waters and red colours correspond to warmer waters.

According to the field of Chl-a (Fig. 2, upper panel), at the time the images were captured anticyclonic eddies could be found almost everywhere in the region except for the northernmost part, which was still occupied by the bloom. Despite the obvious decrease of the bloom intensity, the circulation patterns are still discernible all over the region of interest. In the SST field obtained on the same date, only the biggest anticyclones can be noticed (Fig. 2, lower panel).

In the second half of the year, when the bloom is practically over and phytoplankton cells are located at deeper layers, it is getting hard to discern surface circulation patterns in the fields of Chl-a. In such a situation, the fields of SST can get more informative in terms of manifesting surface circulation in the region of interest than the fields of Chl-a.

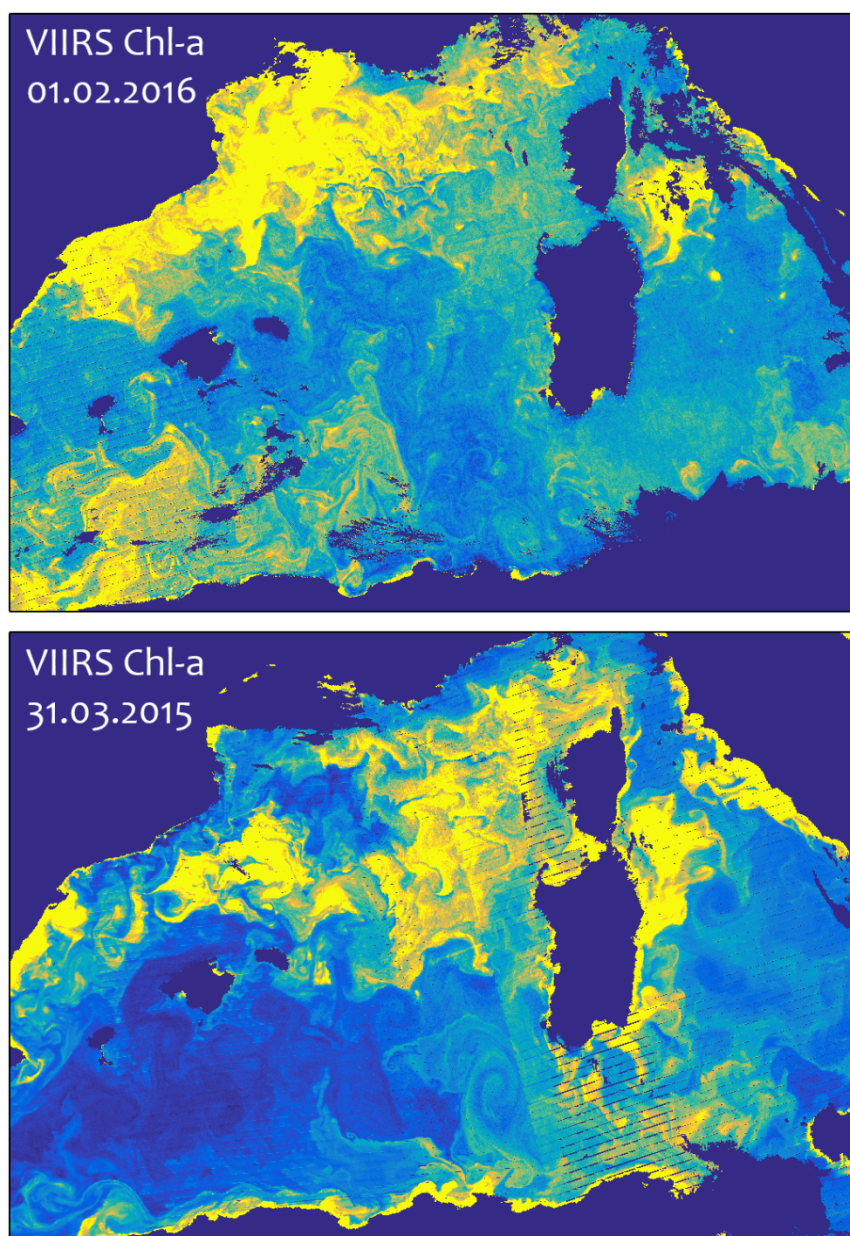


Fig. 1. Snapshots of surface circulation in the Western Mediterranean during the cold season (upper panel) and during the transition period (lower panel).

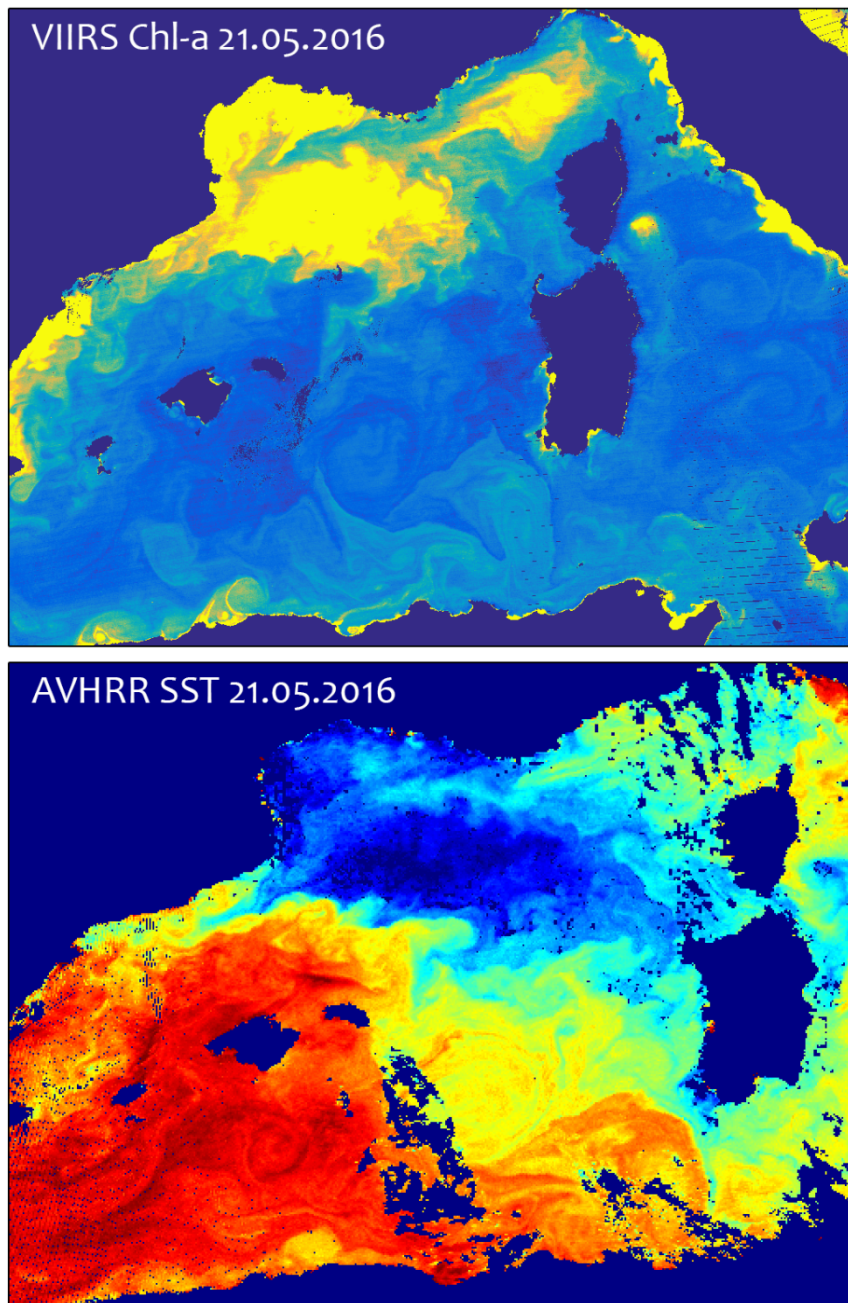


Fig. 2. Snapshots of surface circulation in the Western Mediterranean during the warm season shown by the fields of Chl-a (upper panel) and SST (lower panel).

3. Analysis of the structure function

3.1. Definition. In this section, we will statistically investigate mesoscale variability observed in the earlier discussed fields of Chl-a and SST. For that, we will exploit the structure function. The structure function is a statistical measure for characterizing the fluctuations of a scalar field and represents a good alternative to the spectral methods based on the computation of the density spectrum of the scalar variance. The structure function can be calculated in the following way:

$$D_T(h) = \langle (P(x+h) - P(x))^2 \rangle,$$

where $D_T(h)$ is the structure function, P is the variable for which the structure function is calculated, h – separation between two points in the field, x is a spatial

coordinate. Statistically speaking, the structure function represents the statistical influence of a point upon other points at distance h [2].

3.2. Seasonal variability. In order to check whether the differences that got obvious upon the visual analysis of the images are also noticeable in the structure function of the fields of Chl-a and SST, the data which were less affected by the cloud cover and instrumental noise were picked up (58 samples of Chl-a and 132 of SST). The area chosen for the computation of the structure function is stretching from 38.0°N to 42.5°N and from 1.5°E to 8.5°E .

The results are plotted in Fig. 3 separately for Chl-a (upper panel) and SST (lower panel). In these plots, the marker colour denotes the day of year at which the field was obtained: the data from the beginning of year is shown with blue shades and from the second half of a year, with yellow shades. One can trace a noticeable tendency that in the course of the year, the absolute values of the structure function were decreasing for the fields of Chl-a and increasing for the fields of SST.

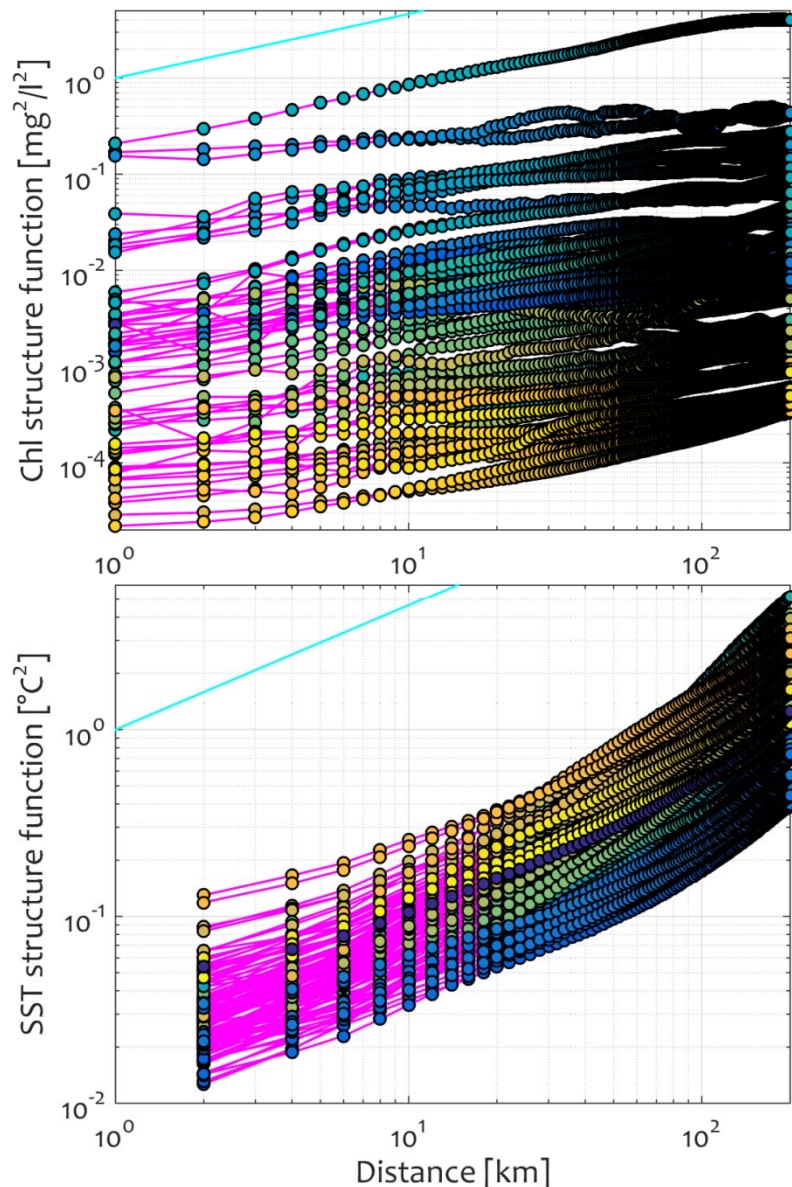


Fig. 3. Structure functions of the fields of Chl-a (upper panel) and SST (lower panel). Yellow markers denote the warm period of year, while blue ones, the cold period. Cyan line refers to the plot $h^{1/3}$.

In Fig. 4, there is a similar plot showing the median values of structure function for the cold (January to March) and the warm periods of the year (April to September). At the scales less than 10 km, the SST structure functions were parallel to those of Chl-a, both for the cold and warm periods. At the bigger scales though, the slope of the SST structure function increases, while that one of the Chl-a structure function does not change significantly. Especially steep slope was reached by the SST structure functions during both the cold and warm seasons for the scales greater than 100 km (Fig. 4).

The observed differences in the slopes of the Chl-a and SST structure functions are apparently explained by the greater patchiness of the Chl-a imagery, especially during the cold season, during which a phytoplankton bloom typically occurs. Presence of small patches over most Chl-a images makes the Chl-a field more homogeneous statistically and as a result the slope of the cold period Chl-a structure function keeps quite steady over a wide range of spatial scales, namely from 1 to about 100 km (Fig. 4). As far as the change of the slope of the cold season SST structure function at the scales of about 80-90 km is concerned, it can be accounted for by the presence of multiple mesoscale eddies with diameters within the range 10-90 km, which presumably prevent the structure function at these spatial scales from fast rising.

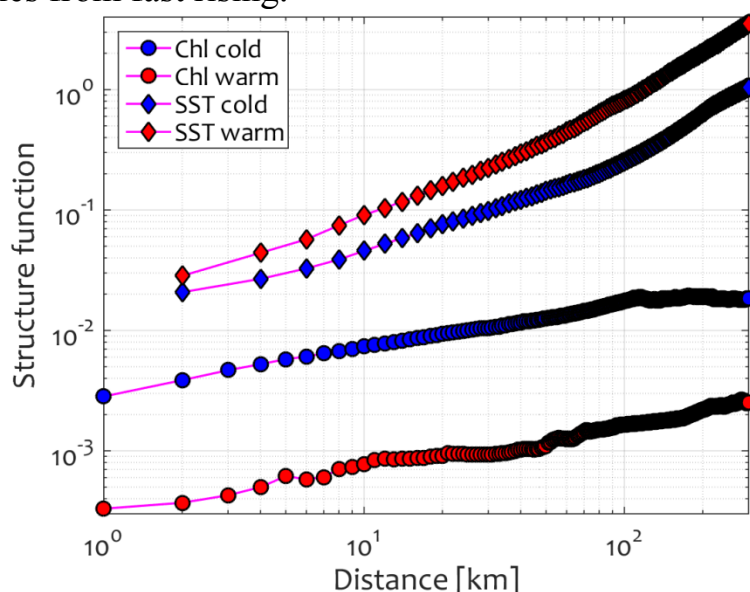


Fig. 4. Median structure functions of Chl-a and SST for the cold and warm periods.

3.3. Case study. Since seasonal differences of the structure function analysed in the previous subsection were caused not only by shifts in the turbulent regime in the region of interest, but also by the significant seasonal variability of the number of ‘tracers’ in surface water (namely phytoplankton cells and thermal contrasts), in this subsection, we will try to trace the influence of the turbulent regime on the structure functions of Chl-a and SST in a more direct way. For that, four areas covered by the same number of pixels (namely 225×350 pixels) were chosen in the fields of Chl-a and SST. Such test sites are shown in Fig. 5, upper panel. The upper row of the fragments refers to the small-scale turbulence cases usually

observed during the cold period and the lower one, to the cases of well-developed turbulence observed during the warm season.

The corresponding structure functions for the four cases considered are plotted in Fig. 5, lower panel. Unlike the median structure functions shown in Fig. 4, the Chl-a structure functions for both cases did not demonstrate significant difference at the scales less than 100 km (Fig. 5, lower panel). However, the SST structure functions were different. The cold season case demonstrated a curve with a steady slope practically along the entire range of spatial scales. The warm season case with well-developed vortices provided the SST structure function with already noticed earlier change of the slope. This time, the curve twist happened at the spatial scales of about 35 km, which is presumably determined by the typical diameter of coherent vortical structures dominating in the field of SST (Fig. 5).

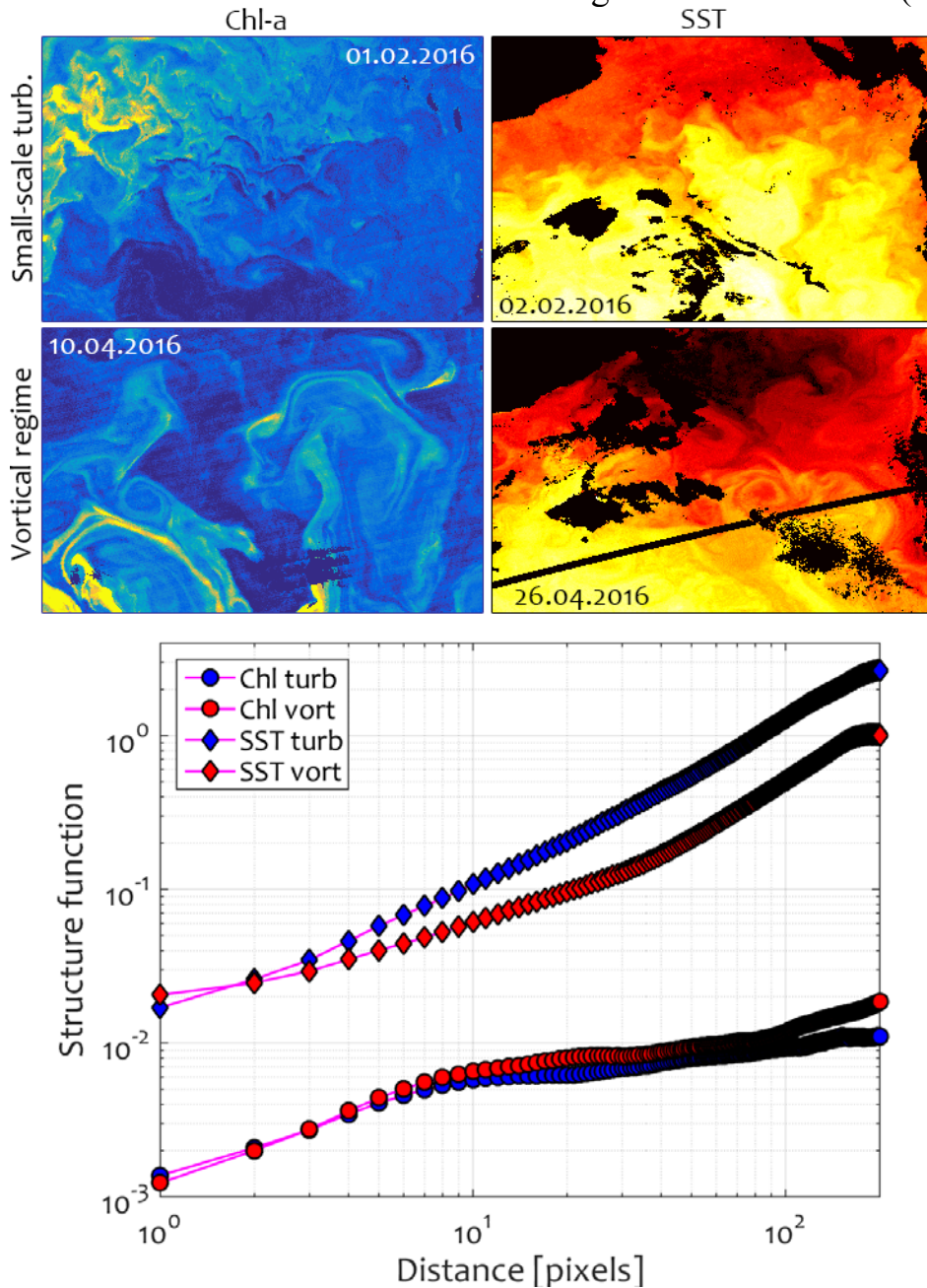


Fig. 5. Test sites in the fields of Chl-a (upper panel, left) and SST (upper panel, right) for the regimes of small-scale patchiness during the cold season ('turb') and well-developed turbulence ('vort') during the warm season as well as the corresponding structure functions (lower panel).

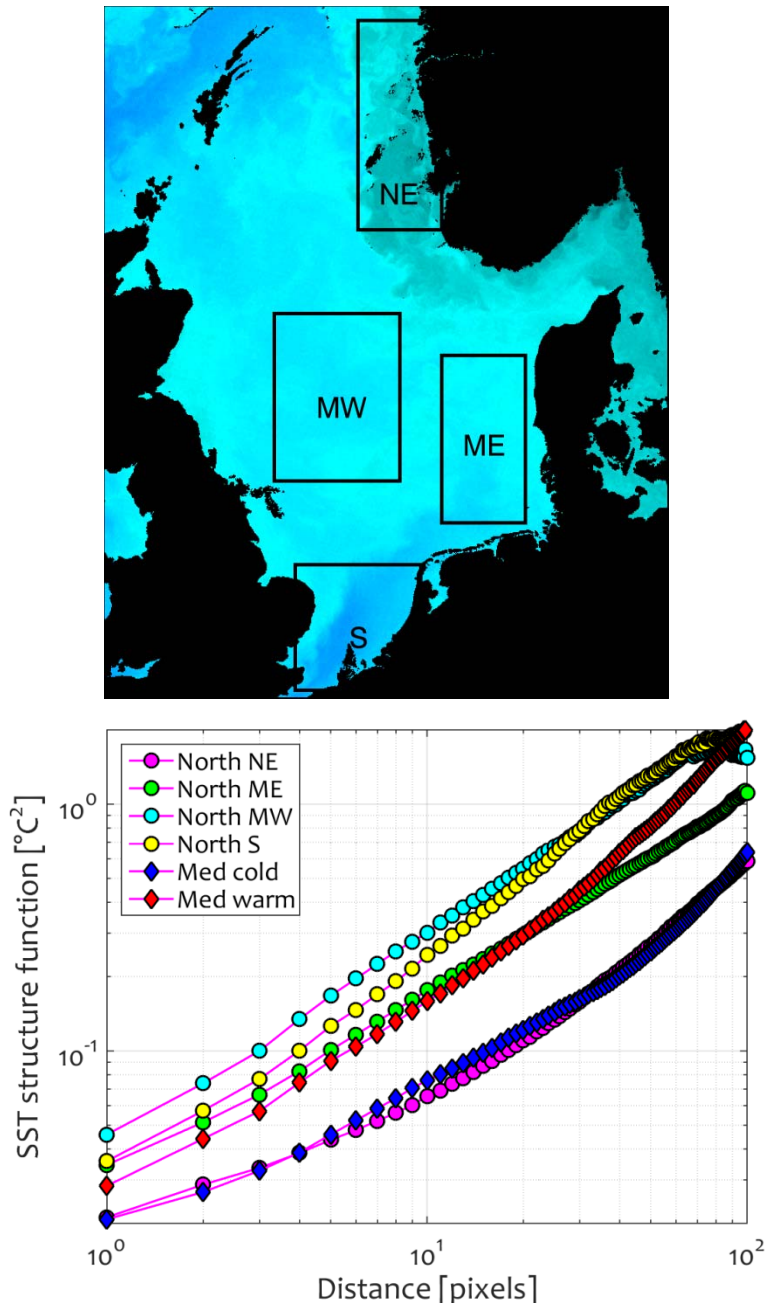


Fig. 6. Locations of the test sites in the North Sea (upper panel) and corresponding structure functions of SST (lower panel)

3.4. Comparison with the North Sea results. Finally, we will compare the SST structure functions obtained in the Western Mediterranean with those of the North Sea calculated using a 6-year long dataset of AVHRR SST. In this marginal sea, four different test sites were chosen with different turbulent regimes in them (Fig. 6, upper panel). Thus, the most eddy active test site is the north-eastern (NE) one, where Baltic Sea warm water propagates along the Norwegian coast. The middle ones (ME and MW) correspond to quite homogeneous fields of SST without almost any vortical structures found and, finally, the southern one (S) is an area totally mixed by tides, but still manifesting some instabilities and eddy generation.

The NE North Sea structure function corresponds well to the cold season median structure function in the Western Mediterranean (Fig. 6, bottom panel).

Similar to the structure functions of the Chl-a fields, the ones of the North Sea non-eddy active regions (ME, MW, and S) did not demonstrate any significant changes of the slope.

4. Conclusions

In the present study, the turbulent regimes of the Western Mediterranean Sea were tackled by means of satellite imagery. A visual inspection of Chl-a and SST images acquired in 2014-2016 revealed different types of surface stirring during the cold and warm periods of year. Thus, during winter in the fields of Chl-a there prevail chaotic small-scale turbulent features, while during the warm period, quite a large number of well-developed coherent vortical structures can be observed.

Calculation of the structure function of the corresponding fields showed that despite more detailed visualisation of surface circulation provided by Chl-a images in the region of interest, the structure function of SST proved to be more sensitive to the changes of the turbulent regime than the structure function of Chl-a. The characteristic feature of developed mesoscale eddy activity seems to be the slowed rise of SST structure function at the spatial scales where most eddies are observed.

Acknowledgements

This research was supported by the University of Liege and the EU in the context of the FP7-PEOPLE-COFUND-BeIPD project. The study has been conducted using E.U. Copernicus Marine Service Information.

References

- [1] Barale, V. 2008: The European Marginal and Enclosed Seas: An Overview, in *Remote Sensing of the European Seas*, V. Barale and M. Gade (Eds.), Springer, Heidelberg, 514 pp., 3–22.
- [2] Deschamps, P. Y., Frouin, R., and Wald, L. 1981: Satellite determination of the mesoscale variability of the sea surface temperature. *Journal of Physical Oceanography*, 11(6), 864-870.

РАЗВИТИЕ ЭКЗОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ НА БЕРЕГАХ СЕВАСТОПОЛЯ

И.В. Агаркова-Лях

iva_crimea@mail.ru@inbox.ru

Институт природно-технических систем, Россия, г. Севастополь

Развитие экзогенных береговых процессов связано с волновыми и гравитационными факторами, действием поверхностных и подземных вод, которые наносят значительный урон различным видам природопользования. На территории Российской Федерации основной ущерб вызывают наводнения (около 30%); оползни, обвалы и лавины (21%); сели и переработка берегов водохранилищ и морей (3%). Воздействию суффозии подвержены 958 городов России, оползней и обвалов – 725 городов, карста – 301 город, переработке берегов морей и водохранилищ – 53 города [1]. По этой причине изучение экзогенных процессов на морских берегах актуально для прогноза их динамики, оценки потенциальных угроз и возможностей ведения хозяйственной деятельности на приморских территориях.

Береговая зона Севастопольского региона протянулась почти на 158 км от м. Лукулл на севере до м. Сарыч на юге. Она формируется в различных тектонических, геологических и гидродинамических условиях. Ее отличия наиболее ярко выражаются во внешнем облике берегов, их геолого-геоморфологическом строении и связанным с ним характером и интенсивностью проявления экзогенных процессов.

Цель и задачи. Цель статьи – дать характеристику экзогенных процессов, развивающихся на берегах Севастополя. Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи: 1) типизировать берега Севастополя по геолого-геоморфологическим особенностям и характеру экзогенных процессов; 2) охарактеризовать виды и интенсивность проявления экзогенных береговых процессов. Исходными материалами для исследования послужили отчеты Института минеральных ресурсов, Крымской гидрогеологической экспедиции и ГГП «Крымгеология» [2, 3], а также собственные полевые наблюдения.

Основная часть. По особенностям геолого-геоморфологического строения, характеру и интенсивности развития экзогенных процессов, берега Севастополя можно разделить на три участка: первый – от м. Лукулл до м. Константиновский; второй – от м. Константиновский до м. Виноградный; третий – от м. Виноградный до м. Сарыч (рис. 1).

Участок между мысами Лукулл и Константиновским в динамическом отношении представляет собой выровненный абразионный берег [5]. Он сложен красно-бурыми и желтовато-бурыми плиоценовыми и четвертичными глинами с подчиненными им слоями красноземов, и линзами песчаников, переходящих в мелкогалечниковые конгломераты. Образование мысов Лукулл и Маргопуло связано с надводным и подводным бронированием берегов глыбами конгломерата. Наибольших высот достигают обрывы севернее с. Андреевка и пгт. Кача (25–30 м), а также южнее пгт. Кача и устья Качи (30–40 м). В устьях рек береговые обрывы сменяются уступами высотой до 2 м.



Рис. 1. Береговые участки Севастополя [4]

Среди экзогенных процессов доминирует размыв, что подтверждает активное отступление берега на всем протяжении, кроме устьев рек. Однако приводимые данные по скоростям размыва участка отличаются у разных авторов. Согласно [6] скорости размыва изменяются от 0,6 до 3,0 м/год; по данным [3] они равны 1,3 м/год. Ю.Д. Шуйский [7] приводит средние скорости размыва между м. Лукулл и устьем Качи 1,2 м/год, между устьем Качи и южнее устья Бельбека 1,5 м/год. Усредненные скорости по Качинскому участку составляют 1,1 м/год, Учкеевскому – 1,5 м/год [2].

Наряду с размывом, оползни и обвалы развиты между м. Лукулл и пгт. Кача, и южнее устья Качи; отседание блоков в устьях рек и южнее устья Бельбека. По характеру экзогенных процессов Т.В. Махаева [8] относит берега между м. Лукулл и устьем Качи к типу обвально-осыпных, между устьями Качи и Бельбека – оползневых.

Образованию оползней способствуют геология и высокая обводненность береговых склонов, а их активизации – волновая деятельность и атмосферное увлажнение грунтов. Активные оползни отмечены близ устьев Качи и Бельбека, в пгт. Кача, пос. Любимовка, районе Учкеевка, на Косе Северной [9, 10]. При подвижках абразионных оползней происходят земляные обвалы. Они регулярны у пгт. Кача, где крупные обвалы фиксировались в июне 2005 г., июле 2010 г., августе 2012 г., сентябре 2015 г. и декабре 2016 г. [11].

Действие атмосферных и подземных вод, просачивающихся через береговые галечники, стимулирует суффозионные процессы. В сочетании с размывом, суффозия ускоряет разрушение берегов [2].

Паводки на р. Бельбек приводят к повышению уровня грунтовых вод на прибрежных территориях. В результате, у пос. Любимовка происходит затопление побережья, осложненное нагонами уровня [9]. Селевые процессы возникают на реках Кача и Бельбек один раз в 6–15 лет [12].

Участок от м. Константиновский до м. Виноградный включает открытые берега и бухты Гераклеяского полуострова. Между мысами Константиновским и Херсонес береговая линия интенсивно расчленена. Здесь насчитывается более десятка крупных и мелких бухт, среди которых Севастопольская, Карантинная, Стрелецкая, Круглая (Омега), Камышовая, Казачья. По динамическому типу открытые берега относятся к выровненным абразионным в коренных породах, бухты – к риасовым или бухтовым ингрессионным [5, 13]. Низменный берег у м. Херсонес повышается на северо-восток к Севастопольской бухте и на юг к м. Виноградный. Берега вырезаны в неогеновых, преимущественно, сарматских известняках, замещающихся при продвижении к вершинам бухт глинами и рыхлыми морскими четвертичными отложениями. Высота клифов у входа в бухты уменьшается от 25 м (в Казачьей) до 3-2 м (в Омеге и у Херсонесского музея) [2]. В вершинах бухт клиф, как правило, отмирает, образуя пологие склоны, что наблюдается в бухте Омега.

На открытых берегах и мысах господствует абразия. Значительная прочность берегов определяет невысокие скорости их отступания. Согласно В.П. Зенковичу [13] берега абрадируются со скоростью 0,01-0,015 м/год. Ю.Д. Шуйский [7] оценивает эти скорости в 0,2 м/год. Открытые берега имеют изрезанный в профиле активный клиф из-за селективной абразии малопрочных слоев известняка. Абразия происходит по ослабленным зонам и сопровождается такими процессами: подмыв – образование ниши – обвал – дробление обвалившейся массы. Среди других процессов здесь развиты обвалы, что позволило Ю.Д. Шуйскому [14] отнести клифы открытых берегов к абразионно-обвальным (рис. 2).

Обвалы часты в Казачьей бухте (2010 и 2013 гг.). На пляже в районе «Автобата» последний обвал объемом 1–1,5 тыс. м³ произошел в сентябре 2016 г. [15]. Оползневые процессы активны в Карантинной бухте, где в июне 2015 г. сошел крупный оползень [16]. В результате растворения известняков развивается карст и связанные с ним формы берегового рельефа.

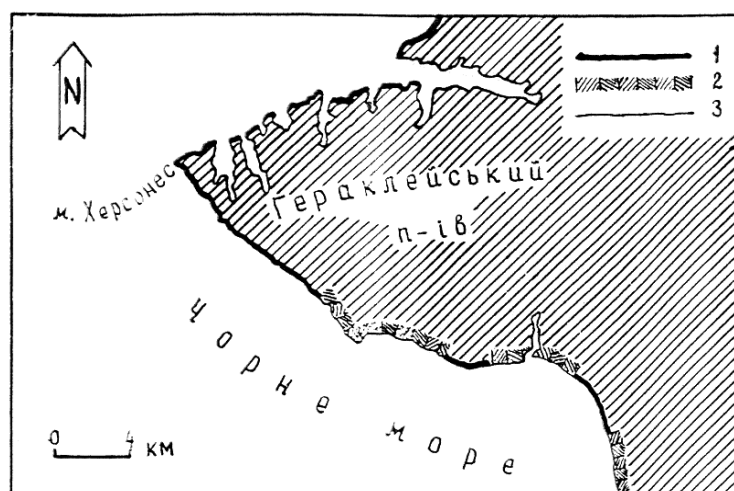


Рис. 2. Типичные риасовые берега (ингрессионные абразионно-бухтовые первичного расчленения в скальных породах): 1 - абразионно-обвальная клифа; 2 - абразионно-денудационная клифа; 3 - устойчивые береговые участки риасовых заливов, где берега сейчас практически не изменяются [14]

Севастопольские бухты относятся к устойчивым береговым участкам, которые сейчас практически не подвергаются волновому воздействию. При этом следует отметить, что значительная их часть представляет собой антропогенные берега. В устье р. Черной происходит подтопление и затопление территорий [17]. Частота возникновения селей на реке составляет один раз в 80 лет [12].

Участок между мысами *Виноградный* и *Сарыч* в динамическом отношении включает три типа берегов: абразионные в коренных породах (от м. Виноградный до Балаклавской бухты), риасовые или бухтовые ингрессионные (Балаклавская бухта), гористые абразионно-бухтовые (от Балаклавской бухты до м. Сарыч) [5]. Отличительной особенностью геологии этого участка является высокая прочность берегов. У м. Виноградный появляются выходы изверженных вулканических пород – кварцевых

кератофигов, выступающих в море в виде скал (мысы Виноградный, Лермонтова и Фиолент). Восточнее м. Фиолент вулканические породы вскоре исчезают и через 2 км береговой обрыв прорезает Мраморная балка, которая отделяет сарматские известняки от массивных верхнеюрских мраморизованных известняков. Последние слагают берега почти до м. Айя. От бухты Ласпи до м. Сарыч в строении берегов фрагментарно участвуют флишевые отложения. Их основу образуют породы таврической глинисто-сланцевой свиты (верхний триас – нижняя юра), представленной чередованием глин, аргиллитов, алевролитов и песчаников. Между мысами Айя и Сарыч на берегу характерны навалы известняковых глыб, сползших к морю от обрывов яйл. Наибольшие абсолютные отметки активных клифов составляют около 500 м. Часто клифы круто обрываются в море, как на участках у м. Фиолент, вдоль высот Кая-Баш, у входа в Балаклавскую бухту, между Балаклавой и м. Айя [4].

Доминирующими экзогенными процессами на берегах из прочных пород являются денудация, оползни, обвалы и осыпи. На флишевых берегах развиты абразия, оползни, эрозия, сели, обвалы и осыпи. По характеру экзогенных процессов Ю.Д. Шуйский [14] выделяет два типа клифов между мысами Фиолент и Айя: абразионно-денудационные (в прочных породах) и абразионно-обвальные (в податливых породах) (см. рис. 2). Авторы [2] относят берега между Балаклавой и м. Сарыч к типу абразионно-оползневых, абразионно-обвальных и абразионно-эрозионных.

Наибольшую активность имеют обвально-осыпные процессы. У пос. Фиолент в 1999 г. произошел один из самых значительных в XX в. на морском побережье Крыма скальных обвалов объемом 40 тыс. м³ и массой 80 тыс. т. Тогда же неподалеку образовался еще один обвал объемом 10 тыс. м³ и массой 20 тыс. т. [20]. В заказнике «Мыс Айя» в 1982 г. зафиксирован обвал объемом около 2 тыс. м³ [21]. У базы отдыха «Каравелла» в декабре 2016 г. произошел обвал площадью около 250 м². Обвально-оползневые участки восточнее м. Фиолент объединены в семь обвально-оползневых систем. На м. Фиолент и вдоль побережья заказника «Мыс Айя» почти повсеместно отмечаются камнепады и осыпи. Обвально-осыпные процессы широко развиты от урочища Аязьма до Батилимана [10].

Оползни встречаются в местах сильного обводнения глин и формирования неустойчивых склонов из-за абразии и хозяйственной деятельности. Они происходят в урочищах Аязьма и Батилиман. Техногенные оползни формируются в Василевой балке. В декабре 2006 г. от южного борта Псилерахского карьера на пляж «Василева балка» сошел техногенный оползень, выдвинувшийся в море на 100 м при ширине языка 200 м [22].

Развитие эрозии и селей связано, главным образом, с периодами интенсивного выпадения осадков (апрель, июль-август). В урочище Ласпи за счет совместной деятельности эрозии временных водотоков и суффозионных процессов образуются овраги. Селеопасный участок расположен в ущелье урочища Кокия у м. Айя. Мощный селевой поток здесь был зафиксирован 5

июля 1980 г. после ливневых дождей. Образовавшийся паводок размыл отложения притальвежных осыпей и обвалов и трансформировался в селевой вал высотой около 4 м. Общий объем выноса обломочного материала составил 5 тыс. м³ [20].

Скорости абразии повсюду ничтожны. Почти не поддаются абразии мысы Фиолент, Айя, Сарыч, окрестности Балаклавы, а также навалы известняковых глыб [2, 5, 6]. Согласно [18], за последние 2000 лет средняя скорость разрушения южных берегов Крыма составила 0,001-0,002 м/год. На флишевых берегах абразия достигает 0,01-0,05 м/год [19].

Таким образом, на берегах Севастополя развиваются разнообразные экзогенные процессы, динамика которых переводит морское побережье в категорию небезопасных территорий. Из-за проявления опасных экзогенных процессов более 50% длины севастопольских берегов отнесены к категории запрещенных для купания мест. Их протяженность на участке от м. Лукулл до м. Константиновский составляет 18,4 км, от м. Константиновский до м. Виноградный – 32 км, от м. Виноградный до м. Сарыч – 35 км [23]. Усилению экзогенных процессов способствует активное вовлечение приморской зоны в рекреационную и жилую застройку.

Для предотвращения опасных ситуаций следует вести круглогодичный мониторинг активности экзогенных процессов в береговой зоне Севастополя с использованием наземных и дистанционных методов наблюдения. Результаты мониторинга должны использоваться для оперативной установки на берегах информационных щитов, предупредительных и запрещающих знаков, ограждений на опасных для посещения участках, в особенности, перед купально-пляжным сезоном. В перспективе необходимы разработка и осуществление комплекса инженерных берегозащитных мероприятий в районах активного развития экзогенных процессов между мысами Лукулл и Сарыч.

Список литературы

1. Предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций: электронное учебное пособие [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.obzh.ru/pre/1-1.html> (дата обращения: 17.02.2017).
2. Составить кадастр надводной части берегов Крыма применительно к масштабу 1:200 000: отчет / Крымская гидрогеологическая экспедиция, Институт минеральных ресурсов; отв. исполн. О.С. Романюк. Симферополь, 1988.
3. Изучение условий развития экзогенных геологических процессов береговой зоны Крымского полуострова: отчет / ГПП «Крымгеология»; исполн. Ю.П. Лукьянов. Симферополь, 1993.
4. Агаркова-Лях И. В. Современное состояние береговой зоны Севастопольского региона и особенности ее антропогенного преобразования // Культура народов Причерноморья. 2007. № 118. С. 7–13.
5. Зенкович В.П. Морфология и динамика Советских берегов Черного моря. В 2 т. Т.1. М.: АН СССР, 1958.
6. Изучение оползней Крымской области за 1976-1980 гг. и 1981-1982 гг.: отчет / Крымская гидрогеологическая экспедиция; исполн. И.Ф. Ерыш. Симферополь, 1983.
7. Шуйский Ю.Д. Питание обломочным материалом северо-западного и крымского районов шельфа Черного моря // Исследование динамики рельефа морских побережий. М.: Наука, 1979. С. 89–97.

8. Махаева Т.В. К геоморфологии и динамике берегов Западного Крыма // Геология побережья и дна Черного и Азовского морей в пределах УССР. Вып. № 2. К.: КГУ, 1968. С.160–165.
9. Концепция пространственного развития города федерального значения Севастополя [Электронный ресурс]. ООО «Институт территориального планирования «Урбаника». Санкт-Петербург – Севастополь. 2015. URL: https://sevzakon.ru/assets/files/plans/urbanika_koncepciya.pdf (дата обращения: 18.02.2017).
10. Новиков А.А., Каширина Е.С., Белоконь В.В. Геолого-геоморфологические опасные процессы как факторы угроз для особо охраняемых природных территорий г. Севастополя // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа: сб. научн. тр. 2014. Вып. 29. Севастополь. С. 61–69.
11. Трагедия в Севастополе: на пляж сошел оползень [Электронный ресурс]. Электронное периодическое издание Sakhalin.info. 22.06.2005. URL: <https://www.sakhalin.info/news/22.06.2005/29561> (дата обращения: 28.02.2017).
12. Рудько Г.И., Ерыш И.Ф. Оползни и другие геодинамические процессы горноскладчатых областей Украины (Крым, Карпаты): монография. К.: Задруга, 2006. 624 с.
13. Зенкович В.П. Морфология и динамика Советских берегов Черного моря. В 2 т. Т.2. М.: АН СССР, 1960. 216 с.
14. Шуйський Ю.Д. Типи берегів Світового океану. Одесса: Астропринт, 2000. 480 с.
15. На мысе Фиолент обрушился берег [Электронный ресурс]. ForPost. Севастопольский новостной портал. 02.12.2016. URL: <http://sevastopol.su/news.php?id=92544> (дата обращения: 26.12.2016).
16. Оползни в Карантинной бухте продолжают [Электронный ресурс]. SEVAS.com. Новости. 17.10.2015. URL: http://news.sevas.com/other/opolzni_v_karantinnoj_buhte_sevastopolya_foto_oktyabr_2015 (дата обращения: 28.02.2017).
17. Краткое описание Балаклавского района [Электронный ресурс]. 2003. URL: <http://www.ulrnc.org.ua/services/balak/Report on the state of environment in Balaklava Bay.pdf> (дата обращения: 10.01.2017).
18. Штенгелов Е.С. С какой скоростью отступает обрыв Южного берега Крыма? // Природа. 1970. № 8.
19. Шуйский Ю.Д. Процессы и скорости абразии на украинских берегах Черного и Азовского морей // Известия АН СССР. Серия география. 1974. №6. С.108–117.
20. Клюкин А.А. Экстремальные проявления неблагоприятных и опасных экзогенных процессов в XX веке в Крыму // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2005. Вып.1. С.27–38.
21. Литологический контроль гравитационных процессов в Горном Крыму / Б.И. Корженевский, Л.С. Борисенко, И.Б. Корженевский [и др.]. // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отд. Геол. 1989. Т.64. Вып.7. С.45–52.
22. Илларионов В. Крупнейший техногенный оползень Крыма [Электронный ресурс]. Онлайн-версия информационной газеты «Слава Севастополя». 14.12.2006. URL: http://slavasev.ru/2006.12.14/view/14556_krupneyshiy-tehnogennyu-opolzen-kryma.html (дата обращения: 12.12.2016).
23. Список участков побережья, где запрещено купание в Севастополе [Электронный ресурс]. SEVAS.com. Новости. 20.07.2015. URL: http://news.sevas.com/politics/gde_zapreshheno_kupanie_v_sevastopole_2015_spisok_mest (дата обращения: 26.02.2017).

КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ В ДМА

¹С.М. Агаян, ^{1,2}Ш.Р. Богоутдинов, ¹М.Н. Добровольский

shm@gcras.ru

¹Геофизический центр РАН, Россия, г. Москва

²Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН, Россия, г. Москва

Введение

Очень схематично знания в естественных науках добывается следующим образом (рис. 1). На сегодняшний день анализ и обработка данных осуществляется в основном ставшими уже классическим такими методами, как статистический анализ, СВАН, вейвлет-анализ, фрактальный анализ и набирающая в последнее время ход математическая морфология.

При всех достоинствах большинство из них обладают излишней жесткостью в силу своего математического происхождения. Это означает, что для их эффективного применения изучаемый объект (а скорее его модель) должны удовлетворять ряду предварительных условий (стационарности, нормальности, регулярности и т.д.). Если это не так, то возникают проблемы. Раньше они решались упрощением модели.

В последнее время благодаря развитию вычислительной техники появились более мягкие, нетребовательные методы (комбинаторный перебор, имитационное моделирование, нейронные сети и т.д.).

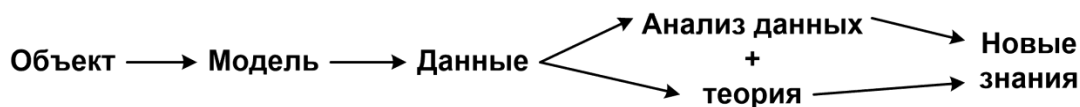


Рис. 1. Схема исследования

Представленная схема (рис. 1) не включает исследователя. В то время как его роль велика даже при хорошей теории (например, при окончательных выводах) и совершенно решающа, огромна в других случаях.

Поэтому более правильной будет схема, представленная на рис. 2. Именно эта схема имеет место в геологии и геофизике (что особенно близко авторам): роль исследователя очень велика в силу нерегулярности и нечеткости как данных, так и знаний.



Рис. 2. Окончательная схема анализа данных

Опытный исследователь совершеннее любого формального аппарата выделит аномалии в физических полях небольшой размерности, перейдет от их локального уровня к глобальному для целостной интерпретации, найдет сигналы нужной формы на записях небольшой длины и сделает многое другое.

Но он бессилён в больших размерностях и объемах, поэтому особую актуальность приобретает задача научить компьютер анализировать данные, как исследователь.

ДМА

При решении поставленной задачи сразу было принято во внимание то обстоятельство, что человек мыслит и оперирует не числами, а нечеткими понятиями. Поэтому в техническую основу нашего моделирования, наряду с классической математикой, вошла также и нечеткая математика и непосредственно через нее нечеткая логика.

Мы считаем, что преимущество исследователя в анализе данных перед формальными методами объясняется гибким, адаптивным восприятием человеком фундаментальных свойств близости, непрерывности, связности, тренда и др. потому что именно из этих свойств, как из конструктора, складываются все алгоритмы анализа данных. Чем больше моделей свойств, тем совершеннее конструктор. Поэтому нам важно, чтобы было много непрерывностей, связностей, трендов и т.д.

Результат решения – новый подход к анализу данных, ориентированный на исследователя и занимающий промежуточное положение между жесткими математическими методами и мягкими комбинаторными. Это – ДМА.

Дискретный математический анализ (ДМА) – это серия алгоритмов анализа дискретных данных, объединенных общей формальной основой: нечеткие сравнения чисел, мера близости в дискретных пространствах, дискретный предел. Идея ДМА состоит в создании дискретных аналогов понятий классического математического анализа: предел, непрерывность, гладкость, связность, монотонность, экстремум и т.д.

Итак наш путь – воспользоваться для анализа дискретных данных классической непрерывной математикой, заменив в ней фундаментальные основы нечеткими моделями их дискретных аналогов.

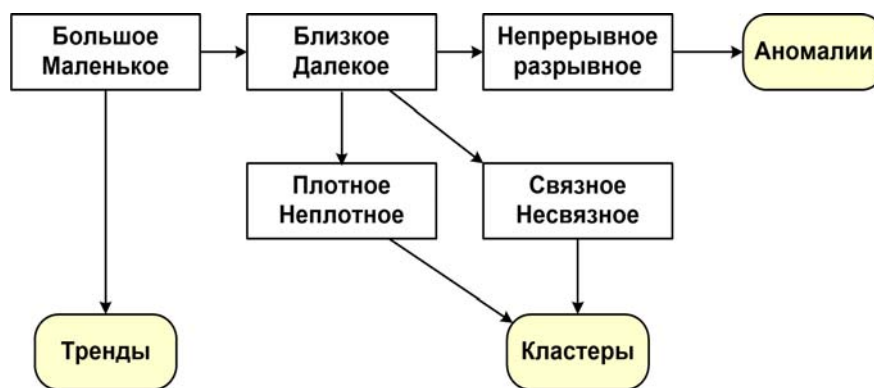


Рис. 3. Переход от математических понятий (белый фон) к понятиям анализа данных (желтый фон)

Обратимся к схеме (рис. 3) и предположим, что мы знаем, что такое **большое-маленькое**, тогда мы можем построить математические понятия:

- **Близкое-Далекое** \equiv **маленькое-большое** расстояние;
- **Непрерывное-Разрывное** \equiv **близкое в близкое – близкое в далекое**;
- **Плотное-Неплотное** \equiv **большое-маленькое** присутствие **близких** точек;

- **Связное-Несвязное** \equiv **возможность-невозможность** перехода из любой точки в другую через **близкие**;
и понятия анализа данных:

- **Аномалии** \equiv **разрывное**;
- **Кластеры** \equiv **связные и плотные**;
- **О трендах** ниже.

Для построения ДМА и, в частности, для реализации представленной схемы обычных множеств и булевой логики недостаточно: булевы признаки внутренне дизъюнкты (жестки), что приводит к выхолащиванию моделирования. Содержательные признаки должны быть непрерывными (мягкими), а потому нечеткими. Нечеткая математика = нечеткие множества + нечеткая логика. Нечеткая математика – удачный мост (интерфейс) между исследователем и компьютером.

Нечеткие множества

Определение 1 *Нечеткое множество $A \equiv$ множество пар $(x, \mu_A(x))$, где x – точка универсума X , а $\mu_A(x)$ – степень принадлежности x к A .*

Основные операции с нечеткими множествами

- Нечеткое отрицание

а) $\mu_{\bar{A}}(x) = 1 - \mu_A(x), \forall x \in X$

б) $\mu_{\bar{A}}(x) = \sqrt{1 - \mu_A^2(x)}, \forall x \in X$

- Нечеткое пересечение

а) $\mu_{A \cap B}(x) = \min(\mu_A(x), \mu_B(x)), \forall x \in X$

б) $\mu_{A \cap B}(x) = \mu_A(x) \mu_B(x), \forall x \in X$

- Нечеткое объединение

а) $\mu_{A \cup B}(x) = \max(\mu_A(x), \mu_B(x)), \forall x \in X$

б) $\mu_{A \cup B}(x) = \mu_A(x) + \mu_B(x) - \mu_A(x) \mu_B(x), \forall x \in X$

Из нечеткой математики мы берем две вещи:

1. То, что называем принципом нечеткости: “Любым свойством обладает каждый элемент, но в разной степени”

2. Операции нечеткой логики для соединения свойств и конструирования алгоритмов.

Обычно в ДМА X – это область определения записи, поля, процесса. Всякое их свойство проявляется на X в разной степени и в этом смысле может считаться мягкой структурой на X .

Большое-маленькое

С учетом сказанного выше для запуска схемы на рис. 3 нужно ответить на вопрос, что такое "большое" и что такое "маленькое".

Пусть задано: $A = \{(a_k, \omega_k) \mid_{k=1}^K, \omega_k > 0\}$ – конечная числовая совокупность с весами.

Определение 2 *Мера максимальности $\text{mesmax}_A(x)$ (минимальности $\text{mesmin}_A(x)$) – нечеткая структура на \mathbb{R} , отвечающая на вопрос: "В какой степени число x является большим (маленьким) по модулю A ?"*

$$\text{mesmax}_A(x) = \text{mes}(A < x) \in [-1, 1]$$

$$\text{mesmin}_A(x) = \text{mes}(x < A) \in [-1, 1]$$

Мера экстремальности \equiv (Мера максимальности) \vee (Мера минимальности)

Неформальная интерпретация для функций: $\text{mesmax} f(x)$ показывает в какой степени значение функции f в точке x является большим. Аналогично для $\text{mesmin} f(x)$.

$$f : X \rightarrow \mathbb{R}, \quad \begin{aligned} \text{mesmax} f(x) &= \text{mesmax}_{\text{Im} f} f(x) \\ \text{mesmin} f(x) &= \text{mesmin}_{\text{Im} f} f(x) \end{aligned}$$

В ДМА для мер экстремальности имеется четыре конструкции. Самая прозрачная – “нечеткие сравнения”.

Нечеткие сравнения

Во многих случаях обычная линейная мера превосходства одного числа над другим в виде разности оказывается слишком грубой.

Определение 3 *Нечеткое сравнение $n(a, b)$ на неотрицательных числах $a, b \in \mathbb{R}^+$ измеряет степень превосходства “ a ” над “ b ”:*

$$n(a, b) = \text{mes}(a < b) \in [-1, 1].$$

Пример 1 $n(a, b) = \frac{b-a}{\max(a, b)}$. Даны две пары чисел (5,10) и (70,75). Для них обычная разность одинакова, в то время как нечеткие сравнения различны:

$$\begin{aligned} \text{mes}(5 < 10) &= n(5, 10) = \frac{5}{10} = \frac{1}{2} \\ \text{mes}(70 < 75) &= n(70, 75) = \frac{5}{75} = \frac{1}{15} \end{aligned}$$

что выглядит более естественно (пятилетний ребенок сильнее отличается от десятилетнего, чем 70-летний человек от 75-летнего)

Всякое нечеткое сравнение определяет меры экстремальности, например, бинарным способом:

$$\begin{aligned} \text{mesmax}_A x &= \frac{\sum \omega_i n(a_i, x)}{\sum \omega_i} \in [-1, 1] \\ \text{mesmin}_A x &= \frac{\sum \omega_i n(x, a_i)}{\sum \omega_i} \in [-1, 1] \end{aligned}$$

Так что у нас имеется ответ на вопрос: “Что такое большое и что такое маленькое?”

Определение 4 *Элемент x большой (маленький) по модулю A , если $\text{mesmax}_A x \geq 0.5$ ($\text{mesmin}_A x \geq 0.5$).*

Близкое-далекое

Меры близости строятся с помощью мер минимальности. Приведем две конструкции.

• 1-ая конструкция: dX – совокупность всех нетривиальных расстояний в пространстве X . Для точек x и y решается вопрос: ”В какой степени

расстояние $d(x, y)$ между ними является маленьким среди остальных?”. Ответ на него и есть $\delta_x(y)$.

$$dX = \{d(\bar{x}, \bar{y}) : \bar{x} \neq \bar{y} \in X\}$$

$$\delta_x(y) = n(d(x, y), dX) = \frac{\sum_{\bar{y} \neq \bar{x}} n(d(x, y), d(\bar{x}, \bar{y}))}{|X|(|X|-1)}$$

• 2-ая конструкция: $dX(x)$ – совокупность расстояний от x до других точек из X . Дальше тоже самое.

$$dX(x) = \{d(x, \bar{y}) : \bar{y} \in X - x\}$$

$$\delta_x(y) = n(d(x, y), dX(x)) = \frac{\sum_{\bar{y} \neq x} n(d(x, y), d(x, \bar{y}))}{|X|-1}$$

Пример 2 Работа 2-й конструкции (рис. 4)

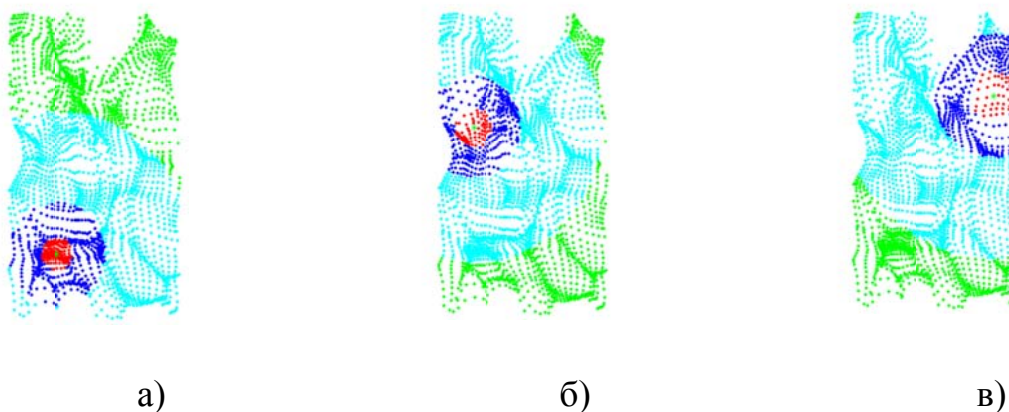


Рис. 4. Зависимость радиуса от положения точки

Плотное-неплотное

Обратите внимание: Чем пространство плотнее в точке (рис. 4), тем радиус красного шара меньше. Другими словами, такой радиус может служить показателем плотности (предельности) пространства в точке. Приведем общее определение:

Определение 5 Для подмножества $A \in X$ плотность P_A – функция принадлежности на X к нечеткому понятию “близость (предельность) к A в X ”: значение $P_A(x)$ выражает в шкале $[0,1]$ степень близости (предельности) точки x к подмножеству A в пространстве (X, d)

Приведем две конструкции:

• 1-ая конструкция продолжает философию мер близости с двух точек на подмножество и точку: если $d(\cdot, A)$ – вариант расстояния до A в X , $d(X, A) = \{d(x, A) : x \in X\}$, тогда

$$P_A(x) = \text{mesmin}_{d(X,A)} d(x, A)$$

• 2-ая конструкция реализует “плотное – большое присутствие близких точек”. Пусть $r > 0, D_A(x, r) = \{a \in A : d(a, x) \leq r\}$, $D_A(X, r) = \{D_A(y, r), y \in X\}$. Тогда

$$P_A(x) = \text{mesmax}_{|D_A(X,r)|} |D_A(x, r)|.$$

Пусть (X, d) – конечное метрическое пространство, $P_X(\cdot)$ – выбранная на нем модель плотности, $P(X) = \{P_X(x) : x \in X\}$.

Определение 6 Назовем точку x^* плотной в X , если $\text{mesmax}_{P(X)} P_X(x^*) \geq 0.5$

Пример 3 На рис. 5 красным цветом показаны плотные точки.



Рис. 5. Плотные точки

Кластеры

ДМА неформально определяет кластеры, как непрерывные области исходного пространства с относительно высокой плотностью точек, отделенные от других таких областей областями с относительно низкой плотностью. В основе строгой формализации кластерности лежит упоминавшаяся выше конъюнкция:

Кластерность \equiv плотность + связность.

Обратимся к связности: выбирается мера близости δ и порог близости α .

Определение 7 A – α - δ -связно, если $\forall x, y \in X$ найдется цепочка z_1, \dots, z_n с $x = z_1$ и $y = z_n$, для которых $\delta_{z_i} z_{i+1} \geq \alpha$, $i = 1, \dots, n-1$.

Данное определение реализует “связность как возможность перехода через близкие точки”.

Определение 8 A – α - δ -кластер, если $\min_{x \in A} P_A(x) \geq \beta \wedge A$ – α - δ -связно.

ДМА-кластеризация (плотность + связность) более реалистична, чем обычная, так как происходит в зашумленных пространствах, и происходит в два этапа:

- 1-й этап – удаление шума \equiv топологическая фильтрация \equiv сокращение пространства до плотных точек;
- 2-й этап – кластеризация плотных точек в обычном смысле \equiv разбиение их на связные компоненты (кластеры).

Пример 4 На рис. 6 представлена ДМА-кластерзация с учетом вертикального взгляда на плотность (самое плотное лежит в основании возвышенностей): рис. 6а - исходное множество, рис. 6б - результат 1-го этапа, рис. 6в - результат 2-го этапа.

Непрерывное-разрывное

В ДМА дискретной непрерывности уделяется много внимания, поскольку она тесно связана с разрывностью (одним из проявлений аномальности).

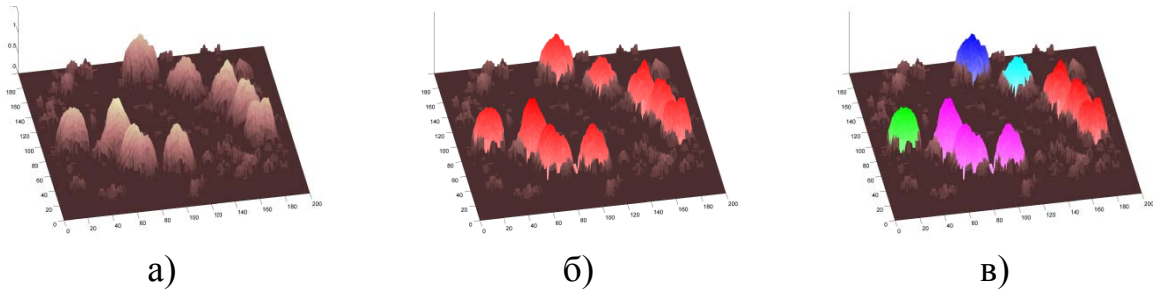
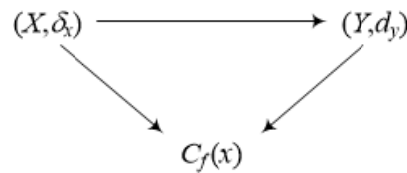


Рис. 6. ДМА-кластеризация

Остановимся на одном подходе: пусть f - отображение конечных метрических пространств X и Y , переводящее точку $x \in X$ в точку $y \in Y$:

$$f: X \rightarrow Y \quad X \ni x \xrightarrow{f} y \in Y.$$

Введенные выше нечеткие сравнения и меры близости позволяют формализовать понятие непрерывности f в точке x : всякая пара мер близостей δ_x в точке x на X , δ_y в точке y на Y дают возможность реализовать сформулированную выше логику непрерывности (**близкое в близкое**) отображения f и получить нечеткую меру непрерывности $C_f(x)$ отображения f в точке x :



Определение 9

$$D(x) = \{\bar{x} \in X : \delta_x(\bar{x}) \geq 0.5\}$$

$$D(y) = \{\bar{y} \in Y : \delta_y(\bar{y}) \geq 0.5\}$$

$$C_f(x) = \frac{|\{\bar{x} \in D(x) : f(\bar{x}) \in D(y)\}|}{|D(x)|}$$

Пример 5 На рис. 7 красным цветом показаны точки, в которых отображение f имеет небольшую меру дискретной непрерывности (большую меру аномальности)

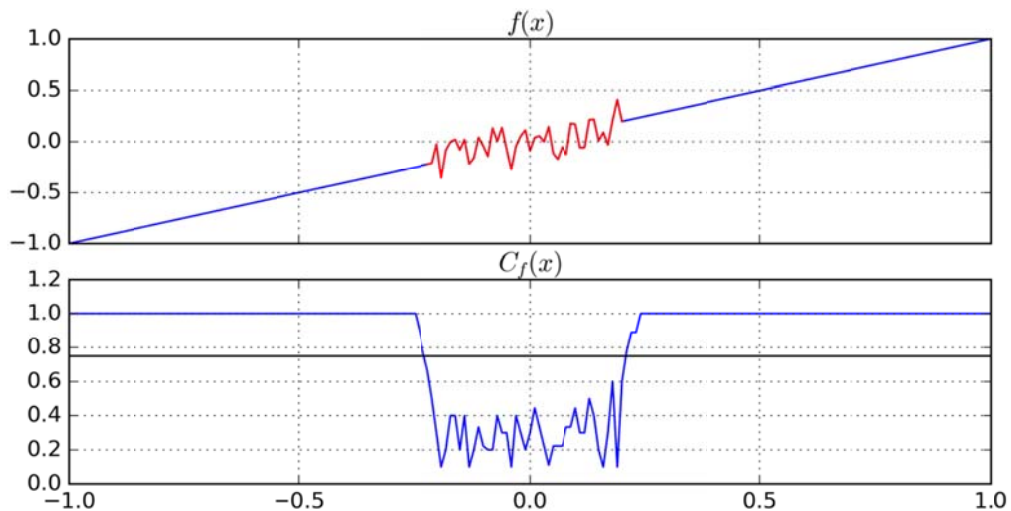


Рис. 7. Наиболее ясный вариант “близкое в близкое”

Тренды

Пусть дан временной ряд $x: (x(t_i)|_0^N)$, $t_i = a + ih$. $h = \frac{b-a}{N}$, $t_0 = a$, $t_N = b$

Определение 10 Назовем ограничения $x|_{[a,t_i]}$, $x|_{[t_i,b]}$ левой, правой частями x в узле t_i и обозначим их соответственно через $Lx(t_i)$ и $Rx(t_i)$.

Ряд x возрастает (убывает) в узле t_i , если $Lx(t_i) \leq Rx(t_i)$ ($Rx(t_i) \leq Lx(t_i)$). Эти неравенства при помощи нечетких сравнений моделируются по-разному, и также по-разному им придается нечеткая мера. Приведем одну из возможных схем такого моделирования. Пусть $\delta_{t_i}^-(t_j)$ и $\delta_{t_i}^+(t_j)$ – односторонние веса в узле t_i :

$$\delta_{t_i}^-(t_j) = \frac{t_j - a + h}{t_i - a + h}, \quad \delta_{t_i}^+(t_j) = \frac{b + h - t_j}{b + h - t_i}$$

и

$$gr^-x(t_i) = \frac{\sum x(t_j)\delta_{t_i}^-(t_j)}{\sum \delta_{t_i}^-(t_j)}, t_j \in [a, t_i]; \quad gr^+x(t_i) = \frac{\sum x(t_j)\delta_{t_i}^+(t_j)}{\sum \delta_{t_i}^+(t_j)}, t_j \in [t_i, b]$$

Определение 11

1. Ряд x возрастает (убывает) в узле t_i , если $gr^-x(t_i) \leq gr^+x(t_i)$ ($gr^+x(t_i) \leq gr^-x(t_i)$)
2. Ряд x возрастает (убывает) на $[a, b]$, если он возрастает (убывает) в каждом узле $t_i \in [a, b]$

Отличие таких трендов от обычных в том, что они пересекаются, наплывая друг на друга. Их пересечение – нечеткий экстремум. Выбрать внутри него единственного кандидата на нечеткий экстремум – отдельная задача, также решенная в ДМА.

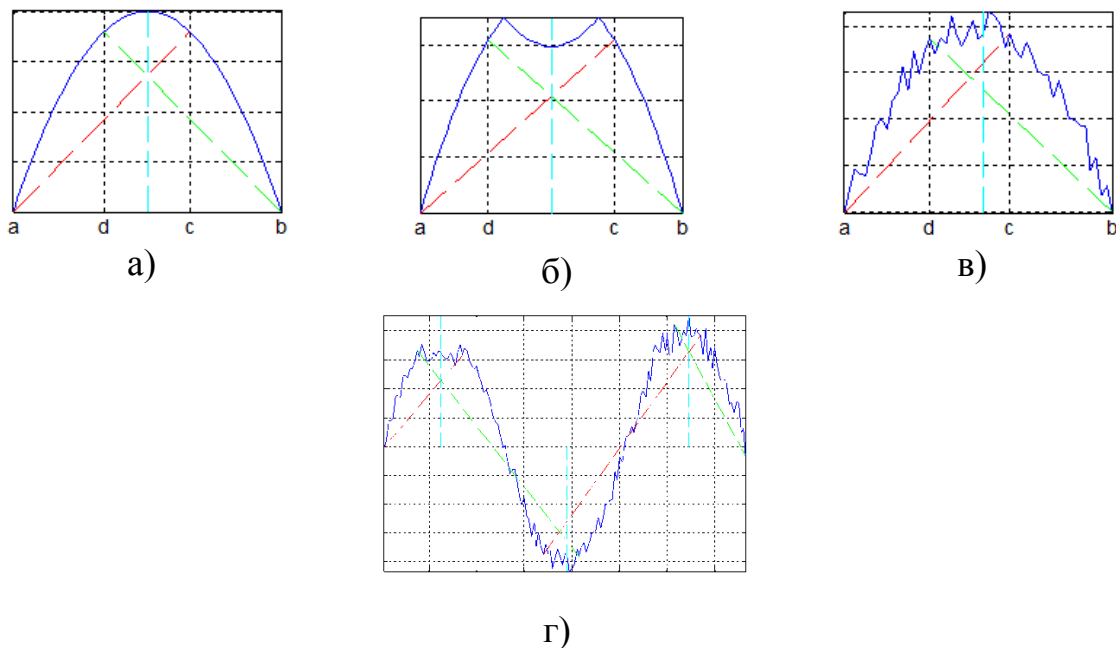


Рис. 8: Нечеткие тренды и экстремумы

Пример 6 На рис. 8 приведены результаты выделения трендов и нечетких экстремумов в различных ситуациях. Красным цветом обозначены

зоны монотонного возрастания, зеленым – монотонного убывания, сиреневым – нечеткие экстремумы.

Заключение

Задача, которую авторы ставили перед собой – краткое формальное математическое описание ДМА. Более подробное изложение, а также примеры решения геолого-геофизических задач (мониторинг геофизических процессов, сейсмическое районирование и другое) можно найти в следующих статьях [1-3].

Список литературы

1. Гвишиани А.Д., Агаян С.М., Богоутдинов Ш.Р. Дискретный математический анализ и мониторинг вулканов // Инженерная экология. 2008. № 5. С.26-31.
2. Гвишиани А.Д., Агаян С.М., Богоутдинов Ш.Р., Соловьев А.А. Дискретный математический анализ и геолого-геофизические приложения // Вестник Краунц. Науки о Земле. 2010. № 2. Вып. № 16. С.109-125.
3. Агаян С.М., Богоутдинов Ш.Р., Добровольский М.Н. Об одном алгоритме поиска плотных областей и его геофизических приложениях // Доклады 15-й Всероссийской конференции

ОБЗОРНАЯ ПЕШЕХОДНАЯ ЭКСКУРСИЯ ПО КУЛЬТУРНО-ИСТОРИЧЕСКИМ ОБЪЕКТАМ Г. СУХУМ

Р.Р. Адлейба, Т.В. Сабекия

rada_adleyba@mail.ru

Абхазский государственный университет, Республика Абхазия, г. Сухум

Экскурсия представляет собой наглядный процесс познания человеком окружающего мира, построенный на заранее подобранных объектах, находящихся в естественных условиях или расположенных в помещениях предприятий, лаборатории, научно-исследовательских институтов и т.д [2, с. 4].

Город Сухум с его многовековой историей, удивительной архитектурой, большим количеством памятников садово-паркового искусства обладает большими возможностями для проведения различных пешеходных экскурсии, поэтому данная работа является актуальной.

Объектом исследования данной работы являются культурно-исторические объекты города Сухум.

Цель работы – составить обзорную пешеходную экскурсию по культурно-историческим объектам города Сухум.

Задачами работы являются:

- изучить сущность экскурсии;
- изучить методику разработки экскурсионного маршрута;
- разработать маршрут пешеходной экскурсии по культурно-историческим объектам города Сухум.

Столица Республики Абхазия - г. Сухум, возник в VI веке до нашей эры, и является одним из древнейших городов мира. Сухум – несомненно, один из самых красивейших городов Абхазии. Площадь города составляет 372 км².

Многовековая история наложила свой отпечаток на архитектурный облик города, который проявляется во многих памятниках градостроительства и архитектуры.

В г. Сухум насчитывается 295 объектов историко-культурного наследия, которые подразделяются на историко-культурные музеи-заповедники и музейные комплексы, памятники археологии, памятники градостроительства и архитектуры, памятники монументального зодчества, памятники истории (рис.1).

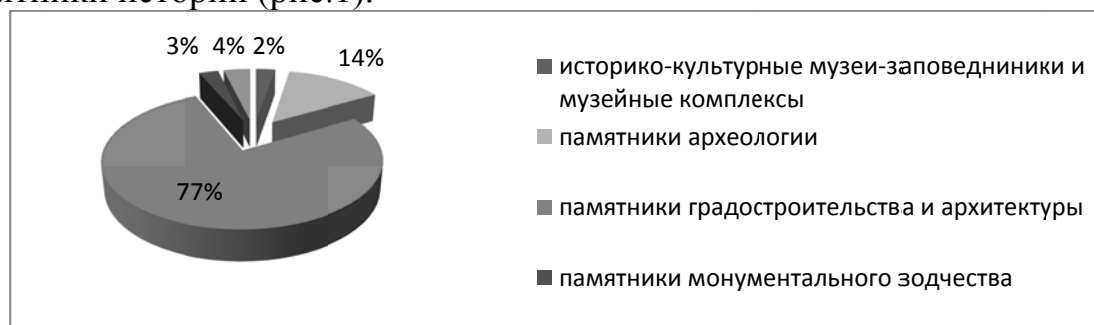


Рис.1. Культурно-исторические объекты г. Сухум

Как видно из рис. 1. большую часть 77% составляют памятники градостроительства и архитектуры, памятники археологии 14%, памятники истории, памятники монументального зодчества, а также историко-культурные музеи-заповедники и музейные комплексы 4%, 3% и 2% соответственно.

Из памятников жилой, гражданской и общественной архитектуры необходимо отметить: здание Абхазской государственной филармонии, Абхазский институт гуманитарных исследований АНА, Сухумский государственный колледж, здание администрации Ботанического сада АНА, Абхазский драмтеатр им. Чанба С.Я. Всего на территории г. Сухум 197 памятников жилой, гражданской и общественной архитектуры.

К памятникам культовой архитектуры г. Сухум относятся: католический костел (1908г.), Лютеранская кирха (1915г.), Греческая церковь (1915г.), здание подворья и домовая церковь Каманского Ионна Златоустовского женского монастыря (1904г.), церковь во имя Святого Георгия (1821г.), Здание соборного притча Сухумской Епархии (1887г), Дом архиепископа Сухумской епархии (1991г.), Еврейская синагога (1918г.), Здание Епархиального женского училища (конец 19 в.).

К памятникам промышленной архитектуры, сооружения науки и техники – Сухумский маяк (1861г.).

Из памятников градостроительного искусства, архитектурным монументам, расположенным на территории г. Сухум относятся: фонтан Грифоны (1952-1953гг.); Колоннада (1949г.) у входа Сухумский Ботанический сад АНА, Колоннада (1948г.), набережная Махаджиров [1, с.10].

В г. Сухум расположено 13 парков, которые играют весьма значительную роль в жизни города. Они имеют историческое значение и привлекают огромное количество людей, приезжающих посетить город.

История парка «Синоп», расположенного в г. Сухум, насчитывает почти 150 лет. Парк имеет прямоугольную форму и разбит в английском стиле. Родиной большинства, собранных здесь видов, являются Япония, Китай и Северная Америка. Кроме них, в парке можно увидеть представителей средиземноморья, Мексики, Канарских островов, Южной Америки, Кавказа и др. Парк «Синоп» отличается от других парков Черноморского побережья наличием коллекции редких растений мировой флоры. Многие из них представлены здесь уникальными экземплярами, почти не встречающимися больше нигде на побережье.

В центре города между Проспектом Мира и ул. Лакоба находится Парк Славы. В парке расположен памятник, посвященный памяти героев, павших в борьбе с грузинскими оккупантами во время Отечественной войны народа Абхазии 1992-1993 гг.

В субтропическом дендрарии города Сухум, который расположен в центре города, собрана богатая коллекция уникальных растений. Этот дендропарк был основан ещё в конце 19 века известным меценатом Н.Н. Смецким. В дендропарке собрано более 850 видов растений практически со всех уголков планеты. Примечательно, что местная флора в парке представляет всего 1% от всех растений. Главной достопримечательностью парка является первая в СССР аллея южноамериканских слоновых пальм.

Одна из самых больших достопримечательностей Сухума – знаменитый Ботанический сад, основанный 1838г. Всего в экспозициях сада более 5000 видов сортов растений, в том числе 1300 деревьев и кустарников, 2800 травянистых, 500 растений закрытого грунта. Особенно широко представлена флора Восточной Азии и Америки. Одна из главных достопримечательностей ботанического сада – 300 – летняя кавказская липа.

Среди историко-культурных музеев заповедников и музейных комплексов выделяются историко-архитектурные музеи заповедники, мемориальные дома – музеи, памятники мемориального значения.

К историко – архитектурным музеям заповедникам относится Сухумская крепость (рис.3). Она является одной из главных достопримечательностей г. Сухум. Крепость построена римлянами и датируется I-II в. н.э. В 1956 г. во время работ по благоустройству набережной, крепостные стены были взорваны и практически полностью разрушены. В настоящее время сохранилась юго-западная башня и северная стена с остатками ворот.

В г. Сухум расположено два дома – музея. Это литературный музей Д.И. Гулия, основоположника абхазской литературы, и дом-музей государственного деятеля Абхазии Лакоба Н.А.

Из памятников мемориального значения: дом государственного и общественного деятеля Абхазии князя Чачба (Шервашидзе), дом гофмейстера Его Императорского Величества князя Чачба (Шервашидзе) Г.Д., дом ученого историка Дзидзария Г.А., дом поэта и

драматурга светлейшего князя Чачба (Шервашидзе) Г.М., дом географа и картографа полковника князя Чачба (Шервашидзе).



Рис.2. Сухумская крепость



Рис.3. Здание бывшей гостиницы «Россия»



Рис.4. Гостиница «Абхазия»



Рис.5. Гостиница «Ориенталь»



Рис.6. Гостиница «Рица»



Рис.7. Колоннада



Рис.8. Абхазский драмтеатр



Рис.9. Абхазская Государственная филармония



Рис. 10. Абхазский Государственный музей

Из памятников археологии на территории города Сухум расположено 31 историческое поселение и городища.

Из объектов, расположенных на дне море можно отметить остатки круглой башни и прямоугольного помещения, крупные фрагменты стен каменной кладки с рядами плоского кирпича, части каменной стены, места находок античных амфор, остатки древней городской застройки, все объекты относятся в основном к античному времени и средневековью.

На территории города Сухум расположено 6 памятников монументально зодчества.

Историческим памятным местом на территории г. Сухум, является площадь Свободы (историческая поляна «Баалоу»), где, в 19 в. традиционно проводились городские сходы и конные состязания [4, с.15].

Тема экскурсии: обзорная пешеходная экскурсия по культурно-историческим объектам города Сухум.

Общая продолжительность экскурсии (ч): Закадемических часа

Протяженность (км): 2 км

По форме проведения: культурно- познавательная

Число туристов в группе: 15-20

По способу передвижения: пешеходная

Маршрут экскурсии: Сухумская крепость (рис.2); дом братьев Ксандопуло; здание морского порта; здание бывшей гостиницы «Россия» (рис. 3); гостиница «Абхазия» (рис. 4); гостиница «Ориенталь» (рис. 5); Гостинница «Рица» (рис. 6); Колоннада (рис. 7); Абхазский драмтеатр (рис.

8); здание Администрации г. Сухум; Абхазская Государственная филармония (рис. 9); Абхазский Государственный музей (рис. 10).

Количество организационных остановок:

- Сухумская крепость - 15 мин;
- дом братьев Ксандопуло - 2 мин;
- здание Морского порта - 5 мин;
- здание бывшей гостиницы «Россия» - 5 мин;
- гостиница «Рица» - 5 мин;
- гостиница «Абхазия» - 5 мин;
- гостиница «Ориенталь» - 5 мин;
- колоннада - 3 мин;
- Абхазский драмтеатр - 15 мин;
- здание Администрации г. Сухум - 10 мин;
- Абхазская Государственная филармония - 10 мин;
- Абхазский государственный музей –45 мин.

Сезонность: Круглый год

На рис. 11 представлена карта-схема обзорной пешеходной экскурсии по культурно-историческим объектам.



Рис.11. Карта-схема обзорной пешеходной экскурсии по культурно-историческим объектам

Таким образом, обзорная пешеходная экскурсия по культурно-историческим объектам г. Сухум может сыграть весьма значительную роль в жизни города. По результатам наших исследований общая протяженность экскурсии составляет 2 км, продолжительность по времени 3 часа.

Список литературы

1. Бгажба О.Х., Лакоба С.З. История Абхазии с древнейших времен до наших дней. - Сухум, 2007. 392 с.
2. Долженко Г.П. Экскурсионное дело. - М., Ростов н/Д., 2006. 326 с.
3. Дьякова Р.А. Основы экскурсоведения. – М., 2000. 256 с.
4. Данные Министерства культуры и охраны историко-культурного наследия Республики Абхазия. – Сухум, 2015. 110 с.

ВЫРАВНЕННОСТЬ КАК ИНДИКАТОР СОСТОЯНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ

В.В. Акатов

akatovmgti@mail.ru

*Майкопский государственный технологический университет
Россия, г. Майкоп*

Продуктивность, видовое богатство и выравненность являются характеристиками, которые часто используют в качестве показателей состояния биологических сообществ. Так, их низкая продуктивность может означать недостаток ресурсов или воздействие стрессовых факторов [1, 17]. По ряду причин такие сообщества характеризуются одновременно и низким видовым богатством. Это может быть связано с ограниченным ассортиментом и/или количеством доступных ресурсов, необходимостью формирования в процессе эволюции механизмов устойчивости к экстремальным явлениям, а также с их преимущественно небольшим размером и изолированностью [1]. При этом, как свидетельствуют результаты полевых исследований, связь между продуктивностью и видовым богатством может иметь разные формы, но наибольшее внимание исследователей привлекла унимодальная модель [обзоры: 1, 3, 12]. Она предполагает, что высокое видовое богатство имеют сообщества со средней продуктивностью, а низкое – не только низко-, но и высокопродуктивные ценозы. В последнем случае это может быть результатом небольшого числа особей на площадках из-за их значительного размера, интенсивной конкуренции между организмами, а также небольшой площади таких ценозов, их изолированности или эволюционной молодости [1, 3, 12, 26].

Показатели выравненности отражают степень равномерности распределения видов по их значимости в сообществе [8]. Наиболее часто выравненность оценивается на основе индекса Шенона-Винера ($E = H / H_{max}$, где H – индекс Шенона-Винера; $H_{max} = \lg S$ – значения H в ситуации, когда относительная значимость всех видов равна) [8]. На основе серии работ, выполненных в 70-80-е годы прошлого века Э. Мэггаран обосновывает вывод, что сообщества, испытывающие стресс в результате воздействия как природных, так и антропогенных факторов, в том числе обогащенные биогенами, характеризуются не только низким видовым богатством, но и низкой выравненностью, что предполагает положительную корреляцию между ними [8]. Последующие исследования преимущественно подтвердили этот вывод применительно к сообществам животных [5, 11, 15, 20, 22, 28]. Однако в сообществах растений связь между видовым богатством и выравненностью нередко оказывалась слабой или отсутствовала [21, 25, 28, 31 и др.]. В связи с этим было сделано предположение, что эти характеристики могут определяться разными процессами. Видовое богатство может быть более чувствительно к скорости иммиграции видов (размеру видового пула, изолированности сообществ); выравненность – к интенсивности межвидовых взаимодействий [28, 31].

Теоретически связь выравненности с продуктивностью должна иметь примерно тот же характер, что и с видовым богатством, то есть максимальной выравненностью должны характеризоваться ценозы со средней продуктивностью. Так, если исходить из представления о жизненных стратегиях видов [17], то на низкопродуктивных местообитаниях доминируют те из них, которые являются слабыми конкурентами, но более других устойчивы к воздействию абиотических (стрессовых) факторов (*S*-стратегии); на стабильных высокопродуктивных – конкурентно мощные виды, способные захватывать и удерживать пространство (*C*-стратегии). Местообитания на крайних участках градиента продуктивности могут быть почти полностью монополизированы наиболее успешными *S*- или *C*-стратегиями [2, 11, 14, 19]. Напротив, сообщества, сформированные на участках со средней продуктивностью, могут включать виды с разной жизненной стратегией, и ни один из них не будет иметь явных преимуществ перед другими [26]. Поэтому как видовое богатство, так и выравненность в них должны быть относительно высокими. Однако правомерность этой гипотезы остается неясной из-за ограниченного количества фактических данных [16, 24, 30, 32].

Таким образом, представление о характере соотношения между продуктивностью, видовым богатством и выравненностью в растительных сообществах остаются неопределенным. Соответственно, остается неясным индикатором какого их состояния является низкая или высокая выравненность. В настоящем сообщении предпринята попытка ответить на этот вопрос на примере значительного числа травяных сообществ Западного Кавказа и Предкавказья.

Материал и методика

Объектами исследований явились сомкнутые травяные фитоценозы благоприятных и экстремальных местообитаний различных районов и высотных поясов Западного Кавказа и Предкавказья: альпийских лугов, ковров и пустошей, субальпийских лугов и болот, крупнотравные сообщества лесных полян, опушек и верхней границы леса, мезофитные и слабо остепненные луга низкогорного и среднегорного поясов, разнотравно-ковыльные и типчаково-ковыльные степи, сухие степи на солонцеватых почвах, сообщества солончаков. В соответствии с полимодельной концепцией Б.М. Миркина [7], сообщества лугов и крупнотравья можно отнести к *C-S-R*-модели организации (характеризуются высокой интенсивностью взаимодействия между видами); ценозы альпийских пустошей (сформированы на малоснежных местообитаниях), ковров (на долгоснежных участках), субальпийских болот и сухих степей – к абиотической *S*-модели (сообщества экстремальных условий, где почти нет конкуренции, и каждый из входящих в их состав видов подчиняется лишь собственным популяционным закономерностям) [7, 10, 17, 23]. Сообщества солончаков сформированы на экстремальных местообитаниях, но состоят преимущественно из однолетних видов и характеризуются относительно

высокой продуктивностью. По-видимому, они должны быть отнесены к переходной *S-R*-модели.

Фактический материал по сообществам крупнотравья, лугов, субальпийских болот, альпийских лугов, ковров и пустошей был собран на хребтах и горных массивах, расположенных в бассейнах рек Белая, Малая и Большая Лаба, Мзымта (300-2800 м); по сообществам степей – на Ставропольской возвышенности, хребте Маркотх и в районе озера Маныч (50-700 м), солончаков – по берегам и на высохших днищах соленых водоемов (лиманов) Таманского полуострова. В основу работы было положено 370 проб надземной фитомассы, отобранных на площадках 0.25 м². Площадки для отбора проб закладывали на наиболее типичных участках сообществ определенного типа преимущественно сериями по 3-10 штук. Укосы разбирали по видам и взвешивали. Затем одну-три наиболее типичные пробы из серии высушивали и взвешивали. Сухой вес для остальных проб серии определяли на основе значений коэффициента усушки.

На основе собранного фактического материала были определены значения следующих показателей: W и W_d – общий сырой и сухой вес фитомассы на 0.25 м²; W_i – сырой вес каждого из видов; S – число видов растений на 0.25 м²; E – показатель выравненности, рассчитанный на основе индекса Шенона-Винера [8]. Определение характера и силы связи между характеристиками выполняли с использованием метода регрессионного анализа, а также коэффициентов корреляции Пирсона, коллигации и информационной связи [6,9].

Результаты и обсуждение

Результаты исследований представлены в таблицах 1-3.

В таблице 1 представлена общая характеристика изученных растительных сообществ. Из нее видно, что их продуктивность (W_d) и видовое богатство (S) варьируют в широких пределах: от 8.2 до 1574 г сухого веса и от 2 до 35 видов на 0.25 м². Наименее продуктивными являются сообщества альпийских пустошей, ковров и сухих степей (8.2-80.4 г), наиболее – крупнотравные сообщества (до 1574 г на 0.25 м²). Наиболее высоким видовым богатством характеризуются фитоценозы разнотравно-ковыльных и типчаково-ковыльных степей и субальпийских лугов (до 32 и 35 видов на 0.25 м², соответственно). Низкое видовое богатство (2-6 видов на 0.25 м²) встречается в сообществах большинства рассмотренных типов, но в ряде из них оно редко достигает высоких значений – субальпийских болот, солончаков, крупнотравья. Как видно из таблицы 1, сообщества с низкой и высокой продуктивностью характеризуются относительно низким видовым богатством; со средней продуктивностью – как низким, так и высоким. Соответственно, корреляция между значениями этих параметров отсутствует (табл. 2).

Связь между видовым богатством (S) и выравненностью (E) в сообществах в целом является слабой положительной (табл. 2). Если рассматривать сообщества определенных типов, то наиболее сильно она

выражена в среднепродуктивных, преимущественно луговых, ценозах (C-R-S-модель).

Таблица 1. Характеристика изученных растительных сообществ

Сообщества; высота над ур. м. (доминантные виды)	<i>n</i>	<i>W_d</i>	<i>S</i>	<i>E</i>
Альпийских ковров; 2000-2650 м (<i>Carum caucasicum</i> , <i>Leontodon hispidus</i> , <i>Pedicularis nordmanniana</i> , <i>Plantago atrata</i> , <i>Ranunculus crassifolius</i> , <i>Sibbaldia parviflora</i> , <i>Silene dianthoides</i> , <i>Trifolium ambiguum</i> , <i>T. badium</i> , <i>Veronica gentianoides</i>)	15	32.9 8.2- 69.6	13.2 6- 28	0.64 0.43- 0.81
Альпийских пустошей; 2250-2800 м (<i>Campanula tridentata</i> , <i>Carex tristis</i> , <i>Festuca ovina</i> , <i>Kobresia persica</i>)	14	45.4 20.8- 80.4	14.9 9- 23	0.67 0.48- 0.82
Альпийских лугов; 2300-2600 м (<i>Onobrichys bieberchteinii</i> , <i>Kobresia capilifolia</i> , <i>Alchemilla vulgaris</i> , <i>Geranium gymnocaulon</i> , <i>Hedysarum caucasicum</i>)	32	78.3 32.2- 171.4	9.8 2- 24	0.35 0.04- 0.74
Субальпийских лугов; 1700-2450 м (<i>Calamagrostis arundinacea</i> , <i>Festuca woronowii</i> , <i>Brachypodium rupestre</i> , <i>Inula grandiflora</i> , <i>Senecio platyphylloides</i> .)	28	116.2 72.5- 208	18.6 7- 35	0.58 0.17- 0.88
Субальпийских болот; 1800-2150 м (<i>Allium schoenoprasum</i> , <i>Carex rostrata</i> , <i>C. transcaucasica</i> , <i>Cirsium simplex</i> , <i>Eriophorum vaginatum</i> , <i>Menyanthes trifoliata</i> , <i>Primula auriculata</i>)	21	56.6 18.2- 154.8	7.8 2- 16	0.61 0.3- 0.99
Крупнотравья; 500-1700 м (<i>Athyrium filix-femina</i> , <i>Campanula lactiflora</i> , <i>Cephalaria gigantea</i> , <i>Equisetum telmateia</i> , <i>Galega orientalis</i> , <i>Heracleum mantegazzianum</i> , <i>H. asperum</i> , <i>Inula magnifica</i> , <i>Petasites albus</i> , <i>Sambucus ebulus</i> , <i>Senecio rhombifolius</i> , <i>Symphytum asperum</i> , <i>Telekia speciosa</i> , <i>Angelica purpurascens</i>)	67	337.5 84.8- 1574	9.6 3- 18	0.47 0.04- 0.78
Лугов нижнегорного и среднегорного поясов; 300-1100 м (<i>Botriochloa ischaetum</i> , <i>Brachypodium pinnatum</i> , <i>Calamagrostis epigeios</i> , <i>Chrysopogon gryllus</i> , <i>Geranium sanguineum</i> , <i>Inula salicina</i> subsp. <i>aspera</i> , <i>Salvia verticillata</i>)	100	97.5 22.2- 163.6	13.7 3- 29	0.53 0.16- 0.88
Ковыльных степей; 30-700 м (<i>Stipa lessingiana</i> , <i>S. pulcherrima</i> , <i>Salvia verticillata</i> , <i>Theucrium chamaedrys</i>)	43	93.5 42.4- 168.8	19.1 7- 32	0.66 0.34- 0.87
Сухих степей на солонцеватых почвах; 30-50 м (<i>Allium albidum</i> , <i>Artemisia austriaca</i> , <i>Poa bulbosa</i>)	15	19.2 11.3- 25.7	8.2 6- 10	0.58 0.06- 0.89
Солончаков; 7-15 м (<i>Salicornia perennans</i> , <i>Suaeda acuminata</i> , <i>Aster tripolium</i> subsp. <i>pannonicum</i> , <i>Bassia hirsuta</i> , <i>Salsola soda</i>)	35	183.8 42.3- 501.2	3.3 2-5	0.50 0.10- 0.85

Примечание: *n* – число площадок; *W_d* – сухой вес живой фитомассы сообществ на 0.25 м²; *S* – число видов растений на 0.25 м²; *E* – выравненность (цифры в поле таблицы – средние и предельные значения параметров). Названия видов приводятся по: Зернов, 2006

В сообществах с высокой или, напротив, низкой продуктивностью связь между этими характеристиками слабая или отсутствует. Связь между продуктивностью (*W_d*) и выравненностью (*E*) в сообществах в целом является отрицательной и очень слабой, в отдельных их типах – преимущественно отсутствует (табл. 2).

В таблице 3 представлены результаты анализа данных, выполненного с использованием коэффициентов коллигации и информационной связи.

Значения коэффициентов коллигации более единицы свидетельствуют о наличии связи между отдельными классами выравненности и участками сообществ, характеризующимися разным сочетанием продуктивности и видового богатства (градациями фактора).

Таблица 2. Соотношение между продуктивностью ($\lg W_d$), видовым богатством (S) и выравненностью (E) в растительных сообществах

Сообщества	n	$\lg W_d / S$		S/E		$\lg W_d / E$	
		r	r^2	r	r^2	r	r^2
в целом	370	-0.014	0.000	0.413	0.171	-0.118	0.014
альпийских ковров и пустошей	29	0.224	0.050	0.287	0.082	0.164	0.027
субальпийских болот	21	0.572	0.327	-0.287	0.083	-0.167	0.028
степей	58	0.558	0.311	0.373	0.139	0.087	0.008
высокогорных лугов	60	0.401	0.161	0.827	0.683	0.315	0.099
нижегорных лугов	100	0.396	0.157	0.454	0.206	0.045	0.002
солончаков	35	-0.174	0.030	-0.064	0.004	0.423	0.179
крупнотравья	67	-0.273	0.075	0.037	0.001	0.114	0.013

Примечание. n – число площадок; r^2 – коэффициент детерминации, r – коэффициент корреляции Пирсона; жирным выделены значения коэффициента корреляции с $P < 0.05$.

Таблица 3. Результаты анализа соотношения между выравненностью (E), продуктивностью (W_d) и видовым богатством (S) методом коллигаций

S	W_d	Выравненность (E)				K_I
		≤ 0.25	0.26-0.50	0.51-0.75	≥ 0.75	
Сообщества в целом						
< 15	< 30	0.645	0.678	1.337	0.816	0.100
< 15	30-300	1.587	1.344	0.837	0.372	
< 15	> 300	0.746	1.078	0.941	1.180	
> 15	30-300		0.384	1.229	2.312	
Высокогорные луга						
< 15	< 90	2.200	1.333	0.130		0.295
< 15	90-150	0.857	1.667	0.745		
< 15	> 150	1.000	1.667	0.652		
> 15	< 90			2.609		
> 15	90-150		0.222	1.913	3.000	
> 15	> 150			1.304	7.500	
Крупнотравье						
< 10	< 200	4.400	0.582	0.600	1.650	0.113
< 10	200-400	0.733	1.165	0.800	1.100	
< 10	> 400	0.917	0.809	1.000	2.750	
> 10	< 200		0.832	1.714		
> 10	200-400		1.028	1.412		
> 10	> 400		1.941			

Примечание. W_d – сухой вес живой фитомассы сообществ на 0.25 м^2 ; S – число видов растений на 0.25 м^2 ; K_I – коэффициент информационной связи; цифры в поле таблицы – коэффициенты коллигации (значения более 1.5 выделены жирным).

Значения коэффициента информационной связи отражает силу зависимости между ними в целом. Как видно из этой таблицы, если рассматриваются все сообщества вместе, то как низкая, так и высокая

выравненность наиболее вероятны в ценозах со средней продуктивностью, но низкая – с низким, а высокая – с высоким видовым богатством. Из таблицы 3 также следует, что как наименее, так и наиболее продуктивные сообщества могут иметь разную выравниваемость, причем, низкую – относительно реже, чем среднюю и высокую. В целом же связь между выравниваемостью и различными сочетаниями продуктивности и видового богатства можно считать относительно невысокой – коэффициент информационной связи равен 0.10.

Общее число описанных участков фитоценозов с низкой выравниваемостью (< 0.25) составило 31 (8% от общего их числа), среди них 23 участка сообществ *C-R-S*-модели организации (крупнотравья, нижнегорных и высокогорных лугов), только 2 – *S*-модели (сухих степей) и 6 – *S-R*-модели (сообщества солончаков). Как видно из таблицы 3, в *C-R-S*-ценозах низкая выравниваемость наиболее вероятна на участках с относительно низкими для сообществ этих типов видовым богатством и продуктивностью.

Таким образом, если рассматривать сообщества определенных типов отдельно, то выясняется, что в низкопродуктивных сообществах *S*-модели (ковры, пустоши, болота, сухие степи) низкая выравниваемость встречается редко, а *C-R-S*-ценозах (сообщества высокогорных лугов и крупнотравья) наиболее вероятна для наименее продуктивных их участков. Отметим, в связи с этим, что высокой выравниваемостью характеризуются также высокопродуктивные древостои тропических лесов [13, 18, 32]. Их пример свидетельствует о том, что интенсивная конкуренция за свет не ведет к снижению выравниваемости, если сообщества сформированы экологически эквивалентными (конкурентно симметричными) видами. Однако выравниваемость в древостоях снижается по мере ухудшения лесорастительных условий [32]. Отсюда следует, что выравниваемость определяется не только интенсивностью межвидовой конкуренции, но и степенью ее асимметрии, которая у *C*-стратегов сильнее проявляется, по-видимому, в менее, чем в более благоприятных условиях среды. Таким образом, в растительных сообществах, в отличие от сообществ организмов других систематических групп [5, 11, 15], ухудшение условий среды не всегда сопровождается ростом степени дифференциации участия видов, а только в случае, если они относятся к *C-R-S*-модели, то есть доминантами в них являются *C*-стратеги.

В статье приведены результаты исследований, выполненных при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 16-04-00228).

Список литературы

1. Бигон М., Харпер Дж., Таунсенд К. Экология. Особи, популяции и сообщества. 1989. В 2-х т. Т. 2. М.: Мир. 477 с.
2. Василевич В.И. Доминанты в растительном покрове // Ботан. журн. 1991. Т. 76. № 12. С. 1674–1681.
3. Василевич В.И. Видовое разнообразие влажных лугов Европейской России // Ботан. журн. 2015. Т. 100. № 4. С. 372–381.

4. *Зернов А. С.* 2006. Флора Северо-Западного Кавказа. М.: Тов-во науч. изд. КМК. 664 с.
5. *Кузнецова Н.А.* Сообщества в экстремальных и антропогенных условиях (на примере таксоценозов коллембол) // Виды и сообщества в экстремальных условиях. Сборник, посвященный 75-летию академика Юрия Ивановича Чернова / Под. ред. А.Б. Бабенко, Н.В. Матвеевой, О.Л. Макарова, С.И. Головач. Москва-София: Т-во науч. изд. КМК – PENSOFT РЫ. 2009. С. 412-429.
6. *Лакин Г.Ф.* Биометрия. М.: Высшая школа. 1980. 293 с.
7. *Миркин Б.М., Наумова Л.Г.* Современное состояние основных концепций науки о растительности. Уфа: АН РБ, Гилем. 2012. 488 с.
8. *Мэггаран Э.* Экологическое разнообразие и его измерение. М.: Мир, 1992. 181 с.
9. *Нешатаев Ю.Н.* Методы анализа геоботанических материалов. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та. 1987. 192 с.
10. *Работнов Т.А.* Фитоценология. М.: Изд-во МГУ, 1983. 296 с.
11. *Чернов Ю.И.* Видовое разнообразие и компенсационные явления в сообществах и биотических системах // Зоол. журн. 2005. Т. 84. № 10. С. 1221–1238.
12. *Adler P.B., Seabloom E.W., Borer E.T. et al.* Productivity is a poor predictor of plant species richness // Science. 2011. V. 333. P. 1750–1753.
13. *Bell G.* The distribution of abundance in neutral communities // Am. Nat. 2000. V. 155. № 5. P. 606-617.
14. *Bengtsson J, Fagerstram T, Rydin H.* Competition and coexistence in plant communities // TREE. 1994. V. 9. № 7. P. 246-250.
15. *Caruso T., Pigino G., Bernini F., Bargagli R., Migliorin M.* The Berger–Parker index as an effective tool for monitoring the biodiversity of disturbed soils: a case study on Mediterranean oribatid (Acari: Oribatida) assemblages // Biodivers. Conserv. 2007. V. 16. P. 3277–3285.
16. *Drobner U., Bibby J., Smith B., Wilson J.B.* The relation between community biomass and evenness: what does community theory predict, and can these predictions be tested? // Oikos. 1998. V. 82. P. 295–302.
17. *Grime J.P.* Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory // Am. Nat. 1977. V. 111. № 982. P. 1169–1194.
18. *Hubbell S.P.* Tree dispersion, abundance, and diversity in a tropical dry forest // Science. 1979. V. 203. P. 1299–1309.
19. *Huston M.A.* General hypothesis of species diversity // Am. Natur. 1979. V. 113. № 1. P. 81–101.
20. *Johnston E.L., Roberts D.A.* Contaminants reduce the richness and evenness of marine communities: a review and meta-analysis // Environmental Pollution. 2009. V. 157. P. 1745–1752.
21. *Ma M.* Species richness vs. evenness: independent relationship and different responses to edaphic factors // Oikos. 2005. V. 111. P. 192–198.
22. *Olawusi-Peters O.O., Ajibare A.O.* Species richness, diversity and abundance of some Decapod Crustaceans in coastal waters of Ondo State, South West, Nigeria // International Journal of Fauna and Biological Studies. 2014. V. 1. № 5. P. 44-51.
23. *Onipchenko V.G., Semenova G.V., van der Maarel E.* Population strategies in severe environments: alpine plants in the northwestern Caucasus // J. Veg. Sci. 1998. V. 9. P. 27–40.
24. *Poggio S.L., Ghera C.M.* Species richness and evenness as a function of biomass in arable plant communities // Weed Research. 2011. V. 51. P. 241–249.
25. *Sasaki T., Lauenroth W.K.* Dominant species, rather than diversity, regulates temporal stability of plant communities // Oecologia. 2011. V. 166. № 3. P. 761–768.

26. Šimová I., Li Y.M., Storch D. Relationship between species richness and productivity in plants: the role of sampling effect, heterogeneity and species pool // *Journal of Ecology*. 2013. V. 101. P. 161–170.
27. Stevens M.H.H., Petchey O.L., Smouse P.E. Stochastic relations between species richness and the variability of species composition // *Oikos*. 2003. Vol. 103. P. 479–488.
28. Stirling G., Wilsey B. Empirical relationships between species richness, evenness, and proportional diversity // *Am. Nat.* 2001. V. 158. P. 286–300.
29. Tilman D., Lehman C.L., Bristow C.E. Diversity stability relationships: statistical inevitability or ecological consequence? // *Am. Nat.* 1998. V. 151. P. 277–282.
30. Weiher E., Keddy P.A. Relative abundance and evenness patterns along diversity and biomass gradients. *Oikos*. 1999. V. 87. P. 355–361.
31. Wilsey B., Stirling G. Species richness and evenness respond in a different manner to propagule density in developing prairie microcosm communities // *Plant. Ecol.* 2007. V. 190. P. 259–273.
32. Zhang J., Qiao X., Liu Y., Lu J., Jiang M., Tang Z., Fang J. Species-abundance distributions of tree species varies along climatic gradients in China's forests // *J Plant Ecol.* 2015. V. 23. № 9. P. 1–7.

ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ В РЕСПУБЛИКЕ АДЫГЕЯ – ОСНОВА ЭКОЛОГИЧЕСКИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ РЕГИОНА

Е.М .Апухтина

e-apuhtina@mail.ru

*Майкопский государственный технологический университет
Россия, г. Майкоп*

Проблема энерго- и ресурсосбережение является актуальной, ключевой задачей стабильности и будущего развития страны. Мировое потребление энергии постоянно растет, опережая темпы роста народонаселения. Только за 1975–2005 гг. было использовано столько же энергоресурсов, сколько за все предшествующее время цивилизации.

Общеизвестно, что качество жизни человека напрямую связано с потреблением энергии на душу населения.

На сегодняшний день на каждого жителя Земли приходится чуть больше 2 кВт·ч в день при норме 10 кВт·ч. В промышленно развитых странах этот показатель в 14 раз выше, чем в развивающихся. Приведем статистические данные потребления электроэнергии разных стран: в Норвегии потребляется 25 тыс. кВт·ч, Италии – 3 тыс. кВт·ч, а в Бангладеш – всего 46 кВт·ч на душу населения в год.

С 1960 г. по 2006 г. в составе источников потребления энергии возросла доля наиболее эффективных видов ископаемого органического топлива, которое дает примерно 80% мировой энергии. 70% его составляют нефть и газ.

Возросший рост потребления энергии создает экологические проблемы, представляющие реальные угрозы выживанию человечества. Модель количественного развития энергетики за счет невозобновляемых ресурсов к настоящему времени исчерпала себя. Выход возможен при переходе на возобновляемые источники энергии с приоритетом

энергосбережения, инновационных технологий и экологии. Все возобновляемые источники энергии - солнечная, гидроэнергия, биомасса, энергия ветра - существуют благодаря деятельности солнца.

Экстенсивная эксплуатация природных ресурсов на устаревшей, зачастую экологически опасной технико-технологической базе в условиях традиционно острого дефицита инвестиций привела к ускоренной деградации природной среды, аварийным ситуациям в промышленности и на транспорте, к напряженной социально-экономической обстановке в некоторых городах и регионах страны.

Каждая отрасль и каждое производство имеет свои зоны риска, вместе с тем можно выделить ряд общих причин, приводящих к возникновению опасных ситуаций на производстве. В первую очередь – это экономические трудности в стране, дестабилизация финансовой системы, рост инфляции, спад производства и инвестиционной активности, что отрицательно сказалось на решении природоохранных задач, привело к снижению затрат предприятий на строительство и реконструкцию производства, ослаблению интереса к перспективам развития, внедрению новых технологий; не происходит замена устаревшего оборудования.

Окружающая среда не в состоянии поглощать все возрастающие объемы отходов агрегатного состояния, поэтому экоэффективность должна достигаться не только с помощью продвижения технологических новаций, но и применение потребительского подхода экологической и социальной обеспеченности общества, воспитанного на принципах экологической этики.

Введение только экологических ограничений и мер по рационализации использования природных ресурсов делают путь устойчивого развития иллюзорным.

Для достижения устойчивого развития экономики региона необходим системный, комплексный подход.

Президент Российской Федерации Д.А. Медведев (23.11.2009 г.) подписал Федеральный закон № 261-ФЗ "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" (закон об энергосбережении). Президент обозначил энергосбережение и повышение энергоэффективности одним из пяти основных направлений модернизации экономики России.

По исследовательским данным И.А. Башмакова, А. Д. Мышака (2016) об энергопотреблении в регионах России, в 2010 году потребление первичной энергии в России практически вышло на уровень докризисного максимума 2008 года, а в 2014 году превысило его на 3 %. По предварительным оценкам на 2015 год оно сократилось почти до уровня 2008 года.

В 2007-2014 годах наиболее динамично потребление энергии росло на транспорте и на неэнергетические нужды. За ним следовали термодинамические потери при выработке электроэнергии (за счет динамичного роста ее потребления) и потребление в процессах

нефтепереработки. Потребление энергии в промышленности, сельском хозяйстве, жилищном секторе и в сфере услуг снижалось.

В 2015 году ВВП России остался примерно на уровне 2008 и 1990 годов. Потребление первичной энергии при этом было ниже, чем в 1990 году, на 27 %. Таким образом, в России уже есть опыт развития экономики при постоянном и даже падающем уровне потребления энергии.

В 2008-2015 годах потребление первичной энергии практически не выросло. Россия переходит к модели, когда медленный рост ВВП не сопровождается ростом энергопотребления.

Для разработчиков проекта Энергетической стратегии РФ такое развитие кажется странным и нежелательным [1, с. 36].

Структурная перестройка в этих направлениях не может быть осуществлена быстро, но с позиций ее возможной роли в дальнейшей перспективе (что особенно важно для экологической политики) именно она имеет приоритетное значение и требует государственной поддержки [1, с. 37].

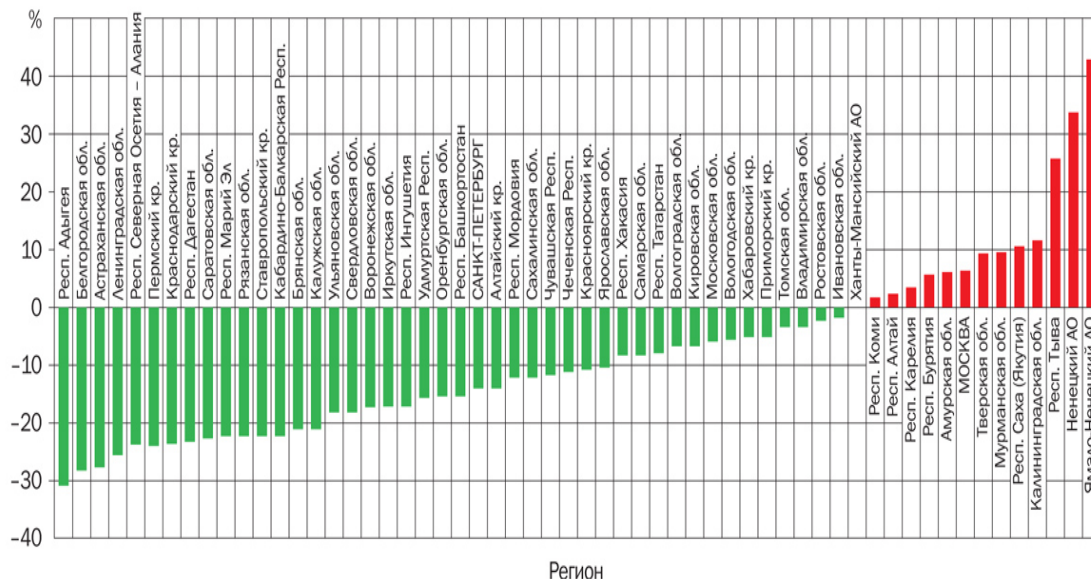


Рисунок 1. Распределение регионов РФ по изменению энергоёмкости ВРП в 2008-2013 годах.

Таким образом, помимо структурной перестройки, проблему энерго – и ресурсосбережения необходимо проводить при помощи экологизации производства во всех отраслях. Возможности выполнения предотвращения (снижения) образования загрязняющих веществ, что связано с внедрением новых малоотходных и безотходных, энерго-экономичных, экологически «чистых» технологий, совершенствованием оборудования, в том числе топливно-энергетическом комплексе Российской Федерации. А также, устранение или компенсация уже имеющих место экологических последствий (разведение исчезающих видов флоры и фауны, рекультивация нарушенных земель и т.д.) и мероприятия, непосредственно направленные на охрану природной среды от воздействия источника загрязнения (очистка стоков, обезвреживание отходов и т.д.).

Рассматривая инженерно-экологический подход в оптимизации потребления ресурсов, можно обеспечить повышение коэффициента экологического действия за счет снижения уровня их потребления и последующих суммарных отрицательных воздействий на окружающую среду. Частными случаями этой задачи являются вопросы снижения уровня потребления сырья, топлива и энергии на единицу продукции, то есть уменьшение значения величины:

$$\Delta P = P_{\text{ф}} - P_{\text{т}}$$

где $P_{\text{ф}}$ - фактическое потребление ресурсов для выпуска единицы конечной продукции; $P_{\text{т}}$ - теоретически необходимое потребление ресурсов для выпуска единицы конечной продукции данного производства или отношения:

$$\frac{\Delta P}{P_{\text{т}}} = \frac{P_{\text{ф}} - P_{\text{т}}}{P_{\text{т}}}$$

В данном случае речь идет только о снижении потребления ресурсов на единицу продукции [3, с. 505-506].

Снижение же потребления ресурсов на различных предприятиях и производствах возможно за счет совершенствования технологических процессов, а также путей оптимизации.

Экономия же электрической энергии всеми пользователями возможна как при улучшении режимов работы, так и в совершенствовании технологических процессов передачи, распределения и потребления электроэнергии.

Энергосбережение - важная составляющая более общей проблемы рационального использования всех видов ресурсов, используемых человечеством. Мощным импульсом к осознанию приоритетной роли энергосбережения как ключевого звена комплексной глобальной проблемы. «Энергетика - экология - экономика - энергосбережение» (проблема «4Э») явился мировой нефтяной (энергетический) кризис 70-х гг. В последние десятилетия динамика потребления топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) в мире отставала от темпов роста экономики, что свидетельствует о возрастающей роли энергосбережения как фактора экономического развития. Оно охватывает новые страны и сферы деятельности и одновременно использует новые эффективные научно-технические достижения и инструменты воздействия на поведение потребителей.

По уровню энергоемкости ВВП Россия занимает 124-е место в ряду 141 страны. Согласно данным Международного энергетического агентства, в сопоставимых ценах по этому показателю Россия уступает Китаю на 19%, США - на 76%, а Германии - на 160%. При этом в 2000-2008 годы энергоемкость ВВП постоянно снижалась, однако мировой финансово-экономический кризис привел к замораживанию процессов внедрения НДТ в нашей стране. Как следствие, с 2009 г. по 2010 г. энергоемкость ВВП выросла на 5%. У нас коэффициент энергоемкости ВВП равен 0,46. Это в три раза выше, чем, например, в Германии (0,17).

Сейчас ситуация налаживается – в 2011 году энергоёмкость в России снизилась на 1,5%, а в 2012 г. – уже на 2,5%. Эта тенденция вселяет в нас оптимизм и говорит о том, что предпринимаемые правительством шаги дают свой результат. Тем не менее, многое предстоит сделать для того, чтобы наверстать упущенное и выполнить поставленную Президентом цель по снижению энергоёмкости на 40% к 2020 году по сравнению с 2007 годом.

Вопросы энергоэффективности затрагивают ТЭК, бюджетный сектор, население, ЖКХ и обрабатывающую промышленность, сельское хозяйство и транспорт. Только скоординированная работа по энергосбережению даст дополнительные возможности для экономики, но и позволит внедрить новые технологии и инновации, потому что без целенаправленной кампании разработка новых технологий просто невозможна.

Необходимо привлечение инвестиций. За рубежом этот опыт активно используется. Но и там государство софинансирует такого рода проекты.

Например, в США в свое время было потрачено немало бюджетных средств на внедрение энергосберегающих лампочек. Производитель вкладывал в коробку с продукцией ваучер для потребителя. Когда рядовому американцу выставляли счет за свет, он прикладывал к счету этот ваучер и уменьшал оплату на несколько долларов. Компенсацию предоставляло государство, которое таким образом стимулировало спрос на энергосберегающий товар и производителя ламп, а в конечном итоге получало внедрение новых технологий в производство и сбережение электроэнергии.

В Европе модернизация прошла в основном за счет роста цен на энергоресурсы. Но это путь не для нас.

Второе направление – разработка технического и экологического государственного регулирования, как в Европе и других странах. Приведем один конкретный пример из зарубежного опыта. В Японии нет технологии производства цемента мокрым способом. А в нашей стране она применяется почти на 80% цементных заводов. Его энергозатратность почти в три раза выше, чем при сухой технологии. Япония добилась этого путем запрета подобной технологии. В некоторых случаях такой ряд запретительных мер необходим и в нашей экономике.

Это жесткая мера, но через этот этап – запрет устаревших технологий – прошли практически все экономически развитые страны. Однако при такой принципиальной позиции государство должно придумать меры поддержки бизнеса в модернизации производства.

Экономически целесообразный потенциал – часть теоретического потенциала, реализация которого обеспечивает экономию затрат в национальной экономике, иначе говоря, стоимость мероприятий по энергосбережению оказывается меньше, чем вложения в добычу и доставку эквивалентного количества энергоресурсов. Под теоретическим потенциалом понимается максимально возможное энергосбережение при полном использовании всех энергосберегающих мероприятий и технологий, известных на данный момент. Под эффектом энергосбережения понимается

разность затрат на осуществление энергосберегающих мероприятий и затрат на добычу (производство) и доставку энергоресурсов к потребителю, отнесенная к единице сэкономленной энергии. Причем эффект определен только по прямым затратам без учета возможного эффекта увеличения экспорта сэкономленных ресурсов.

Сегодня руководство Республики Адыгея выделяет немалые средства на установку и оборудование в области энерго- и ресурсосбережения.

В Адыгее для освещения дорог стали применять солнечные батареи. Так, на федеральной трассе «А-146», в районе аула Тугургой Теучежского района Республики Адыгея, имелся опасный перекресток с большим уровнем аварийности. В ночное время интенсивность транспортного потока на этом участке дороги не уменьшалась, однако наружное освещение здесь отсутствовало. Это становилось одной из причин дорожно-транспортных происшествий. Для снижения аварийности на данном участке были установлены опоры освещения, и установлены альтернативные источники питания - солнечные батареи.

Данный источник энергии для наружного освещения дорог применен на федеральных дорогах Адыгеи впервые. В дальнейшем планируется установить освещение с элементами питания от солнечных батарей и на других опасных участках дорог федерального значения.

В будущем освещение с элементами питания от солнечных батарей будет установлено и на других участках автодорог – дорогах федерального значения. Этим вопросом сейчас занимаются сотрудники Госавтоинспекции.

Напомним, до этого в Майкопе был установлен светофорный объект, работающий от солнечных батарей. Он функционирует в режиме желтого мигания. Светофор имеет ряд уникальных технических характеристик, в частности, характерной чертой светофоров типа Т7 является низкое энергопотребление, что позволяет осуществлять их автономное питание от «солнечных батарей». Светодиодная импульсная индикация особенно в сумеречное и ночное время позволяет безошибочно с большого расстояния идентифицировать пешеходный переход и заблаговременно обеспечивать безопасный режим движения.

По инициативе мэра города Майкопа А. Наролина одиннадцать городских остановок оборудованы осветительными приборами, работающими от солнечных батарей. Как сообщает пресс-служба мэрии Майкопа, всего в городе будет установлено 16 новых остановок, из них 11 – с солнечными батареями. Все павильоны будут иметь единый современный стиль. На установку и оснащение остановок власти выделили 3 млн рублей.

Огромный потенциал у Адыгеи в области использования нетрадиционных источников энергии, в частности, ветра. Машиностроительным подразделением корпорации атомной энергии ОАО "Атомэнергомаш" принято решение инвестировать в ветряную энергетику Адыгеи 45 млрд. рублей. Предположительно, мощность ветряных парков, которые собираются возвести в Адыгее, составит не менее 750 МВт. Благодаря реализации данного проекта налоговые вливания в

республиканскую казну составят около 150 млн. рублей в год. Также данный проект позволит создать необходимую энергетическую базу для развития промышленности в будущем. Предварительно определены участки, где собираются построить ветроустановки [5].

В республике есть опыт строительства домов с низким энергопотреблением – как индивидуальных, так и многоквартирных. Но это, скорее, единичные примеры. Важно такие решения популяризировать, тиражировать. Не только по жилым домам, но и коммерческой недвижимости. Один из первых шагов – строительства индивидуальных тепловых пунктов, которые существенно снижают потери энергии. Однако в некоторых случаях выгоднее вкладывать средства в комплексную модернизацию тепловых сетей населенных пунктов, экономя за счет масштаба. В каждом случае нужен индивидуальный подход.

Повысить энергоэффективность уже построенного многоквартирного дома довольно сложно: улучшение теплоизоляции стен станет целой проблемой, да и систему вентиляции не изменишь. Чтобы повысить энергетические характеристики многоквартирного жилища, можно автоматизировать освещение как внутри квартир, так и в подъездах. Это не только улучшит энергоэффективность дома, но и сократит потребление электричества.

Гораздо больший эффект дает использование энергосберегающих ламп. Наилучшее энергосбережение обеспечивают автоматические выключатели света с использованием электронных датчиков. Как правило, электронные датчики либо измеряют уровень освещенности в помещении и, при достижении заданного значения, выдают команду на включение/выключение ламп (датчики освещенности), либо непосредственно датчики движения.

Опыт практической эксплуатации автоматических выключателей РИЭЛТА подтверждает, что количество затрачиваемой на освещение подъезда многоэтажного жилого дома электроэнергии снижается в 10-15 раз [2, с. 85-86].

В первую очередь освещение в подъездах автоматизируют на лестничных клетках. Для этого используют датчики присутствия с подключением или датчики движения. Современные энергосберегающие системы освещения позволяют эффективно решать данные задачи.

Немногие уголки России имеют такое природное разнообразие как Республика Адыгея - особенности рельефа, климата, почвенного покрова водных ресурсов, полезных ископаемых, ледников, памятников природы, растительного и животного мира [4, с. 9].

В Адыгее работает Майкопская ГЭС, введена в эксплуатацию в декабре 1950 года. Мощность ГЭС - 9,44 МВт, среднегодовая выработка - 48,4 млн кВт. В настоящее время работает в пиковой части графика нагрузок, также являясь резервным источником энергоснабжения Майкопа. Майкопская ГЭС входит в состав ООО «Лукойл-Экоэнерго».

На сегодняшний день разработан инновационный проект каскада малых ГЭС на реке Белой в Майкопском районе. Река Белая, протекающая на территории Республики Адыгея, обладает энергетическим потенциалом около 100 МВт. В связи с этим планируется строительство на реке каскада малых ГЭС, предполагаемая суммарная мощность которых составит 39 МВт.

В состав каскада ГЭС на реке Белой входит строительство 3-х малых гидроэлектростанций:

- Даховская малая ГЭС (3 МВт);
- Хамышенская малая ГЭС (22 МВт);
- Гузерипльская малая ГЭС (14 МВт).

Строительство малых ГЭС позволит увеличить энергообеспеченность Республики Адыгея за счет собственных экологически чистых гидроресурсов, повысит надежность энергоснабжения горных районов республики. Объем инвестиций составят 688,8 млн руб. [6].

Это в конечном итоге принесет хорошие дивиденды и выведет республику в лидеры энергосбережения.

Вместе с тем, несмотря на положительные тенденции в области энергосбережения по-прежнему остается множество вопросов, которые необходимо решить для сохранения лидерских позиций республики. Связаны эти вопросы с компетенциями по выводу на рынок новых продуктов в области энергоэффективности. Зачастую предприятия и организации сталкиваются с недоступностью технических решений по повышению энергоэффективности. Оборудование либо очень дорого стоит, либо не производится в России, либо доступно только под заказ без гарантий качества, сервисного обслуживания и других услуг. Это касается и систем освещения, и теплоэнергетики, и передаточных устройств.

Энергосбережение не может быть абстрактным. Оно всегда предметно. Это означает, что большая часть этих проектов реализуется тем самым мелким и средним бизнесом, который и может конкурировать на локальном уровне. Это справедливо для всех видов проектов в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

Вышеизложенное является главным аргументом в пользу масштабного использования возобновляемых источников энергии: солнечной, ветровой, энергии течений, приливов и отливов, геотермальной и др. Для этого необходимо использование метода как прямого государственного регулирования, так и рыночных механизмов, и методов стимулирования.

Список литературы

1. Башмаков, И.А. Энергопотребление регионов России. О реальной динамике и о качестве статистики /И.А. Башмаков, А.Д. Мышак // Энергосбережение. - № 4.- 2016. – С. 34-38.
2. Донцов, А.И. Энергосберегающее освещение в ЖКХ и сдерживающие его применение факторы / А.И. Донцов, С.К. Чич // Прикладные аспекты геологии, геофизики и геоэкологии с использованием современных информационных технологий: Материалы Международной научно-практической конференции. Майкоп, 2011. – 260 с.
3. Основы инженерной экологии: учеб. пособие. /В.В. Денисов [и др.]; под ред. проф. В.В. Денисова. – Ростов н/Д: Феникс, 2013. – 623 с.

4. Рекреационные ресурсы Адыгеи. – Майкоп, 1999. – 272 с.
5. <http://zeleneet.com/oao-atomenergomash-namereno-investirovat-v-vetroenergiyu->
6. <http://postpred-ra.ru/>

ПРИМЕРЫ РЕЗУЛЬТАТОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ РАЙОНА ЗЕМЛИ ФРАНЦА-ИОСИФА В РАЗЛИЧНЫЕ СЕЗОНЫ

А.В. Артамонова

artamonowa.anastasya2011@yandex.ru

*Российский государственный гидрометеорологический университет,
Россия, г. Санкт-Петербург*

Земля Франца-Иосифа является примером для демонстрации возможностей оценки ледовой обстановки в полярных областях за различные сезоны [1]. Также следует отметить, что данный регион становится в последние годы индикатором состояния климатической системы.

Известно, что такие приборы как MODIS Aqua, Terra и Oli Landsat 8 предназначены для получения изображений с дневной части земной поверхности [2], т.е. данный вид приборов не может предоставить данные, начиная с середины ноября и заканчивая началом марта для выбранной области Земли Франца-Иосифа, где в это время преобладает полярная ночь [3]. Отсутствие данных зондирования отрицательно сказывается на прогнозировании ледовой обстановки и в целом на наблюдении за регионами соответствующих широт [4].

Однако на замену таким приборам приходят радары с синтезированной апертурой, которые позволяют получать радиолокационные изображения земной поверхности, независимо от метеорологических условий и естественной освещенности.

В статье сделана попытка показать возможности дистанционного зондирования Земли Франца-Иосифа в различные сезоны по данным ENVISAT ASAR, Sentinel 1A, Landsat 8 Oli и MODIS Aqua.

Исходными данными стали изображения радаров с синтезированной апертурой (РСА) по данным приборов ENVISAT ASAR от 27 января 2011 г., Sentinel 1A от 16.12.2015 г. [5], изображения видимого диапазона Landsat 8 Oli (2,3,4 каналы) от 7 июля 2015 г. [6] и Aqua/MODIS за периоды от 18 до 20 июня 2015 г. и от 29 июля до 1 августа 2015 г. [7].

Для сравнительного анализа выбран участок в одном районе Земли Франца-Иосифа и изучена возможность регистрации в видимом диапазоне, а также при отсутствии солнечного излучения. Для изображений Sentinel 1A и Landsat 8 в ПО ЮНЕСКО БИЛКО [8] построены гистограммы распределения яркостей пикселей. Оба изображения подверглись линейному контрастированию. При расчёте площадей фиксируется повторяемость яркости пикселей, характеризующих выбранный тип ледового покрова. Выделив данные пиксели на гистограмме, получаем их сумму, пропорциональную площади ледового покрова. Для выбранных вихревых образований в ПО ЮНЕСКО БИЛКО [8] построен разрез яркостей пикселей. Изображение Landsat 8 было предварительно обесцвечено (grayscale 8 bit).

Так как вихревые структуры практически всегда вписываются в эллипс, для повышения точности рассчитываемой величины, диаметр складывается из средней длины наибольшей и наименьшей оси эллипса. Конечный диаметр находится путём умножения полученного среднего на разрешение снимка. Скорость определяется путём нахождения географического расстояния между центрами льдины и деления её на время прохождения этого расстояния в секундах.

Угловая скорость рассчитывается по формуле:

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt}$$

где $d\varphi$ – угол поворота точки вокруг оси вращения, dt – отрезок времени.

1. Сравнительный анализ изображений по данным различных приборов дистанционного зондирования Земли

Для анализа были выбраны изображения сцены Земли Франца-Иосифа, полученные в видимом, по данным приборов Landsat 8 и MODIS Aqua, и в радиолокационном, по данным Envisat ASAR и Sentinel 1A, диапазонах.

Первое изображение на рис.1 получено с разрешением 30x30 метров, второе с разрешением 150x150 метров, третье – 75x75, последнее – 25x100.

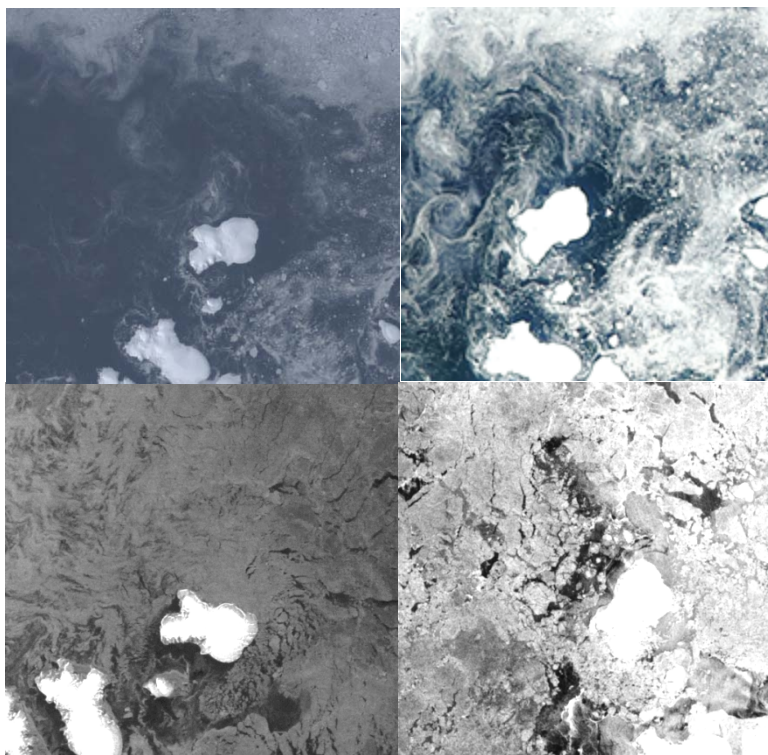


Рис.1 – Сцена района Земли Франца-Иосифа по данным приборов (слева направо) Landsat 8 за 31.07.2015 г., MODIS Aqua за 27.01.2015 г., Envisat ASAR за 27.10.2015 г., Sentinel 1A за 16.12.2015 г.

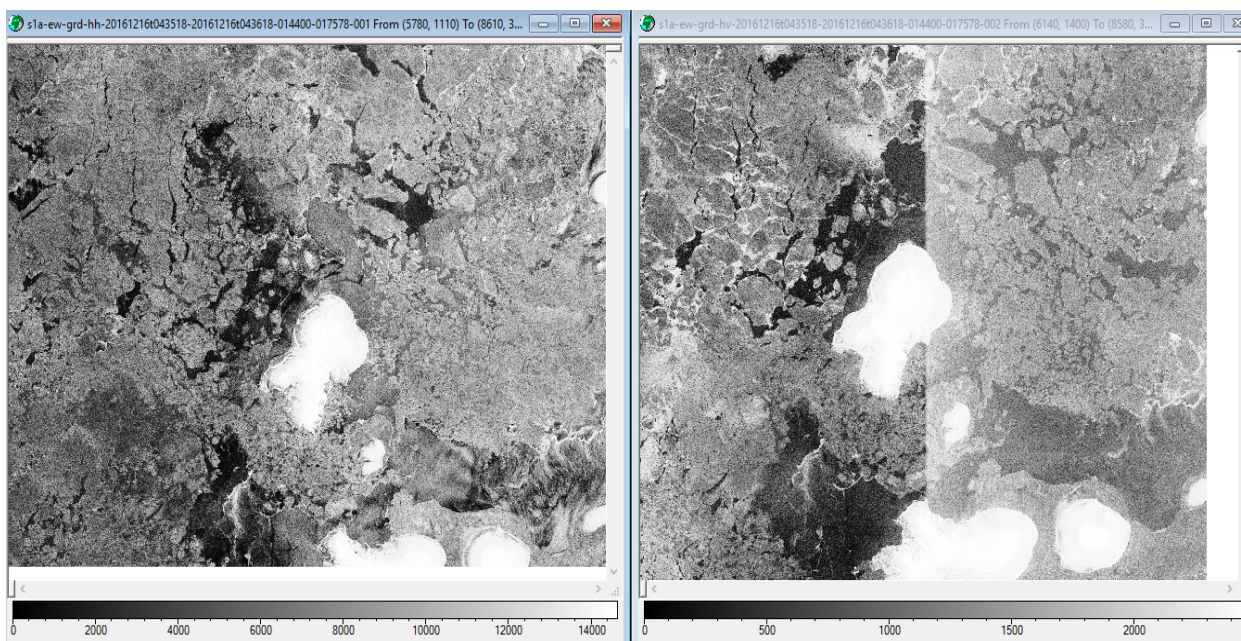


Рис.2 – Сцена Земли Франца-Иосифа по данным Sentinel 1A в горизонтальной (слева) и вертикальной (справа) поляризации за 16.12.2015 г.

Наименьшую детализацию даёт изображение Aqua/MODIS. Однако, даже учитывая, что к первому композитному изображению (Landsat 8) уже применено контрастирование методом выравнивания по гистограмме, оно всё равно уступает по контрастности изображению MODIS. В целом же, наиболее детальными являются изображения РСА, но, при наличии снимков видимого диапазона, днём, в данном случае, всё же лучше использовать их, так как структуры льда гораздо лучше и точнее определяются на композитном изображении.

Данные Sentinel 1A представлены в двух поляризациях hh (горизонтальная) и hv (кросс-поляризация). На рис.2 можно видеть различия между этими поляризациями. В данном случае ледовые структуры лучше просматриваются в горизонтальной поляризации.

2. Определение площади ледового покрова по данным Sentinel 1A и Landsat 8 Oli

Ниже представлены два изображения: радиолокационное в hh поляризации Sentinel 1A и композитное изображение Landsat 8 Oli, полученное путём объединения 4, 3 и 2 каналов. Для выбранной области рассчитана площадь ледового покрова (рис.3).

По итогам расчётов площадь ледового покрова для композитного изображения составила 10700 км², а для изображения РСА – 9500 км².

Учитывая различие этих изображений, физических принципов регистрации и того, что выбранная область выделялась вручную, хотя с географической привязкой, можно считать, что полученные результаты весьма близки.

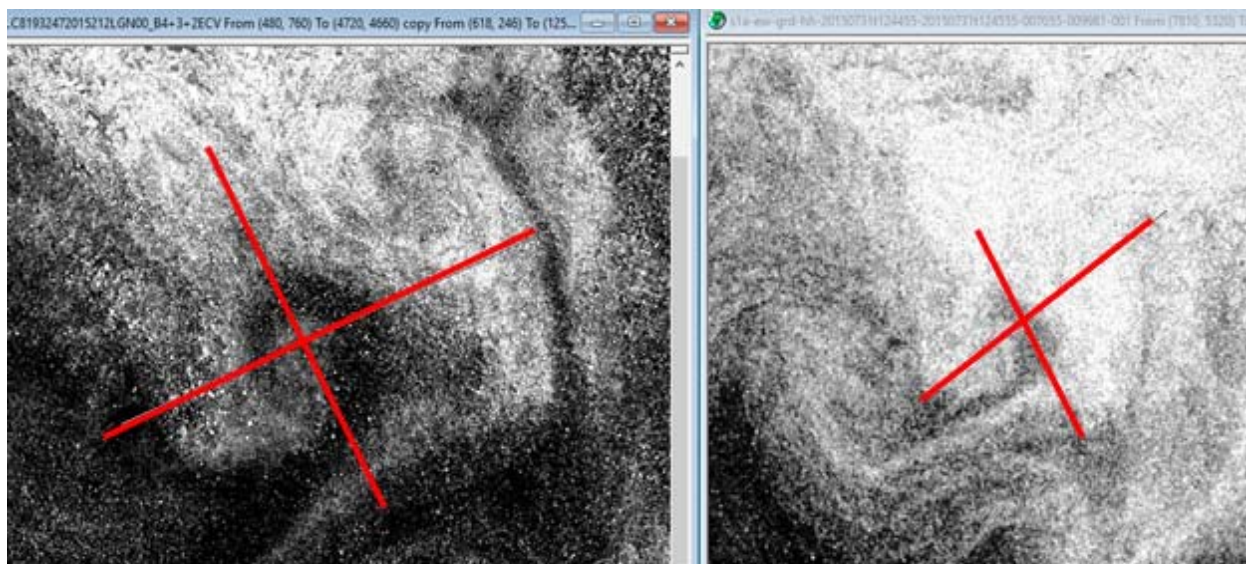


Рис.3 – Сцена Земли Франца-Иосифа по данным Sentinel 1A за 16.12.2015 г. и Landsat за 31.07.2015 г.

3. Определение диаметра вихревых структур по данным Sentinel 1A и Landsat 8 Oli

Из той же области, что и в предыдущем разделе, выбраны два вихревых образования и построен разрез яркостей пикселей, после чего рассчитан диаметр каждого вихря (рис. 4).

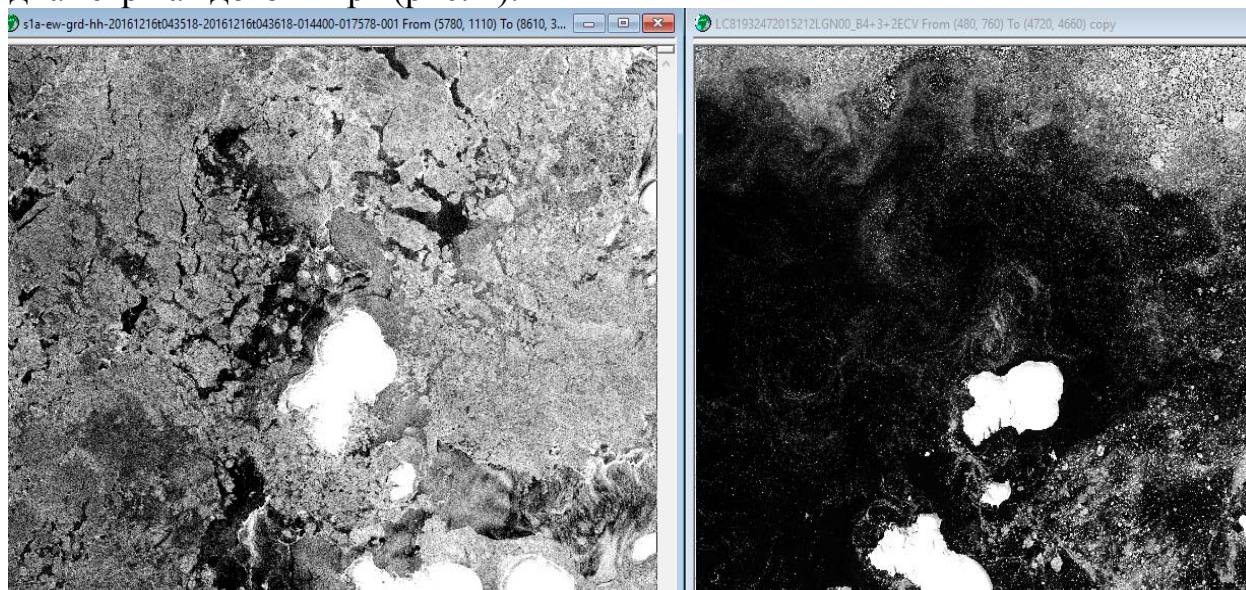


Рис.4 – Вихревое образование на изображениях Landsat 8 31.07.2015 г. и Sentinel 1A 31.07.2015 г. с указанием его предположительного диаметра.

По данным расчётов диаметр вихря на изображении Sentinel 1A составил 7 км, а по данным Landsat 8 – 9,8 км, что, исходя, опять же, из различия проекций, является достаточно близкими результатами. Аналогичным образом был рассчитан диаметр для данного вихря, на изображении Sentinel 1A он составил 6 км, а по данным Landsat 8 – 6,3 км.

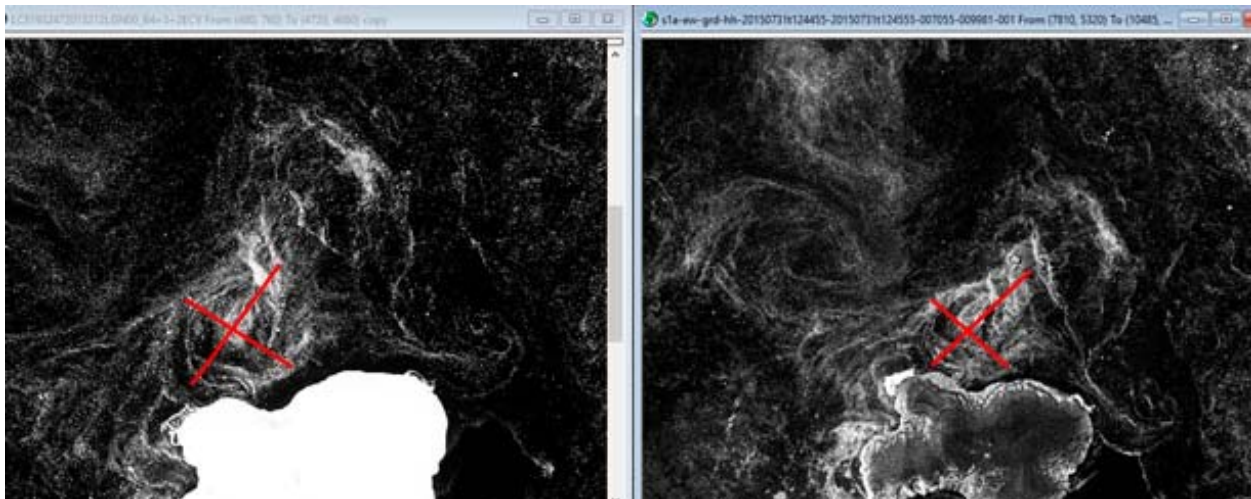


Рис.5 – Вихревое образование на изображениях по данным Landsat 8 31.07.2015 г. и Sentinel 1A 31.07.2015 г. с указанием его предположительного диаметра

4. Расчёт скорости дрейфа одиночной льдины и льдины в совокупности ледяных полей по данным Aqua/MODIS

На рис.6 представлено композитное изображение в естественных цветах за период с 29 июля по 1 августа 2015 года. Для расчёта скорости дрейфа и скорости вращения на данном этапе выбрана льдина не находящаяся внутри ледового поля, из чего следует, что результат расчёта характеристик не будет зависеть от влияния сплоченности ледяного покрова и других физических факторов.



Рис.6 – Изображения Aqua/MODIS за период с 29 июля по 1 августа 2015 г., выделена льдина, скорость которой рассчитывается

Угловая скорость вращения льдины в первый день составила 7 град/сут, во второй – 82 град/сут, в третий – 5 град/сут.

Далее рассчитана скорость льдины в совокупности ледяных полей за периоды от 18 до 20 июня 2015 г. (рис.7).

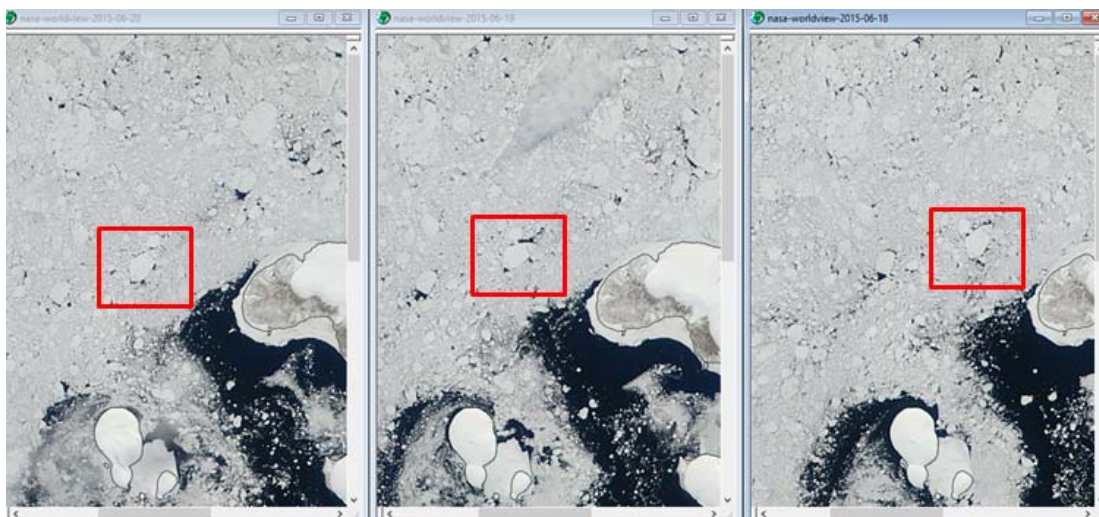


Рис.7 – Изображение Aqua/MODIS Aqua за период 18-20 июня 2015 г., выделена льдина, скорость которой рассчитывается.

Угловая скорость в первые двое суток невелика – 5 град/сут, т.е. в совокупности ледяных полей отдельная льдина мало подвержена вращению.

Разности скоростей дрейфа одиночной льдины и при взаимодействии с другими зависят от многочисленных факторов, кроме того снимки получены в разные дни и возможно при разных метеорологических условиях. Сложность проблемы также состоит в значительном количестве облачности в данном регионе.

Все рассчитанные скорости дрейфа для удобства сведены в таблицу 1.

Таблица 1. – Данные расчёта скорости дрейфа.

Дата	Координаты центра		Расстояние, км	Скорость, м/с	Период
	φ°	λ°			
18.06.2015(Поле)	81,33	66,02	2,94	0,03	1-2 сутки
19.06.2015	81,39	66,03	9,21	0,11	2-3 сутки
20.06.2015	81,44	65,95			
29.07.2015(Льдина)	81,09	62,46	2,79	0,03	1-2 сутки
30.07.2015	81,07	62,21	1,27	0,01	2-3 сутки
31.07.2015	81,01	62,10	6,71	0,08	3-4 сутки
01.08.2015	81,00	62,16			

Предполагалось, что скорости одиночной льдины будут на порядок выше скоростей ледового поля, что верно в случае угловой скорости, однако из-за существенного различия во времени регистрации и отсутствии информации о метеорологической обстановке в регионе невозможно произвести точную оценку данных характеристик.

Выявлено, что отсутствие солнечного излучения не препятствует большинству операций, требуемых для описания ледовитости полярных областей Мирового океана.

В некоторых случаях изображения видимого диапазона и РСА могут использоваться как взаимозаменяемые, например, для описанной в работе проблемы отсутствия данных видимого диапазона в условиях полярной ночи.

В иных случаях они могут дополнять друг друга, т.к. содержат информацию, основанную на различных физических принципах регистрации.

Автор выражает особую благодарность профессору, кандидату физико-математических наук Сычёву Виталию Ивановичу за активную помощь и поддержку при написании данной работы.

Список литературы

1. Макоско А. А. Гидрометеорологическое обеспечение плавания по трассам Северного морского пути // Проблемы Северного морского пути – Арктика: экология и экономика № 3 (11), 2013 г., 49 с.

2. Сычев В.И. Практическое использование спутниковых изображений по результатам дистанционного зондирования Земли из Космоса. // Часть 4. Введение в анализ спутниковых данных с помощью интегрированной системы анализа спутниковых изображений ЮНЕСКО БИЛКО. Майкоп: 2016. 86 с.

3. Franz-Josef-Land.info – интернет источник. Режим доступа: <http://www.franz-josef-land.com/> – свободный. Дата обращения 15 декабря 2016 г.

4. Колдунов А.В., Колдунов Н.В., Волков Д.Л., Белоненко Т.В. Применение спутниковых данных для валидации гидродинамической модели Северного Ледовитого океана. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2015. Т. 12. № 6. С. 111-124.

5. Sentinel scientific data hub – электронные данные. Режим доступа: <https://scihub.copernicus.eu/dhus/> – свободный. Дата обращения 15 декабря 2016 г.

6. U.S. Geological Survey – электронные данные. Режим доступа: <https://data.usgs.gov/> – свободный. Дата обращения 15 декабря 2016 г.

7. Сервис WorldView – электронные данные. Режим доступа: <https://worldview.earthdata.nasa.gov/> – свободный. Дата обращения 15 декабря 2016 г.

8. Сычев В.И., Эдвардс А. Д. Введение в программное обеспечение для обработки спутниковых изображений. // Краткое руководство пользователя и примеры практического использования программных продуктов ЮНЕСКО – СПб – ЮНЕСКО: 2008 г., 96с.

РАСЧЕТЫ ПОТОКА ВОЛНОВОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ОТДЕЛЬНЫХ ПРИБРЕЖНЫХ РАЙОНОВ ЧЕРНОГО МОРЯ С ОЦЕНКОЙ ВРЕМЕННОЙ И ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ИЗМЕНЧИВОСТИ

В.С. Архипкин, С.А. Мысленков, С.В. Киселева, Е.В. Столярова

k_sophia_v@mail.ru

Географический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова

Россия, г. Москва

Введение

Волновая энергия океана занимает особое место среди других возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в связи с огромным природным (валовым) потенциалом и значительным КПД устройств, преобразующих энергию волн в полезные виды энергии (до 90%), с одной стороны, и исчезающее малым числом реализованных проектов и установленных мощностей волновой энергетики в мире, с другой. Последнее связано как с проблемами технического характера (отсутствие технических решений, позволяющих выйти на рентабельность и окупаемость проектов), так и с отсутствием широкого ряда нишевых потребителей энергии от волновых установок. Последний фактор играет особую роль в России, которая имеет

огромную протяженность береговой линии. Однако побережье Северного Ледовитого и Тихого океанов относится к наименее заселенным территориям, проблемы энергоснабжения которых традиционно решаются с помощью дизель-генераторов и – реже – местного топлива. Территории побережья южных морей России (Черное, Азовское, Каспийское) характеризуется высокой плотностью населения, но при этом охвачены централизованным энергоснабжением, что также ограничивает применение в этих регионах возобновляемых источников энергии. В тоже время даже в этих условиях можно определить некоторых перспективных потребителей энергии от ВИЭ и, в частности, от волновых энергоустановок. Таковыми могут являться маломощные сезонные или круглогодичные объекты муниципальной инфраструктуры, расположенные на побережье, в том числе объекты сферы обслуживания рекреационных зон; средства связи, объекты малого предпринимательства, коттеджи, дачные домики, специальные средства и объекты; системы мониторинга состояния воздушной среды, морские платформы различного назначения, океанологические системы наблюдения и т.д. [1, 2]. Подключение указанных объектов к электрическим сетям связано с большими затратами на прокладку траншей и кабелей, что делает возможным рентабельное использование ВИЭ, в том числе – в перспективе – волновых энергоустановок. Следует отметить также, что следует рассматривать как перспективное не только электро- но и теплоснабжение на базе волновых установок, поскольку чаще всего волновой энергетический потенциал максимален именно в зимний сезон.

Таим образом, при оценке возможности использования волновых энергетических ресурсов на заданных территориях следует выделить и детально охарактеризовать возможных потребителей энергии и оценить имеющийся энергетический потенциал прибрежных акваторий. В данной работе предложены методические подходы и некоторые результаты решения второй части задачи – оценки волнового энергетического потенциала акватории Черного моря у побережья полуострова Крым.

Материалы и методы исследований

Оценки энергии волнения в пределах акваторий морей, примыкающих к побережью России (и ранее - СССР) приведены в широком ряде исследований [3, 4]. Так, в [4] приводятся следующие данные о плотности энергии волн в среднем для некоторых внутренних и окраинных морей (табл. 1).

Таблица 1. Средние потоки волновой энергии (Φ) в морях России (на единицу длины волнового фронта)

Море	Φ, кВт/м	Море	Φ, кВт/м
Азовское	3	Охотское	12-20
Черное	6-8	Берингово	15-44
Балтийское	7-8	Японское	21-31
Каспийское	7-11	Баренцево	20-25

При определении потоков энергии применялся метод Г.В. Матушевского [3], который позволяет на основе статистической обработки экспериментально полученных значений высот и периодов волн (климатическая функция $\Psi(h, T)$) рассчитывать поток энергии волнения путем двойного интегрирования (по высотам h и периодам T волн) в пределах пространственной ячейки:

$$\Phi = \frac{\rho\gamma^2}{32\pi} \iint \Psi(h, T) h^2 T dh dT$$

Ясно, что ранее принятые методы определения энергии волн путем наблюдения с берега, научных судов, в ходе полигонных съемок и т.д. имели достаточно ограниченную область охвата – как в пространстве, так и во времени. Поэтому многолетние наблюдения автономных буйковых станций, дистанционное зондирование поверхности океана, а также развитые в последние десятилетия средства математического моделирования и метеорологических реанализов существенно расширили возможности оценки волновой энергии. Они позволяют проводить как осредненные по обширным акваториям оценки волновой энергии на основе характеристик волнения, так и расчеты для отдельных точек и локальных участков с учетом сезонных вариаций характеристик волнения. Обширный перечень исследований, посвященных оценкам волнового энергопотенциала, приведен, в частности, в [5, 6] и др. В расчетах для побережья Балтийского моря, Калифорнии, Индии, Аргентины, Гавайских островов, Австралии, Португалии, Швеции, Корейского полуострова, Испании, Ирана, атлантического побережья юго-востока США и т.п. использовались спектральные модели волн и данные реанализа ветра. Так, в работах [5, 7] для расчетов энергетических характеристик волнения на акватории Черного моря были использованы результаты международного исследовательского проекта NATOTU-WAVES и моделей волнения METU3 и WAM. В результате был разработан Атлас ветров и волнения в глубоководной зоне. Развитием исследований в данном направлении можно считать использование в энергетических расчетах модели ветрового волнения SWAN (Simulating Waves Nearshore) [8]. Численная модель SWAN обеспечивает реалистичную оценку параметров волнения в прибрежной зоне, озерах и эстуариях рек при заданных ветровых условиях, рельефе дна и течениях. Выходными параметрами модели являются высоты значительных волн, средние направления движения волн, средние периоды волн и другие параметры, рассчитываемые на основе спектральных характеристик волнения. В [9] показаны результаты расчета на основе указанной модели средних за 15 лет (1995-2009 гг.) высот значительных волн для акватории Черного моря и плотности потока волновой энергии (среднегодовые и сезонные значения). В [10] с использованием тех же методов и данных реанализа конкретизированы энергетические характеристики волнения для юго-восточного региона Черного моря, проведена верификация полученных результатов по натурным измерениям буйковыми станциями, которые подтвердили адекватность использованной модели.

Отечественный опыт использования указанных методов в океанологических исследованиях дает возможность привлечь их и к задачам в области волновой энергетики, в частности, для более подробной и адекватной оценки энергетических характеристик волн и потенциала волновой энергии в акваториях морей России.

В качестве региона исследований был выбран район Черного моря вблизи южного побережья полуострова Крым. Согласно данным Минэнерго РФ [11], полуостров Крым обеспечен собственными генерирующими мощностями электроэнергии на 25-30% с учетом солнечных и ветровых источников. В связи с этим возникает объективная причина оценить возможности использования и других видов ВИЭ, в том числе энергии биомассы [12, 13] и волн как источника энергии.

Для изучения особенностей ветрового волнения у южного берега Крыма нами была использована база данных для акватории Черного моря. В основу нее легли результаты численных расчетов с использованием спектральной модели ветрового волнения третьего поколения SWAN [8, 14, 15]. База данных содержит значительные высоты волн, периоды, длину, высоту зыби и потоки волновой энергии [14]. Дискретность данных по времени – 3 часа, шаг пространственной сетки волновой модели – 5 км. При расчетах использовались поля ветра на высоте 10 м, полученные из реанализа NCEP/NCAR с шагом по времени 6 часов и пространственным разрешением $1,875^\circ$ по долготе и $1,9046^\circ$ по широте за период с 1948 по 2010 гг.

Результаты и обсуждение

На рис. 1 показаны результаты расчетов значительной высоты волн и потока волновой энергии для всей акватории Черного моря в конкретный день 28.08.2010. Видна значительная пространственная неоднородность распределения высоты волн и транспорта энергии: акватории, примыкающие к западному побережью Крыма, характеризуются более значительным энергозапасом волнения, чем восточные акватории, что определяется юго-западным ветром, генерирующим распространение волнения в северо-восточном направлении. Картографическое обобщение, созданное на основе расчетов энергетических характеристик волнения за многолетний период, может быть использовано для выявления акваторий, наиболее перспективных для размещения волновых энергетических установок.

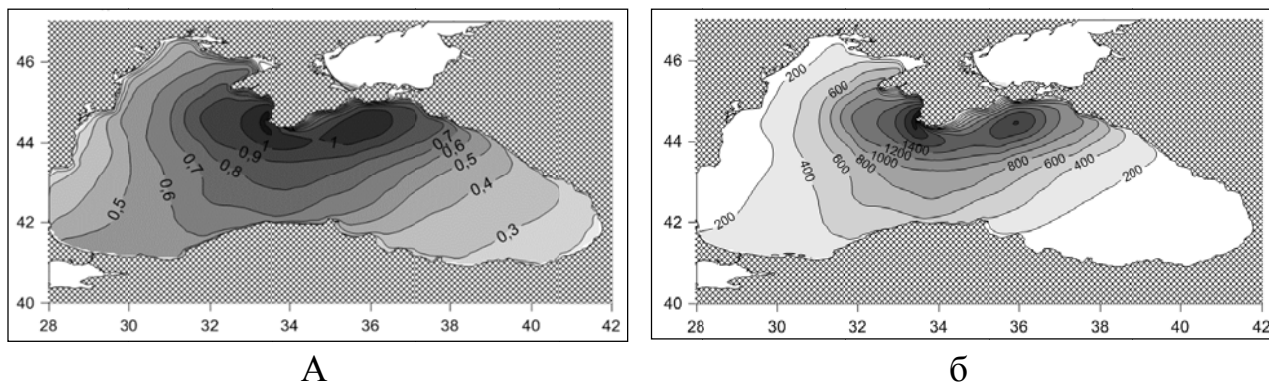


Рис.1 Высота значительных волн на акватории Черного моря (м) - а, поток волновой энергии на единицу фронта волны (Вт/м,) - б. Расчеты по данным за 20.08.2010.



Рис. 2 Район локальных оценок энергетических характеристик ветрового волнения

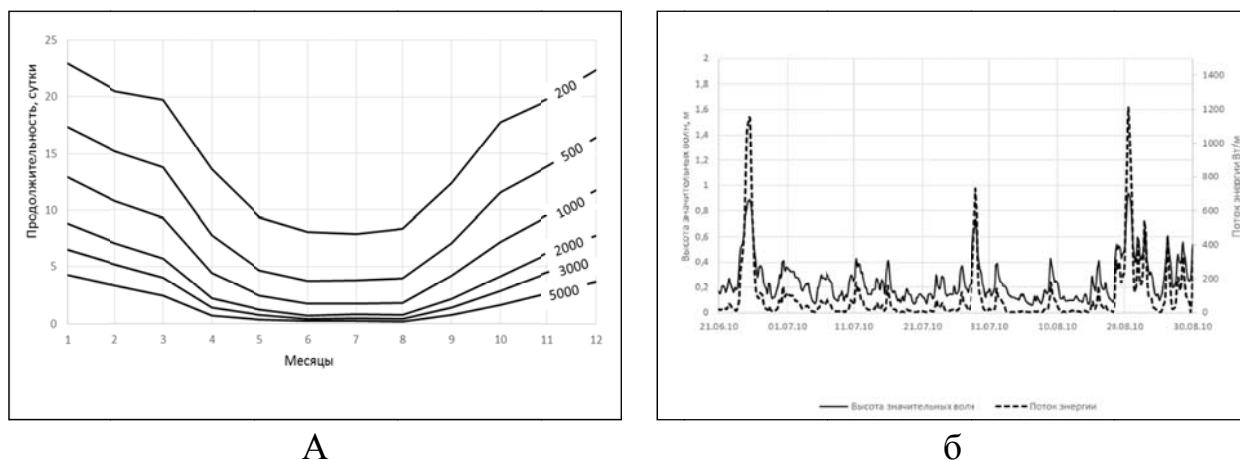


Рис. 3. Результаты расчета среднемесячной продолжительности периодов времени с удельной энергией волн, превышающей заданные значения (цифры на кривых) – а; средние суточные высоты волн (м) и поток волновой энергии (Вт/м) за период июнь – август 2010 г. – б.

Локальные оценки характеристик волнения были проведены для точки с координатами 34 в.д. 44.25 с.ш., глубина – около 100 м (рис. 2).

Для каждого месяца в пределах расчетного периода (1948-2010 гг.) были рассчитаны среднемноголетние значения удельного потока волновой энергии. Результаты представлены в виде среднемесячной продолжительности времени, в течение которой энергия волн превышала заданные значения (рис. 3 а). Видно, что в заданной точке максимальная удельная энергия (более 5000 Вт/м фронта волны) наблюдается в основном в зимние месяцы, и продолжительность таких периодов не превышает 13%

времени. Значительная энергетическая мощность волнения (более 1000 Вт/м) может наблюдаться только в течение 40-45% времени зимних месяцев. В остальные дни потенциал волной энергии небольшой. Так, в зимний сезон довольно длительными являются периоды, когда волнение отсутствует. Поэтому количество дней в месяце, когда поток энергии волн превышает 500 Вт/м, составляет только 20-25. В летний период в течение более 85% времени энергия волн не превышает 500 Вт/м. Это связано с низкими скоростями ветра и отсутствием волнения летом, что является нормой для этого района.

Таким образом, видно, что среднегодовые значения волновой энергии для Черного моря нельзя использовать для теоретических расчетов потенциала, и тем более, проектных изысканий, поскольку в этом случае не учитывается достаточно широкие вариации энергетических характеристик волнения. В качестве подтверждения значительных вариаций в целом и достаточно низкого энергетического потенциала рассматриваемого района акватории в летний период на рис. 3 б представлены значительная высота волн и поток энергии для летних месяцев года. Видно, что в пределах расчетного периода были отмечены только два пика, когда высота волн превышала 1 м, и поток энергии значительно увеличивается. В остальное время наблюдается либо штиль, либо слабое бризовое волнение, причем продолжительность периода со слабым волнением составил за указанный период (70 суток) не менее 40-50 суток (поток волновой энергии ниже 200 Вт/м).

Выводы

Таким образом, показана возможность оценки среднесуточных характеристик ветрового волнения – значительных высот волн и удельного потока волновой энергии (на единицу длины волнового фронта) – с использованием модели ветрового волнения третьего поколения SWAN и данных реанализа NCEP/NCAR. Проведены расчеты как в целом для акватории Черного моря, так и более детальные – для заданной точки, где оценена сезонная динамика повторяемости значительных высот волн и потока волновой энергии. Показано, что максимальной волновой энергией характеризуется зимний период: в январе и декабре 70-75% времени энергия волн превышает 500 Вт/м волнового фронта; в летние месяцы указанная продолжительность падает до 27% времени. Однако при дальнейших расчетах для акваторий, примыкающих к крымскому побережью, требуется верификация с использованием архивных данных, а также дальнейшие наблюдения на стационарных объектах, таких как исследовательская платформа п. Кацивели (Республика Крым). Подобная верификация даст возможность с известной погрешностью провести оценки волнового потенциала и его динамики на основе современных моделей и массивов данных для различных морей России. Динамика волнового потенциала в конкретных точках наиболее энергетически насыщенных прибрежных акваторий позволит проводить проектные изыскания для автономных потребителей как наиболее оправданной ниши для использования волновых энергетических установок.

Работа выполнялась при поддержке РФФИ, проект № 16-08-00829.

Список литературы

1. Горлов А.А. Энергетика ветрового волнения океанских течений//Энергия: экономика, техника, экология. 2015. № 2. С. 30-39.
2. Горлов А.А. Возобновляемая энергия для океанологических исследований // Энергия: экономика, техника, экология. 2013. № 3.
3. Матушевский Г.В. Оценка энергозапасов ветрового волнения в морях СССР. – М.: 1982. – 9с. Деп.в ИЦ ВНИИГМИ – МЦД. 1982. N 14 5 ГМ-д 82.
4. Минин В.А., Дмитриев Г.С. Перспективы освоения нетрадиционных и возобновляемых источников энергии на Кольском полуострове. Мурманск. 2007. С. 58-67.
5. Abdalla S, Ozhan E. METU models for wind-wave prediction. METU-KLARE Special report. Middle East Technical University, Ankara, Turkey; 1994.
6. Bingchen Liang, Fei Fan, Fushun Liu, Shanhong Gao, Hongyan Zuo 22-Year wave energy hindcast for the China East Adjacent Seas// Renewable Energy. 2014.№ 71. P. 200-207.
7. Ozhan E, Abdalla S. Wind-wave climate of the Black Sea and the Turkish coast (NATO TU-WAVES project). In: 5th International workshop on wave hindcasting and forecasting, Melbourne, Florida, USA, Proceedings; January 1998. P. 71–82.
8. The SWAN team. SWAN user manual (Cycle III version 40.72AB). Delft: Delft University of Technology; 2009.
9. Adem Akpınar, Murat Ihsan Komurcu Assessment of wave energy resource of the Black Sea based on 15-year numerical hindcast data // Applied Energy. 2013. №101. P.502–512.
10. Adem Akpınar, Murat Ihsan Komurcu Wave energy potential along the south-east coasts of the Black Sea//Energy.2012. № 42. P. 289-302.
11. Электронный ресурс: URL: http://www.minenergo.gov.ru/press/kfo/2686.html?sphrase_id=31822 (дата обращения: 11.06.2015).
12. Киселева С. В., Горбунова Т. Ю. Исследование ресурсных возможностей развития ветроэнергетики с учетом физико-географических ограничений и особенностей природопользования (на примере Юго-Восточного Крыма) // *Альтернативная энергетика и экология*. 2016. № 1-2. С. 12–24.
13. Андреев Т. И., Киселёва С. В., Рафикова Ю. Ю. Оценка энергетического потенциала отходов растениеводства Крымского Федерального округа // *Инновации в сельском хозяйстве*. 2016. № 5(20). С. 449–455.
14. Arkhipkin V.S., Gippius F.N., Koltermann K.P. and Surkova G.V. Wind waves in the Black Sea: results of a hind cast study.- Natural Hazards and Earth System Sciences Discussions, 2014, Vol. 14, P. 2883–2897.
15. Booij N, Ris R.C., Holthuijsen L.H. A third-generation wave model for coastal regions 1. Model description and validation. Journal of Geophysical Research C: Oceans 1999; V. 104, № C4, p. 7649-7666.

НИЗКОФОНОВЫЙ МЕТОД ИЗОТОПНЫХ МАРКЕРОВ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНТЕРКАЛЯЦИИ ГРАФИТА АТОМАМИ КАЛИЯ

¹Ахматов З.А., ²Гапгапшев А.М., ¹Романенко В.С., ¹Керэфов К.А.,
^{1,2}Хоконов А.Х., ²Кузьминов В.В., ¹Эфендиев К.Т.

azkh@mail.ru

¹Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова

²Баксанская нейтринная обсерватория ИЯИ РАН

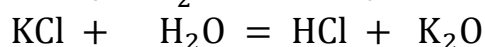
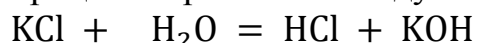
Россия, КБР, г. Нальчик

Введение

Для изучения графеноподобных структур в настоящее время активно используются методы атомно-силовой и колебательной спектроскопии [1]. В частности в работе [2] анализируются возможности рамановской спектроскопии для идентификации гидрогенизированного и металлизированного графена, а также многослойных графеноподобных структур. В данной работе представлен результат низкофонового эксперимента по регистрации гамма активности графита интеркалированного атомами калия. Целью эксперимента являлось определение возможностей метода изотопных маркеров для изучения графеноподобных наноструктур в уникальных низкофоновых условиях, реализуемых на установках Баксанской нейтринной обсерватории ИЯИ РАН для радиационной спектрометрии [3, 4]. Рассмотрена задача определения эффективности интеркаляции графита атомами калия с природным содержанием (0.012%) изотопа калия К-40 ($T_{1/2} = 1.2 \cdot 10^9$ лет).

Интеркалирование графита атомами калия

Интеркаляция образца из рекристаллизованного графита производилась электрохимическим способом в насыщенном водном растворе соли КСl. При этом графитовая пластина использовалась в качестве катода, адсорбирующего ионы K^+ образуемые при диссоциации КСl. Помимо этого процесса протекают следующие реакции:



Продукты приведенных реакций удалялись с поверхности графитовой пластины шлифовкой.

Измерение ультранизкой гамма активности изотопа К-40

Для проведения измерений гамма активности интеркалированных образцов графита использовался низкофоновый спектрометр на основе особо чистого германия марки 4НРGe. Спектрометр расположен в подземной низкофоновой лаборатории НИКА Баксанской нейтринной обсерватории в тоннеле под горой Андырчи. Радиоактивный фон, обусловленный космическими лучами в этой лаборатории снижен в 2000 раз, что соответствует глубине 660 метров водного эквивалента. Схема измерительной установки показана на рис. 1.

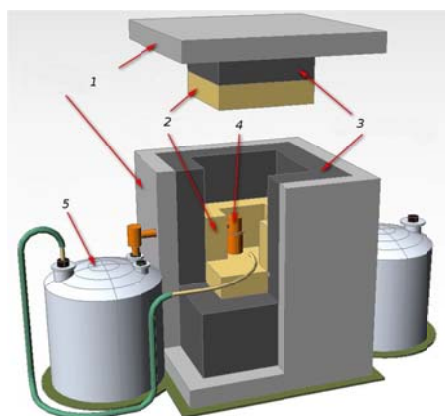


Рис.1. Общий вид низкофоновой установки для германиевого ПДД: 1- борированный полиэтилен, 2 - медная защита, 3 – свинцовая защита, 4 – ПДД, 5 – дьюар с жидким азотом.

Германиевый полупроводниковый детектор (см. рис. 2), представляющий собой цилиндр диаметром и высотой 7 см помещался в полость размерами 260x260x280 мм медной защиты с толщиной стенок 100 мм и с размерами по внешнему контуру 460x460x480 мм.

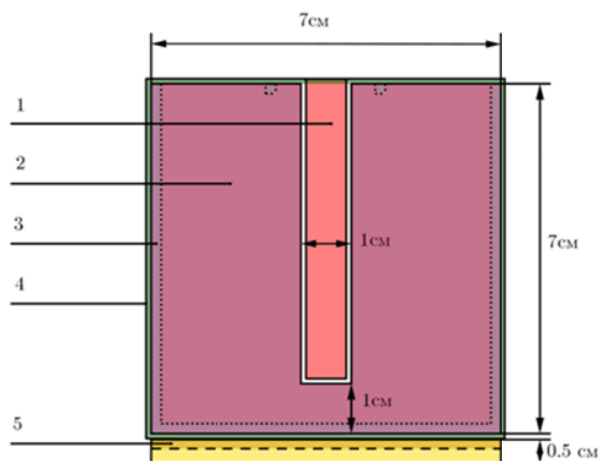


Рис.2 Схема германиевого ПДД детектора и размещения образца: 1 – медный анод, 2 – монокристалл германия, 3 – переходной германиевый слой легированный литием, 4 – медный кожух толщиной 1мм, 5 – графитовый образец интеркалированный калием.

Медная защита предназначена для поглощения бета излучения, окружающего детектор свинцовой защитой от гамма излучения толщиной 200 мм с внешними размерами 860x860x880 мм. В свою очередь свинцовая защита окружена борированным полиэтиленом толщиной 80 мм с размерами по внешнему контуру 1020x1020x1040 мм предназначенным для замедления и поглощения фоновых нейтронов, появляющихся в результате (α , n) – реакции, где альфа частицы образуются в рядах распадов радиоактивных семейств U-238 и Th-232. С целью устранения накопления радиоактивного радона Rn – 222 ($T_{1/2} = 3.82$ суток) во внутренних полостях установки проводится их непрерывная прокачка парами жидкого азота.

Результаты низкофоновых измерений

Экспонирование интеркалированного калием графитового образца проводилось в течение 384 часов. Число зарегистрированных за это время распадов K-40 составило $N_1 = 768$ событий. Это соответствует $m = 0.17$ мг

атомов калия проинтеркалировавшего в графитовую пластину массой $M = 23$ г. Полученный гамма спектр приведен на рис. 3.

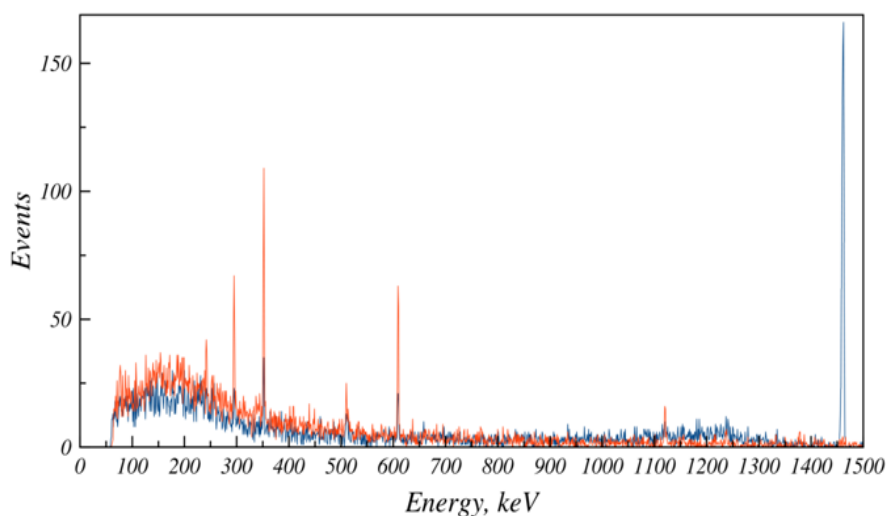


Рис.3 Гамма спектр графитового образца интеркалированного атомами калия с природным содержанием изотопа К-40 полученный с помощью германиевого полупроводникового детектора в низкофоновой камере НИКА за 384 часа экспозиции – синяя кривая, красная кривая – фон ППД за 990 часов.

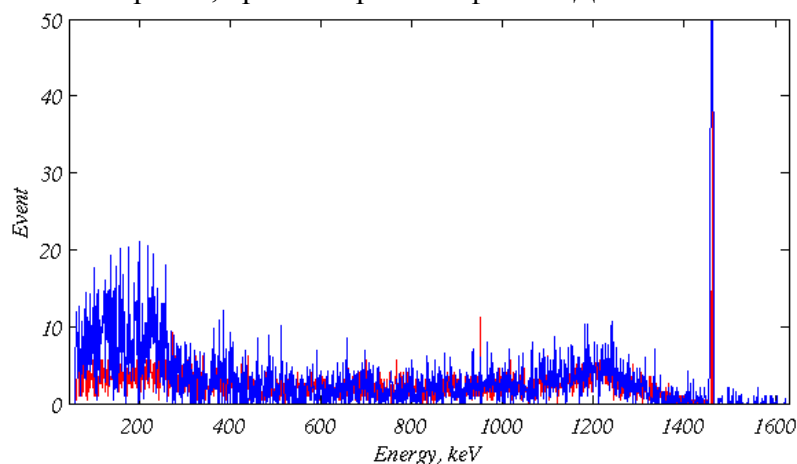


Рис.4 Сравнение экспериментального гамма спектра интеркалированного калием графита - синяя кривая с моделированием с помощью программы Geant4 - красная кривая.

Яркий максимум при энергии 1.46 МэВ соответствует гамма квантам, появляющимся при распаде ядра К-40 в результате электронного захвата (10.72 %) с образованием дочернего ядра аргона Ar-40. На том же рисунке красной линией показан фон полупроводникового детектора набранный за 990 часов. Выраженные пики при энергиях ниже 700 кэВ соответствуют гамма квантам дочерних продуктов распада радона Rn-222.

На рисунке 4 приведено сравнение результатов эксперимента и компьютерного моделирования с помощью программы Geant4.

Выводы

В проведенном эксперименте отношение сигнал-шум в области исследуемого максимума ($E = 1.46$ МэВ) составило $N_1 / N_{BG} = 45$. Это позволит регистрировать содержание калия в углеродных материалах с точностью $10^{-7} - 10^{-8}$ г/г при использовании калия с природным содержанием

изотопа К-40. Для калия обогащенного изотопом К-40 точность метода составит 10^{-11} – 10^{-12} г/г.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ 16-29-13011 офи_м.

Список литературы

1. R.D. Cooper, Benjamin D'Anjou, Nageswara Ghattamaneni et al. Experimental Review of Graphene. Condensed matter physics. 2012, p.56.
2. Akhmatov Z. A., Khokonov A. Kh., Tarala V. A. Vibrational Dynamics of Pristine and the Hydrogenated Graphene Surface. Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics, 80(11), p.1341-1343.
3. D. Budjase, A.M. Gangapshev, V.V. Kuzminov et.al. Gamma-ray spectrometry of ultra low levels of radioactivity within the material screening program for the GERDA experiment. Applied Radiation and Isotopes. V. 67, 2009, p. 755–758.
4. V.V. Kuzminov, V.V. Alekseenko, I.R. Barabanov, R.A. Etezov, A.M. Gangapshev, Yu.M. Gavriluk, A.M. Gezhaev, V.V. Kazalov, A.Kh. Khokonov, S.I. Panasenko, S.S. Ratkevich, Some features and results of thermal neutron background measurements with the [ZnS(Ag)+ 6 LiF] scintillation detector. Nucl. Instr. and Meth A, V. 841, 2017, p. 156–161.

ИНДИКАТОРЫ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ В ПРИМОРСКОЙ ЗОНЕ АБХАЗИИ

^{1,2}А.К. Ахсалба, ^{1,2}Я.А. Экба

asida_cen@mail.ru, ekba-yan@yandex.ru

¹Институт экологии Академии наук Абхазии

²Абхазский государственный университет

Республика Абхазия, г. Сухум

Аннотация

В статье проведен анализ изменчивости и экстремальности регионального климата на примере приморской зоны Абхазии. Рассчитаны основные показатели сезонной и межгодовой тенденции изменчивости основных метеорологических элементов и их распределения. Представлены результаты комплексного анализа временных изменений основных климатических показателей (температуры воздуха, атмосферного давления, ветрового режима и атмосферных осадков) г. Сухум за последние десятилетия (1987–2016 гг.) с использованием инструментальных данных и автоматизированной станции VENTAGE PRO-2 на метеорологической станции «Сухумский Маяк». Выявлены тенденции в изменении показателей климата. Результаты иллюстрируют возможность: а) быть индикатором изменчивости климата в региональном аспекте, б) использования для улучшения гидрометеорологического обеспечения отраслей экономики.

Ключевые слова: климат, температура воздуха, атмосферное давление, ветровой режим, атмосферные осадки, экстремальные явления, наводнения.

Цель настоящей работы – анализ временных изменений основных показателей климата Абхазии за период 1987–2016 гг.

Методы исследования

Исследование полученных временных рядов проводилось методами статистического анализа: рассчитывались средние многолетние значения

основных характеристик климата, строились графики многолетнего хода, определялись линейные тренды.

Результаты собственных исследований

Основным вредом и основной угрозой для природы и человека является не потепление (оно очень мало), а изменение, точнее разбалансировка, климата. Климатическая система – это сложный «организм», имеющий собственные законы и внутренние колебательные процессы: циклоны и антициклоны, засухи и наводнения и т.д. и т.п.

Результаты исследования содержат следующее направление: изучение региональных особенностей проявлений изменчивости. В рамках данного направления рассчитаны тенденции межгодовой изменчивости характеристик периодов на основе нескольких индикаторных параметров [1, с.123; 5, с .121].

Рассмотрим распределение среднемесячной и многолетней средней годовой температуры воздуха (СГТВ) по данным метеостанции «Сухумский маяк» за период 1987–2016 гг. Величина СГТВ повсеместно положительная и имеет более низкие значения в 1992г. и 2011г.(рис.1). В то же время с 2011 г. она заметно ниже по сравнению с другими десятилетиями. Диапазон колебаний СГТВ в период 1986–2015 гг. по метеоданным составляет от 0,2 °С (2007 – 2008 гг.) до 4,0 °С (2010-2011 гг.). Отметим, что на данной станции наиболее низкая температура отмечена в 1992 г.(12,9 °С), а в 2010 г. зафиксирована наиболее высокая СГТВ (18,6°С) что свидетельствует об особенностях изменения региональной температуры воздуха на фоне происходящих глобальных климатических процессов.

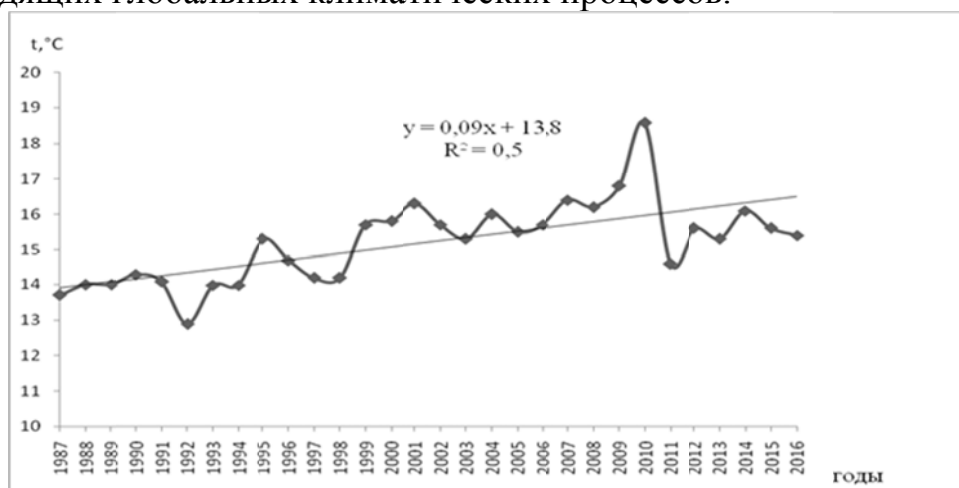


Рис.1. СГТВ за период 1987 – 2016 гг. г.Сухум.

По рекомендации ВМО в качестве стандартного 30-летия для оценки изменчивости современного климата следует использовать период с 1961 по 1990 г. Однако после 1990 г. прошло более 20 лет, и первое 10-летие XXI века показало, что предложенный ВМО базовый период по своим характеристикам существенно отличается от современного. Поэтому в оперативной практике целесообразнее использовать новые климатические нормы, рассчитанные за последний 30-летний период.

Анализируя среднемесячные температуры за рассматриваемый период (рис.2) видно, что за последние десятилетия среднемесячные температуры

повышаются относительно климатических норм (за период 1961-1990 гг. и 1981-2010 гг.).

В январе и феврале – самые холодные месяцы года – средняя многолетняя температура воздуха повышается от +0.8 °С до +0.9 °С соответственно. В апреле многолетние средние месячные температуры незначительно возросли относительно климатической нормы порядка 0,1°С обусловленными преобладанием циклонических процессов [3, с. 75; 4, с. 40].

В летний период изменения среднемесячных значений значительны. Самым теплым месяцем года является август (рис. 2), что связано с максимальным прогреванием морской воды.

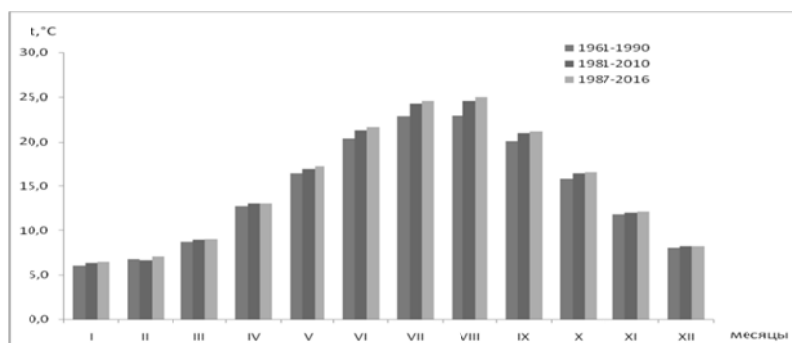


Рис.2. Сравнительный анализ годового хода температуры воздуха за период 1987-2016 гг. с климатическими нормами: базовой климатической нормой 1961-1990 гг.; новая климатическая норма по средним месячным температурам за период 1981-2010 гг. г.Сухум

Большое влияние на климатический режим оказывают барикоциркуляционные процессы. В пределах территории республики средние месячные значения атмосферного давления в годовом ходе наибольшие его значения отмечаются в холодный период, наименьшие – в теплый (рис.3).

Прослеживаются слабые тренды падения давления в летние месяцы (июнь, август), что подтверждается соответствующими трендами роста температуры воздуха, обусловленными преобладанием циклонических процессов, особенно в последние годы.

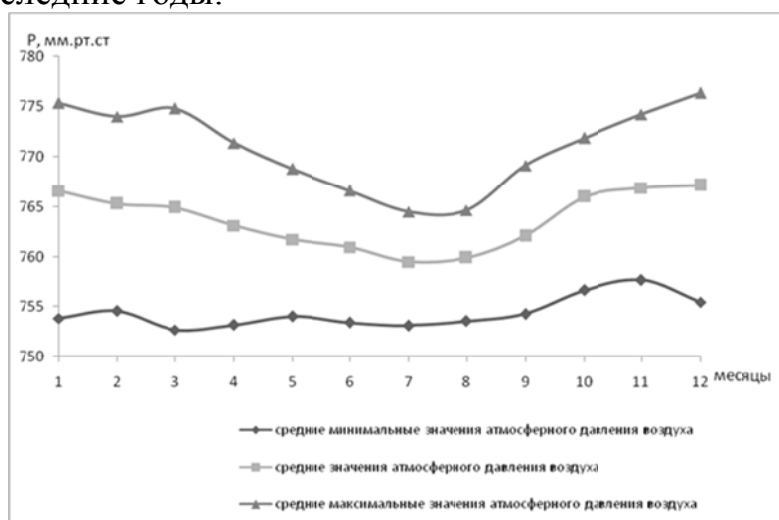


Рис.3. Годовой ход атмосферного давления за последние десятилетия в г. Сухум.

Среднемесячные величины относительной влажности воздуха за рассматриваемый период, а также их максимальные и минимальные значения приведены на рисунке 4.

Среднемесячная максимальная относительная влажность в 97-99 % наблюдалась как в холодный, так и теплый период года. Минимальная относительная влажность воздуха теплого периода в приморской зоне составляет 53 %.

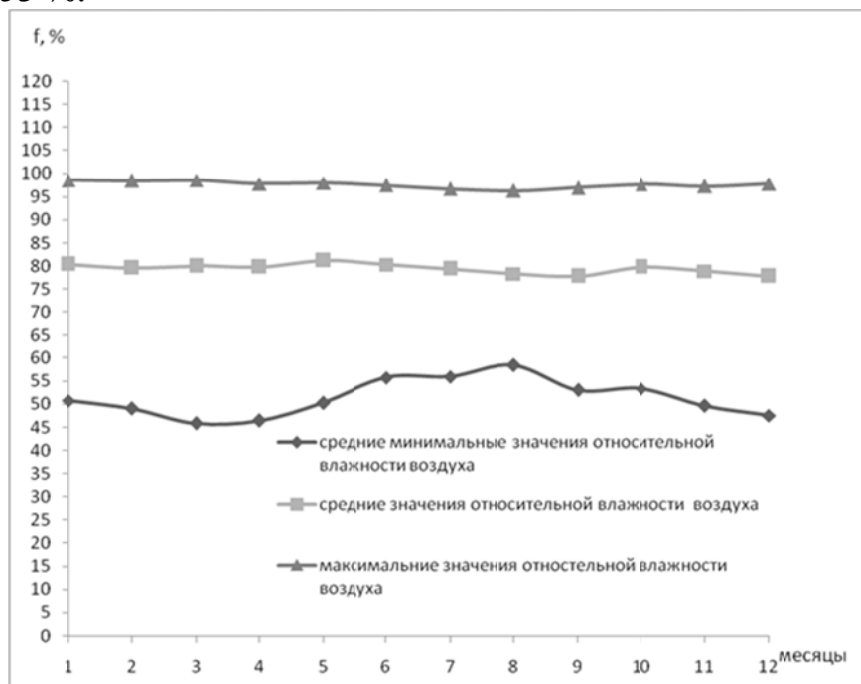


Рис.4. Годовой ход относительной влажности воздуха за последние десятилетия в г. Сухум.

Среднемесячная скорость ветра в г. Сухум за период с 1987 по 2016 гг. находилась в пределах от 1,8 до 2,3 м/с (рис.5). Самая максимальная скорость ветра 9,4 м/с наблюдалась в феврале, тогда как самое минимальное значение этого показателя отмечено в мае — скорость 6,5 м/с.

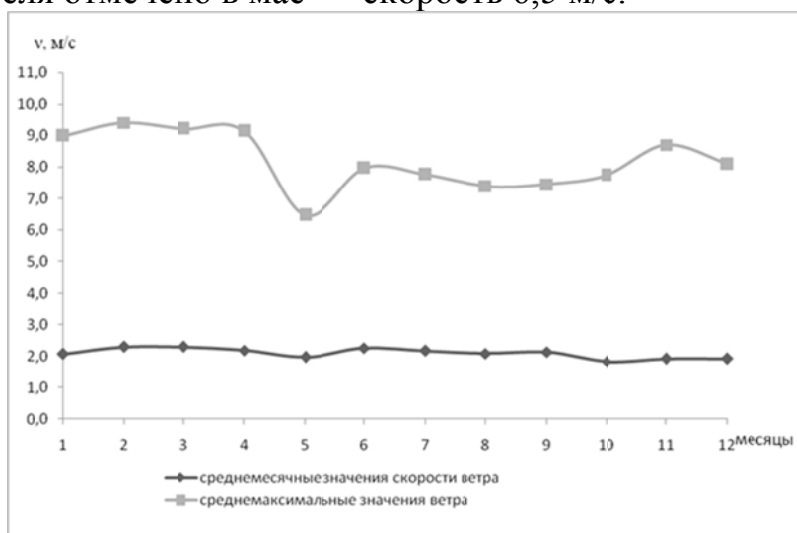


Рис.5. Годовой ход скорости ветра за последние десятилетия в г. Сухум

Наибольшей среднегодовой повторяемостью в прибрежной зоне обладают ветры западного (22,8%) и восточного (19%) направлений, наименьшей – ветры южного (5,5%) и северного румбов (2,3%).

Среднегодовая повторяемость штиля составляет 9,7%. Наибольшая повторяемость наблюдается в зимний период (10,4%), наименьшая - в осенний (8,5%).

Количество осадков на побережье увеличивается с севера на юг. Такое положение объясняется: во-первых, направлением морских ветров, которые в северной части побережья дуют вдоль побережья, и во-вторых, наличием фёновых ветров дующих со стороны близлежащих горных хребтов [6, с.291].

Распределение многолетней среднегодовых сумм осадков имеет положительный тренд (рис.6).

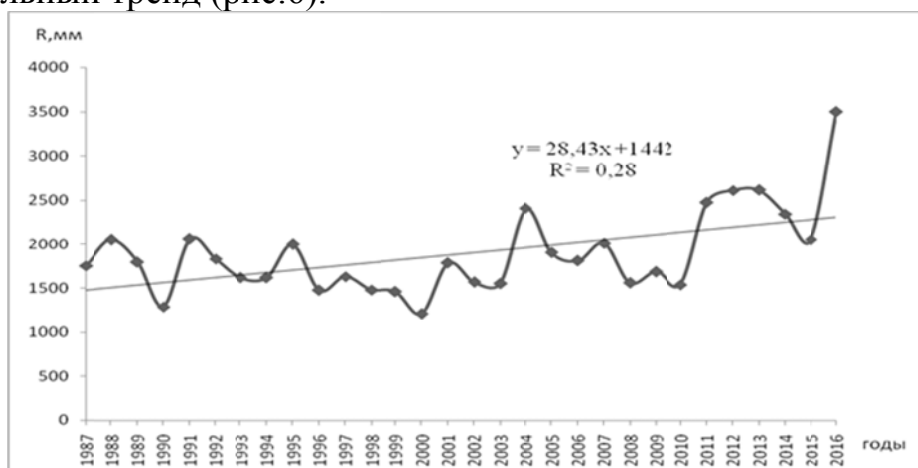


Рис.6. Годовые суммы осадков за период 1987-2016гг. г.Сухум.

Максимальная годовая сумма осадков выпало в 2016г, составило 3493 мм. Относительно новой климатической нормы (за период 1971-2000гг.) годовые суммы осадков за рассматриваемый период увеличились на 300 мм.

За последние десятилетия наблюдается существенная трансформация месячных сумм осадков [7, с.57]. На рис. 7 приведены распределение месячных сумм осадков, осредненные за различные периоды.

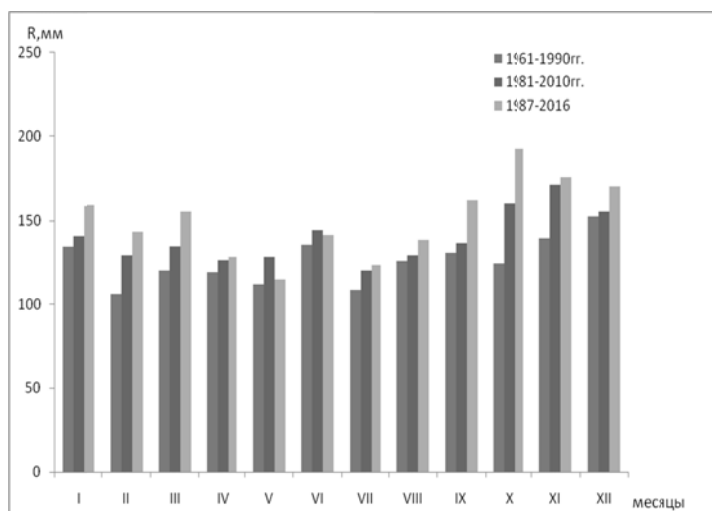


Рис.7. Сравнительный анализ месячных сумм осадков за период 1987-2016гг. с климатическими нормами осредненными за различные периоды (средние месячные суммы осадков за период 1961-1990 гг и 1981-2010 гг.) г.Сухум.

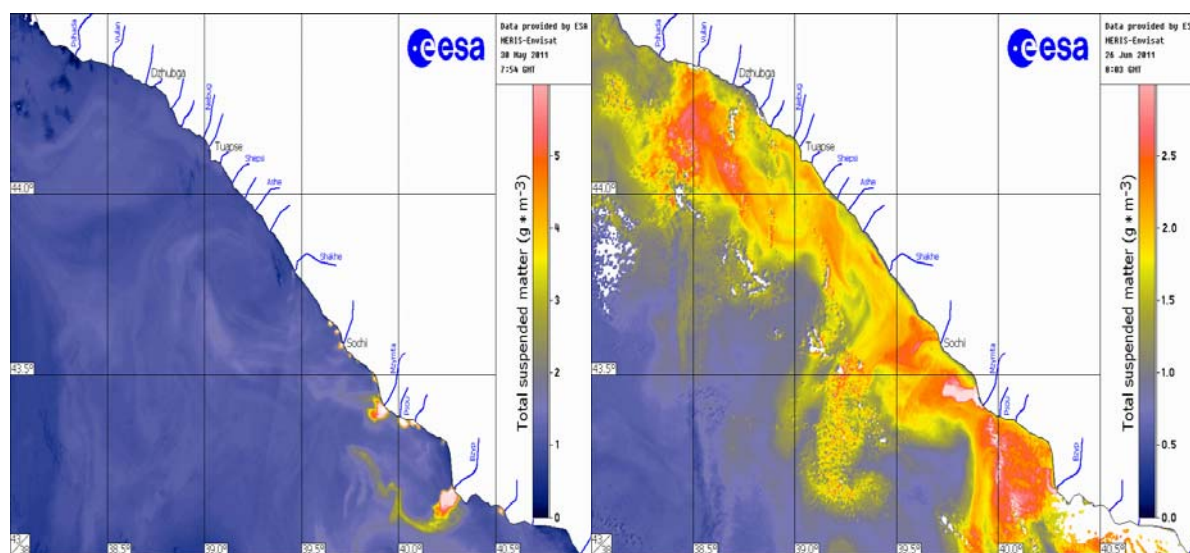
Наибольшее количество осадков выпадает в октябре, наименьшее в мае месяце. Значительно увеличилось суточные суммы осадков, их количество достигает 260 - 300 мм.

В атмосферных осадках обнаруживаются циклы самой различной длительности, от 2 до 50 лет и более, некоторые частоты встречаются почти повсеместно, а другие крайне редко. Циклы длительностью 3-4 года и 17-лет встречаются наиболее часто и соответствуют частоте появления атмосферных засух на территории Абхазии. Эти циклы почти повсеместно проявляются в осадках. Статистически они надежны, несмотря на то, что амплитуда их проявления невелика и сильно меняется в отдельные периоды времени [2, с. 53].

На акватории Черного моря наблюдаются следующие экстремальные природные явления: сильное волнение (5 баллов и более), сильное колебание уровня моря (сгон и нагон), апвеллинги и т.д.

Многие из них возникают из-за экстремальных метеорологических явлений и, по сути, являются их «отражениями» в море. Например, сильное волнение, сгон или нагон, апвеллинг и т.д.

Однако это не всегда так. Например, речной плюм является обычным природным явлением для морской среды. В случае экстремального количества осадков, выпавших на водосборном бассейне реки, происходит его «усиление», т.е. увеличение концентрации взвешенного вещества, поступающего в прибрежные воды с речной водой, что может рассматриваться как «экстремальное» явление по своему воздействию на прибрежные экосистемы (рис.8).



а) б)
Рис.8. Содержание взвешенного вещества ($\text{г}/\text{м}^3$) в прибрежных водах Черного моря у побережья Краснодарского края и Республики Абхазия по данным спектрорадиометраMERIS спутника ENVISAT (а) – 30 мая, (б) – 26 июня 2011 года.

Многие опасные природные явления тесно связаны между собой. Землетрясение может вызвать обвалы, оползни, сход селя, наводнение, цунами, лавины, активизацию вулканической деятельности. Многие штормы,

ураганы, смерчи сопровождаются ливнями, грозами, градобитием. Сильная жара сопровождается засухой, понижением грунтовых вод, пожарами, эпидемиями, нашествиями вредителей.

Наиболее частыми экстремальными явлениями погоды в Абхазии, затронувшими последнее десятилетие, являются наводнения. Широкомасштабные и продолжительные наводнения наблюдаются практически ежегодно.

Таким образом, по всей видимости, на Черноморском побережье следует ожидать последствий усиления западного переноса и связанного с ним увеличения количества осадков (прежде всего в весенний и осенний периоды), следствием чего будет усиление паводков на реках и активизация склоновых процессов в указанные сезоны года.

Нельзя исключать того, что усиление зимней циклонической активности в регионе явится причиной увеличения частоты особо опасных явлений погоды. Негативный эффект глобального изменения климата следует ожидать в том числе и от повышения уровня моря. Последнее будет причиной масштабных изменений в динамике прибрежных вод и сокращения пляжной полосы.

Список литературы

1. Ахсалба А.К. Основные особенности климата последних десятилетий территории Абхазии // Материалы XII Международного симпозиума «Проблемы экоинформатики». М.: МНТОРЭС, 2016. – С. 120-124
2. Ахсалба А.К., Эмба Я.А. Влияние изменений климата на сельскохозяйственное производство Абхазии. Геосистемы: факторы развития, рациональное использование, методы управления. Туапсе, 2008. - С.53-54.
3. Дбар Р.С., Эмба Я.А., Ахсалба А.К. Экологические аспекты потепления климата в Абхазии// Материалы II Международной научно-практической конференции "Актуальные проблемы экологии в условиях современного мира". - Майкоп, 2002. -С.74-76.
4. Дбар Р.С., Эмба Я.А., Ахсалба А.К. Тенденции изменения климата юго-западного Кавказа в XX столетии// Тр. Межд. конф.: "Биосфера и человек".- Майкоп, 2003.- С. 38-41.
5. Климатические условия и ресурсы Республики Татарстан / Под ред. Ю.П. Переведенцева, Э.П. Наумова. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2008. – 288 с.
6. Эмба Я.А., Ахсалба А.К. Вековая динамика климата и его воздействие на наземные экосистемы Абхазии. Материалы Международной научной конференции с элементами научной школы «Инновационные методы и средства исследований в области физики атмосферы, гидрометеорологии, экологии и изменения климата»/ под ред. М.Т. Абшаева, А.А. Лиховида, А.Г. Погорельцева. – Ставрополь: Изд-во СКФУ, 2013. С. 289-294.
7. Ахсалба А.К., Эмба Я.А. Влияние изменений климата на урожайность цитрусовых культур в Абхазии // Материалы II Международной научно-практической конференции, посвященной 20-летию МГТУ «Прикладные аспекты геологии, геофизики и геоэкологии с использованием современных информационных технологий». – Майкоп Изд-во «Магарин О.Г.», 2013. -С.57-64.

РЕЖИМ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ И СТЕПЕНЬ ИХ ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ В ПРИМОРСКОЙ ЗОНЕ АБХАЗИИ

^{1,2}А.К.Ахсалба, ^{1,2}Я.А.Экба, ³М.К.Беданоков, ³О.П.Шевякова,
⁴Д.М. Соловьев

asida_cen@mail.ru, ekba-yan@yandex.ru

¹Институт экологии Академии наук Абхазии, Республика Абхазия, г. Сухум

²Абхазский государственный университет, Республика Абхазия, г. Сухум

³Майкопский государственный технологический университет

Россия, г. Майкоп

⁴Морской гидрофизический институт РАН, Россия, г. Севастополь

Количество осадков на Черноморском побережье Абхазии увеличивается с севера на юг. Такое положение объясняется направлением морских ветров, которые в северной части побережья дуют вдоль берега, и наличием фёновых ветров, дующих со стороны близлежащих горных хребтов [1].

Распределение многолетней среднегодовых сумм осадков имеет положительный тренд (рис.1).

Максимальные годовые суммы осадков, превышающие 2600 мм, наблюдались в 2012-2013 гг. Годовые суммы осадков за рассматриваемый период относительно новой климатической нормы (за период 1971-2000 гг.) увеличились на 300 мм.

Для характеристики климата используются следующие статистические характеристики: средние значения, экстремумы, показатели изменчивости и частота явлений за период времени не менее 30 лет.

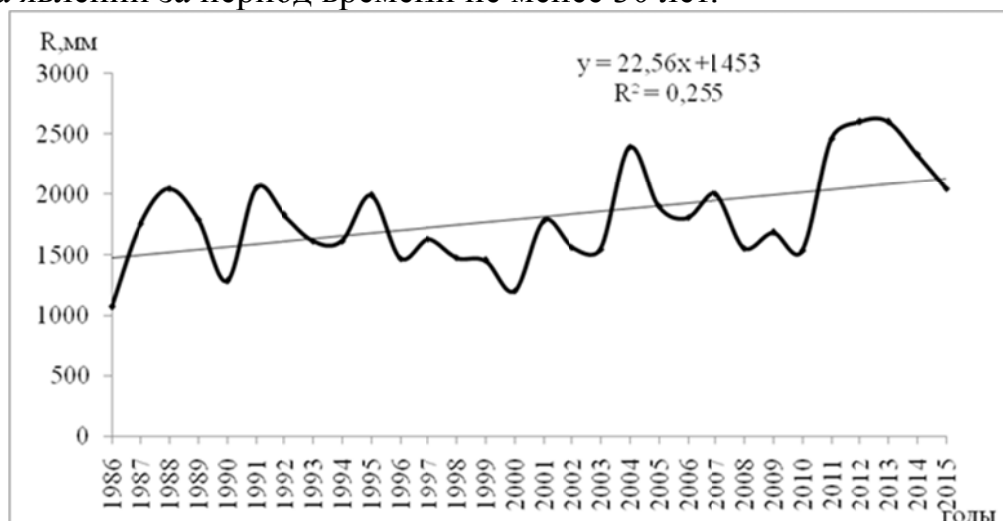


Рис.1. Годовые суммы осадков за период 1986-2015 гг. в г. Сухум

По рекомендации ВМО в качестве стандартного 30-летия для оценки изменчивости современного климата следует использовать период с 1961 по 1990 г. Однако после 1990 г. прошло более 20 лет, и первое 10-летие XXI века показало, что предложенный ВМО базовый период по своим характеристикам существенно отличается от современного. Поэтому в оперативной практике целесообразнее использовать новые климатические нормы, рассчитанные за последний 30-летний период.

В настоящей работе на основе длинного ряда наблюдений (1904–2014 гг.) по метеостанции «Маяк» г. Сухум исследована многолетняя изменчивость атмосферных осадков, рассчитаны средние климатические значения осадков по 30-летиям от начала наблюдений до настоящего времени с перекрытием в 10 лет и построена соответствующая линия тренда (рис. 2).

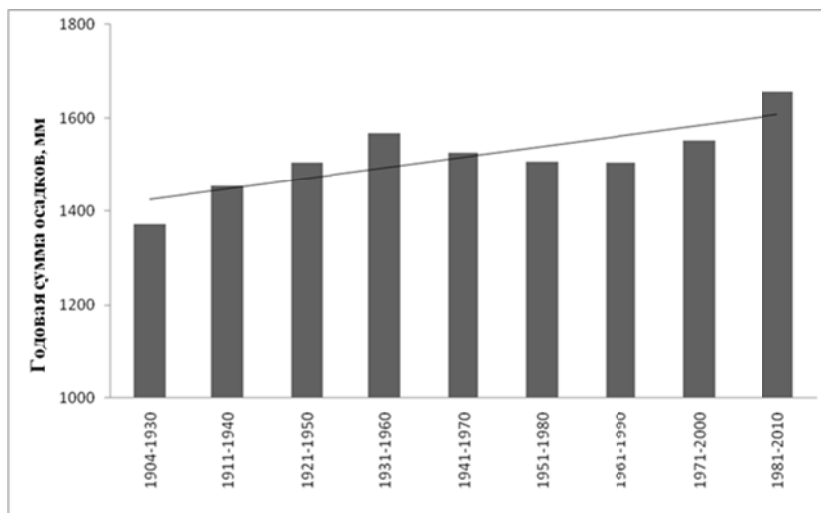


Рис. 2. Динамика климатических норм годовых сумм осадков в г. Сухум по 30-летиям с линией тренда за 1904–2010 гг.

Видно, что в целом наблюдается увеличение годовой суммы осадков в г. Сухум. Однако следует отметить некоторую неустойчивость данной тенденции, характеризующейся последовательным чередованием климатических норм осадков от одного 30-летия к другому. Наибольшая годовая сумма осадков наблюдалась в период 1981–2010 гг. и составила 1656 мм, что превышает на 150 мм годовую норму за 1961–1990 гг., равную 1506 мм.

За последние десятилетия наблюдается существенная трансформация месячных сумм осадков (рис. 3).

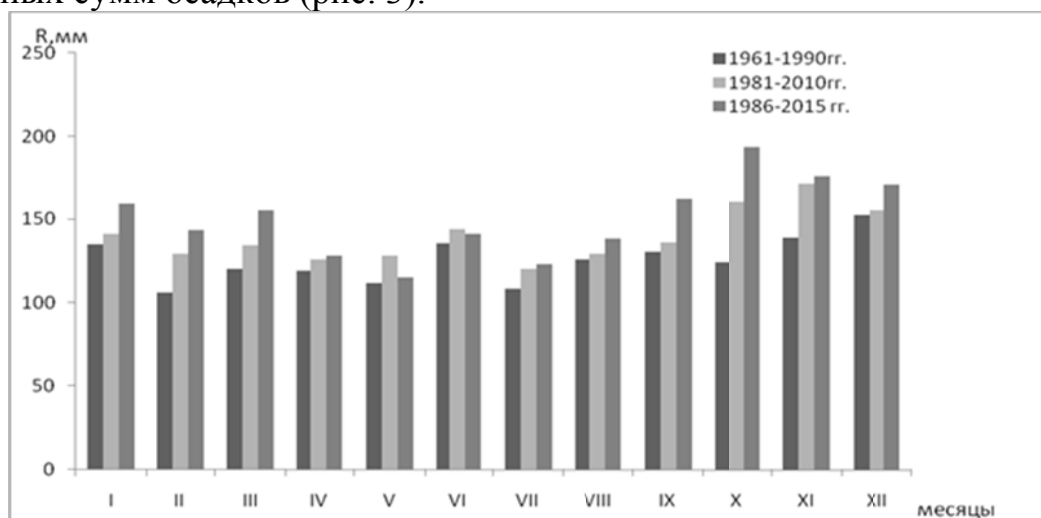


Рис. 3. Сравнительный анализ месячных сумм осадков в г. Сухум за период 1986-2015 гг. с климатическими нормами осредненными за различные периоды (средние месячные суммы осадков за период 1961-1990 гг и 1981-2010 гг.)

Наибольшее количество осадков выпадает в октябре, наименьшее - в мае. Значительно увеличились суточные суммы осадков, их количество достигает 260 - 300 мм.

В атмосферных осадках обнаруживаются циклы самой различной длительности: от 2 до 50 лет и более. Некоторые частоты встречаются почти повсеместно, а другие крайне редко (рис. 4).

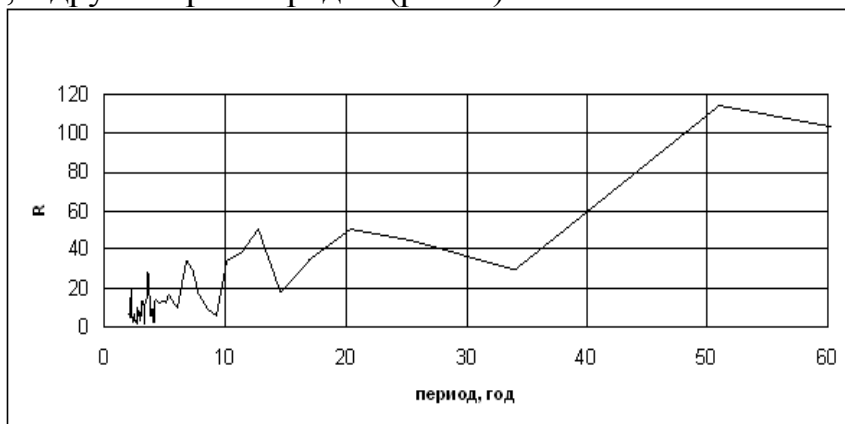


Рис. 4. Периодограмма сумм осадков в г. Сухум

Циклы длительностью 3-4 года и 17 лет встречаются наиболее часто и соответствуют частоте появления атмосферных засух на территории Абхазии. Эти циклы почти повсеместно проявляются в осадках. Статистически они надежны, несмотря на то, что амплитуда их проявления невелика и сильно меняется в отдельные периоды времени.

На акватории Черного моря наблюдаются следующие экстремальные природные явления: сильное волнение (5 баллов и более), сильное колебание уровня моря (сгон и нагон), апвеллинг и т.д.

Многие из них возникают из-за экстремальных метеорологических явлений и, по сути, являются их «отражениями» в море.

В случае экстремального количества осадков, выпавших на водосборном бассейне реки, происходит его «усиление», т.е. увеличение концентрации взвешенного вещества, поступающего в прибрежные воды с речной водой, что может рассматриваться как «экстремальное» явление по своему воздействию на прибрежные экосистемы (рис. 5).

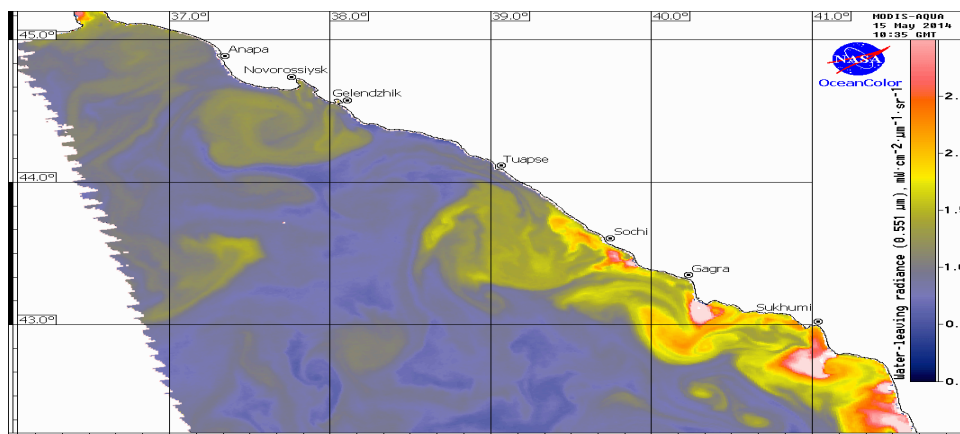


Рис. 5. Распределение концентрации взвешенного вещества, поступающего в прибрежные воды с речной водой по данным MODIS-Aqua за 15 мая 2014 г.

Атмосферные осадки являются инструментом очищения атмосферы от естественных и антропогенных загрязнений. Следует отметить, что наиболее длинный ряд по химическому составу атмосферных осадков имеется по г. Сухум.

Рассмотрим распределение проб осадков по градациям рН для двух периодов (рис. 6).

Видно, что выпадение осадков с рН 4 - 5 имело место для периода 2002-2010 гг. За последние пять лет наблюдается уменьшение кислотности осадков, увеличение числа проб осадков с рН слабощелочных (7-8). Для рассматриваемых двух периодов доминируют значения рН = 6-7 (слабокислые).

На рис. 7 представлен годовой ход рН осадков в г. Сухум за два периода.

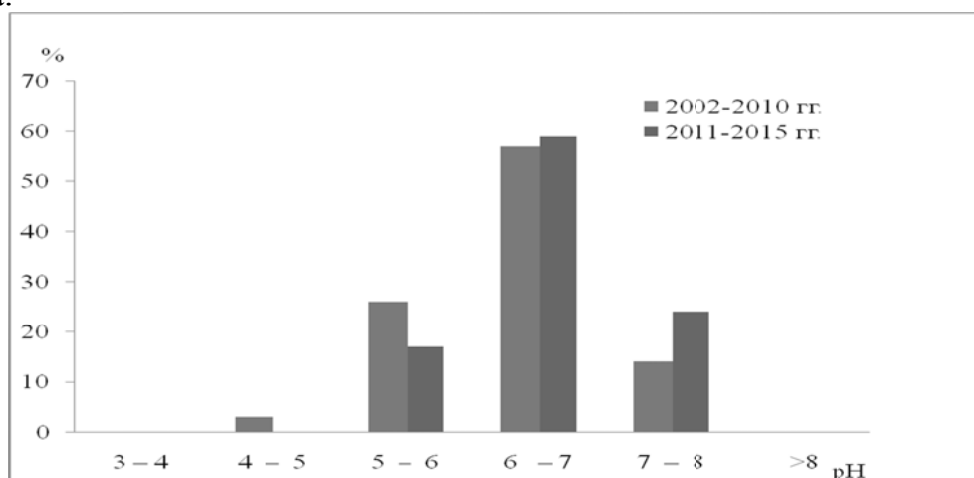


Рис. 6. Распределение проб осадков по градациям рН (г. Сухум)

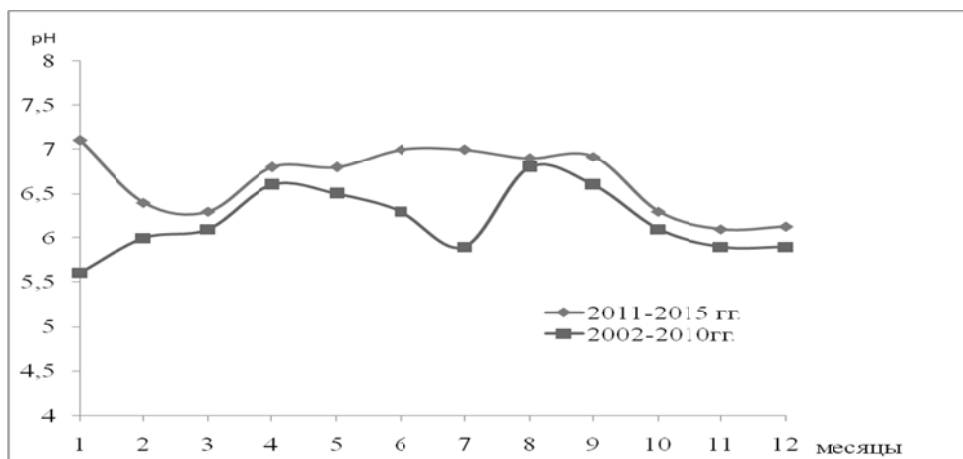


Рис. 7. Среднемесячные значения рН осадков в г. Сухум за период 2002-2010 гг. и 2011-2015 гг.

Видно, что рН атмосферных осадков в 2011-2015 гг. по сравнению с наблюдениями в предшествующий период характеризуется более высокими значениями.

Характеризуя сезонные значения рН за различные периоды, отметим, что рН осадков в теплый период (IV-X) выше, чем в холодный период (XI – III) 6,5 и 5,9 соответственно. При этом за последние пять лет в холодный

период рН осадков увеличился на 0,5 раза по сравнению с периодом 2002-2010 гг.

Проведен анализ средних годовых рН осадков (рис.8).

Уравнение тренда положительно, что свидетельствует об увеличении рН осадков. Минимум рН осадков наблюдался в 1959 и 2007 г., максимум в 2010 г. Понижение величины рН осадков в 2007 г. наверняка связано с дефицитом атмосферных осадков (наблюдалась атмосферная засуха), а повышение в 2010 г. - с извержением вулкана Эйяфьятлайокудль.

Ежемесячный анализ проб атмосферных осадков, собранных в г. Сухум, позволил изучить годовой ход и сезонную изменчивость общей минерализации осадков.

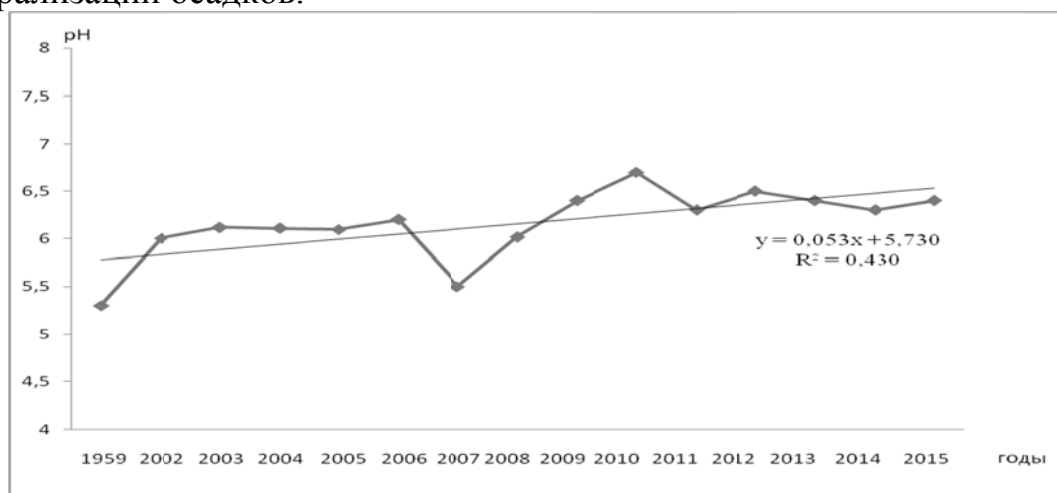


Рис. 8. Тренд средних годовых рН осадков в г. Сухум за весь период наблюдения (1959 г; 2002-2015 гг.)

На рис. 9. представлена грация минерализации осадков в г. Сухум.

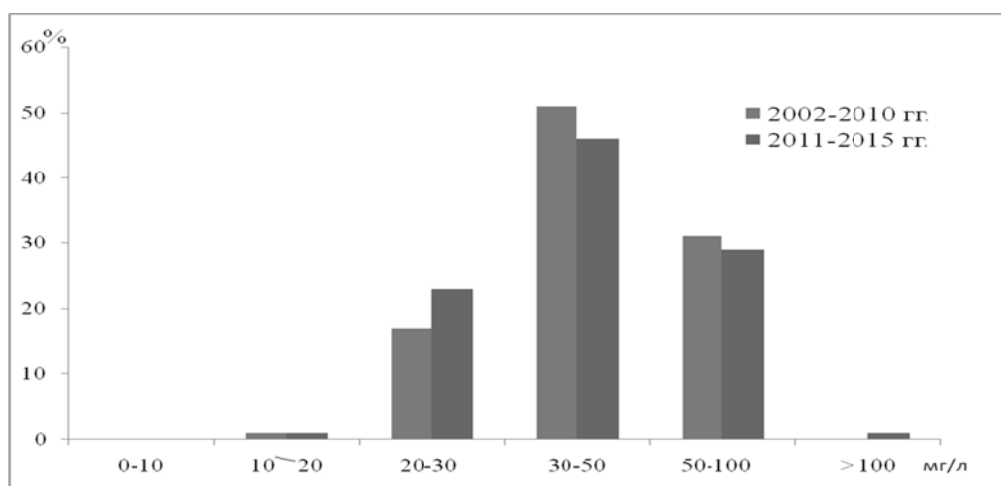


Рис. 9. Повторяемость проб осадков с различными значениями минерализации в г. Сухум

Видно, что минерализация атмосферных осадков в 2011-2015 гг. по сравнению с наблюдениями в предшествующий период характеризуется понижением.

В табл. 1 представлено содержание ионов в осадках в г. Сухум.

Концентрация ионов в атмосферных осадках (г. Сухум)

Годы	Концентрация, мг/л	
	2002-2010	2011-2015
HCO_3	13,0	14,3
SO_4	4,0	4,8
Cl	5,2	4,6
NO_3	7,9	3,6
Ca	1,6	2,2
Mg	0,4	0,3
Na + K	10,1	7,7
NH_4	0,3	0,9
Сумма ионов	42,5	38,4

Рассмотрим годовой ход минерализации за различные периоды (рис. 10).

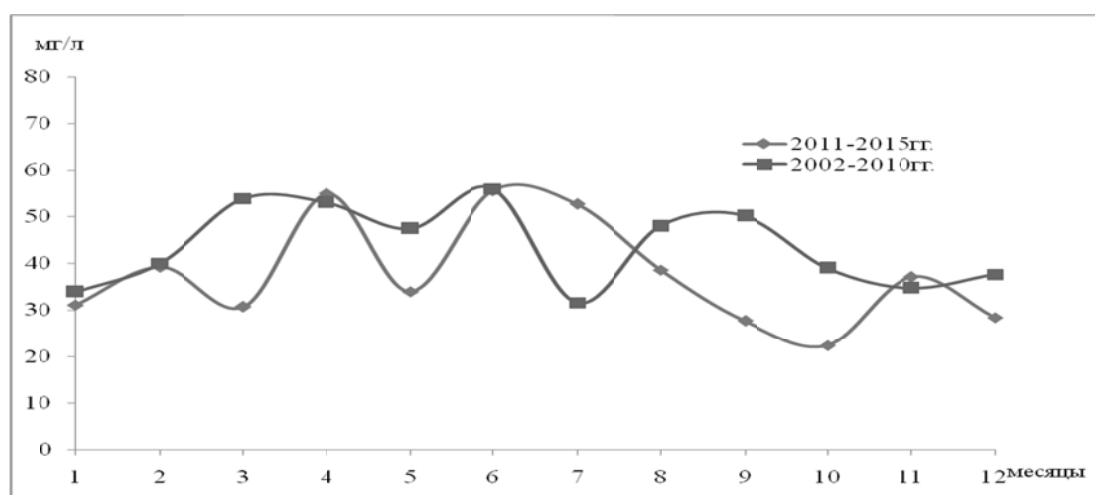


Рис.10. Годовой ход минерализации осадков в 2002 – 2010 и 2011 – 2015 гг.

Сравнительный анализ двух периодов 2002 – 2010 и 2011-2015 гг. показал, что минерализация осадков в г. Сухум имеет довольно сильную изменчивость. Максимальные значения общей минерализации для периода 2002 – 2010 гг. приходятся на весенне – осенний периоды, с 2011 г. максимум наблюдается в весенне – летний период. Это значит, что осадки в летний период за последние годы стали более минерализованы, чем в осенний период. Наверняка это связано с характером выпадения атмосферных осадков. В последние годы в Абхазии в летний период года усилилось число сильных ливней.

Как известно, максимальный вариационный размах минерализации осадков связан с количеством осадков. На рис. 11 представлен график зависимости минерализации осадков от количества осадков.

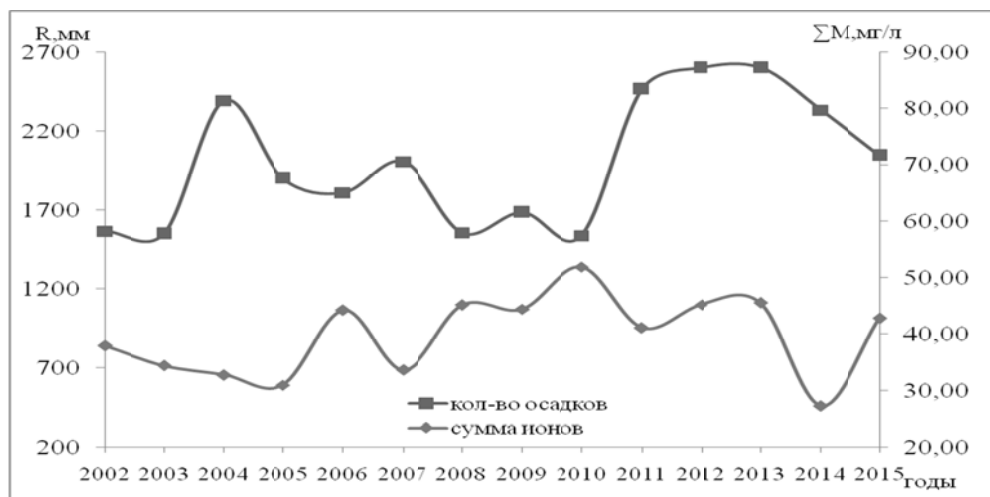


Рис. 11. Зависимость минерализации осадков от количества осадков

Из рис. 11 видно, что максимум минерализации осадков зафиксирован при небольшом количестве осадков и наоборот.

Следует отметить, что минерализация осадков в г. Сухум в среднем выше порога минерализации урбанизированных зон (>30 мг/л).

Тренд межгодовых значений минерализации осадков за период 2002-2015 гг. представлен на рис. 13.

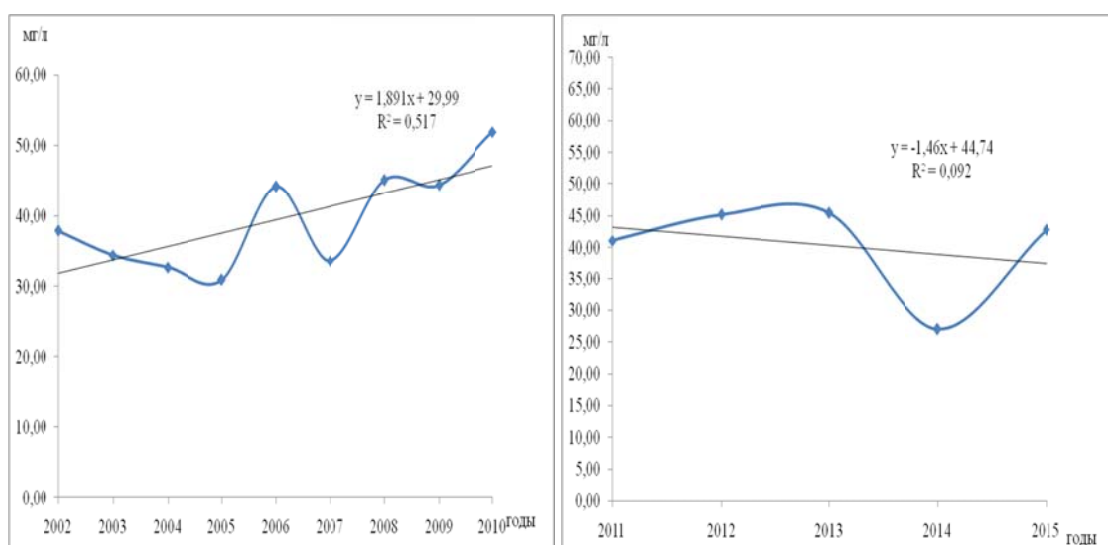


Рис. 12. Тренд минерализации осадков за весь период наблюдений в г. Сухум

Видно, что максимум минерализации осадков зафиксирован в 2010 г., минимум - в 2014 г. Положительный тренд минерализации осадков наблюдался в предшествующий период (2002-2010 гг.), отрицательный - с 2011 года.

По И.Д. Ереминой, зная ионный состав атмосферных осадков и их количество, можно определить поступление минеральных веществ в почву (D) с атмосферными осадками по формуле:

$$D \text{ кг/га в год} = C_{\text{ср}} \cdot \sum m_i \cdot 10^{-2},$$

где: $C_{\text{ср}}$ – средняя годовая концентрация элемента мг/л; $\sum m_i$ - годовое количество осадков, мм [3]. Полученные в результате вычислений данные представлены в табл. 2.

Выпадение солей с осадками в г. Сухум

	D, кг/га в год	
	2002-2010	2011-2015
HCO ₃	213,5	313,0
SO ₃	90,6	112,2
Cl	5,3	2,4
NO ₃	85,2	122,8
Ca	23,4	54,9
Mg	5,7	7,5
Na +K	166,4	189,5
NH ₄	5,3	2,4
сумма	595,4	804,7

Из табл. 2 видно, что среди минеральных веществ, поступающих в почву, доминируют гидрокарбонат – ионы, суммарное содержание ионов натрия и калия, нитрат-ионы. Наименьшие концентрации выявлены для иона – аммония и хлора. Наверняка это объясняется тем, что в Абхазии много известняковых пород, являющихся источником карбонатов и гидрокарбонатов, а вот что касается нитрат - иона, то главным фактором является применение человеком пестицидов и в особенности нитратных удобрений в сельском хозяйстве [2].

Таким образом, на Черноморском побережье Абхазии следует ожидать последствий усиления западного переноса и связанного с ним увеличения количества осадков, прежде всего в весенний и осенний периоды. Следствием чего будет усиление паводков на реках и активизация склоновых процессов в указанные сезоны года.

В последние годы (2011-2015 гг.) по сравнению с предыдущим периодом (2002-2010 гг.) количество осадков в Абхазии увеличилось. В связи с этим содержание химических элементов, влияющих на плодородие почвы, существенно изменилось, что требует систематического контроля за этими процессами.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 17-55-40015_Абх_а «Климатические изменения интенсивности и повторяемости экстремальных гидрологических и метеорологических явлений в прибрежной зоне Краснодарского края и Абхазии».

Список литературы

1. Экба Я.А., Ахсалба А.К. Вековая динамика климата и его воздействие на наземные экосистемы Абхазии. Материалы Международной научной конференции с элементами научной школы «Инновационные методы и средства исследований в области физики атмосферы, гидрометеорологии, экологии и изменения климата» / Под ред. М.Т. Абшаева, А.А. Лиховида, А.Г. Погорельцева. – Ставрополь: Изд-во СКФУ, 2013. - С. 289- 294.

2. Ахсалба А.К., Экба Я.А. Атмосферные осадки и их химический состав в приморской зоне Абхазии // Журнал Международной академии наук экологии, безопасности человека и природы. - С-Пб. - № 2 (17). - 2016.- С. 7-13.

3. Ахсалба А.К., Эмба Я.А. Химический состав атмосферных осадков, закономерности их распределения на примере Абхазии // Современные проблемы геофизики и геоэкологии (Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды): Материалы Международной школы молодых ученых. - Майкоп: Изд-во «ИП Кучеренко В.О.», 2016. - С. 5-27.

СИСТЕМЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ОБ УГРОЗЕ ЦУНАМИ: СОСТОЯНИЕ ДЕЛ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ РАЗРАБОТКИ

А.Ю. Бабейко

babeyko@gfz-potsdam.de

Германский Центр Наук о Земле

ФРГ, г. Потсдам

1. Введение

Разрушительные цунами с периодичностью раз в несколько лет происходят в различных точках земного шара и могут стоить множества человеческих жизней равно как и наносить значительный экономический ущерб. Страны, наиболее подверженные этому риску, уже несколько десятилетий озабочены построением эффективных систем раннего обнаружения и оперативного предупреждения об угрозе цунами. Так как три четверти всех мировых цунами вызывается землетрясениями в областях морей и океанов (<http://tsun.sccc.ru/tsunami-database/index.php>), такие системы ориентированы, в первую очередь, на быстрое определение местоположения и силы землетрясения с последующими попытками обнаружить и количественно измерить распространяющуюся волну. Данные наблюдений используются для одновременного численного моделирования, имеющего целью прогноз высоты и времени прихода волны.

Катастрофическое землетрясение у берегов индонезийского острова Суматра 26-го декабря 2004 года и последовавшее за ним разрушительное цунами в Индийском океане унесло жизни почти 240 000 человек и стимулировало многие страны к созданию новых или совершенствованию имеющихся систем раннего предупреждения. Оно также показало несовершенство традиционных методов и послужило толчком к созданию новых технологий таких как, например, GITEWS (German-Indonesian Tsunami Early Warning System) [1]. Последовавшее в марте 2011 года гигантское землетрясение у берегов Японии снова выявило недостатки имеющихся технологий даже у такой развитой страны как Япония и послужило очередным мощным толчком для дальнейших разработок в данной области.

Традиционно, системы раннего обнаружения и оперативного предупреждения об угрозе цунами делятся на работающие в дальней и ближней зоне. В первом случае, источник землетрясения (и, соответственно, цунами) находится на большом расстоянии от защищаемого побережья. В этом варианте время прихода волны измеряется часами. Во втором случае, источник находится в непосредственной близости от побережья, время прихода волны измеряется минутами. Далее рассмотрим оба типа систем по отдельности.

2. Работа систем в дальней зоне

Классическим представителем систем раннего обнаружения и оперативного предупреждения об угрозе цунами работающей в дальней зоне является Тихоокеанский Центр предупреждения об угрозе цунами (Pacific Tsunami Warning Center – <http://ptwc.weather.gov>) расположенный в Гонолулу на Гавайских островах. Эта система существует с конца 40-х годов и была вызвана к жизни знаменитым алеутским землетрясением и цунами 1946 года. Первоочередной задачей Центра является защита населения Гавайских островов и западного побережья США и Канады от волн цунами вызванных землетрясениями в зонах субдукции у берегов Японии, Алеутских островов и Южной и Центральной Америки. Так как источники цунами расположены в нескольких тысячах километров от защищаемых участков побережья, Тихоокеанский Центр работает в относительно комфортных условиях. Ожидаемое время прихода волны составляет несколько часов, что дает достаточно времени для анализа ситуации и построения надежного и выверенного прогноза.

Работа Тихоокеанского Центра непрерывно совершенствуется. Центр начал работать имея в распоряжение только данные сейсмологии и прибрежные приливомеры. Принципиальным прорывом в начале 90-х стала технология прямого измерения высоты волны цунами непосредственно в открытом океане путем измерения придонного давления. Датчики давления имеют чувствительность порядка 1 на миллион, что позволяет измерять высоту волны с точностью до первых миллиметров. Внедрение данной технологии, получившей название DART (Deep-ocean Assessment and Reporting on Tsunami: <http://nctr.pmel.noaa.gov/Dart>, см. рис. 1), позволило по сути решить задачу оперативного прогноза цунами в дальней зоне.

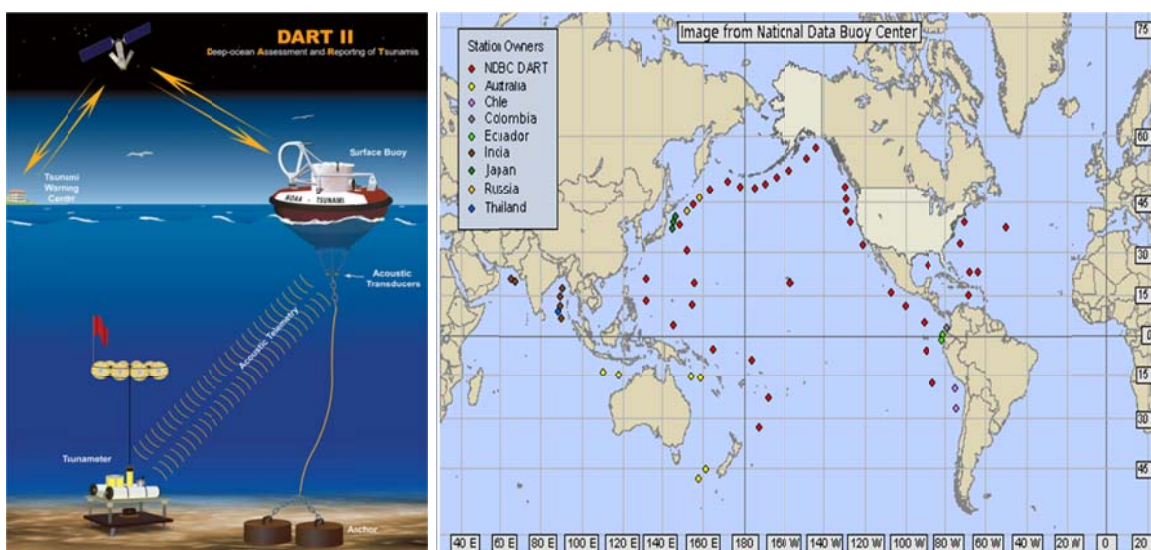


Рис.1. (а) Принцип устройства и работы технологии DART (<http://nctr.pmel.noaa.gov/Dart>).

Система состоит из придонного устройства, оснащенного высокоточным датчиком давления и буя на поверхности, который передает данные в операционный Центр по спутниковой связи. Передача данных между буюм и придонным устройством идет с помощью акустического модема. (б) Карта распределения буюв системы DART.

В середине 2000 годов Центр внедрил и отладил оперативный прогноз цунами по технологии комбинирования данных сейсмологии, придонного давления и численного моделирования [2]. Согласно этому подходу, зоны субдукции – носители возможных землетрясений – разбиваются на элементарные источники (рис. 2а), и на каждом таком источнике генерируется виртуальное землетрясение единичной силы с последующим расчетом распространения цунами. Расчеты виртуальных цунами от элементарных единичных источников сохраняются в базе данных и играют роль функций Грина для последующего оперативного построения сколь угодно сложной модели цунами в любой точке океана путем линейной суперпозиции. Такое построение путем линейной комбинации элементарных источников справедливо так как численная модель является по-сути линейной.

Система работает следующим образом [2]. При возникновении землетрясения, сейсмология дает начальную оценку силы и положения землетрясения. Эта оценка проецируется на элементарные источники (рис.2а), и первоначальная модель цунами во всех точках океана собирается путем линейной комбинации пред-рассчитанных функций Грина. Этот прогноз строится, в том числе, и в местах расположения буёв DART. Когда реальная волна цунами доходит до буёв DART, данные о фактической высоте волны передаются по спутнику в Центр (рис. 1) где они сравниваются с первоначальным прогнозом (рис. 2б). После этого первоначальная модель землетрясения и цунами уточняется путем решения обратной линейной задачи на буях. Уточненный прогноз становится мгновенно доступным для всех участков океана включая побережья. Таким образом, квалифицированный прогноз цунами у побережья становится доступным вскоре после того как волна достигнет ближайших от зоны землетрясения буёв, то есть за несколько часов до фактического подхода волны к защищаемому побережью.

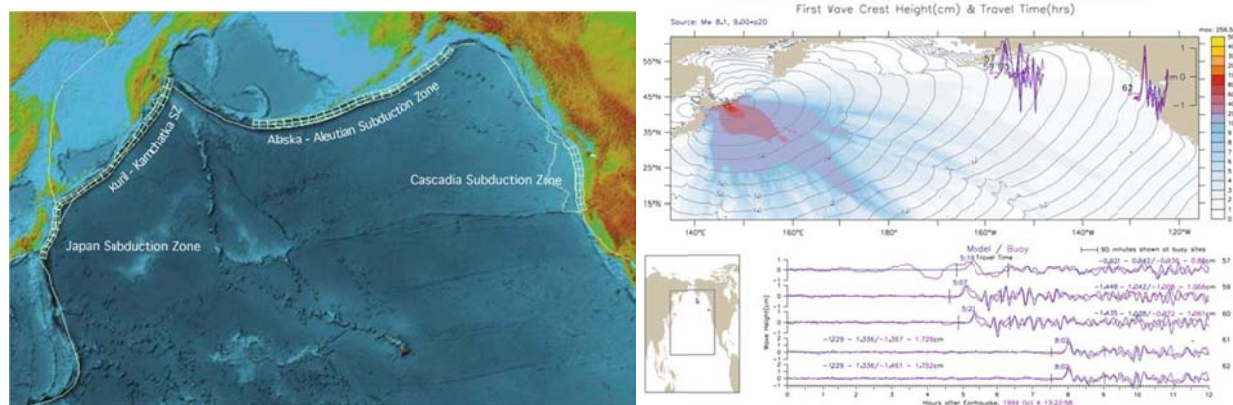


Рис.2. Принцип работы системы численного прогноза цунами в реальном времени по работе [2]. (а) Разбиение сейсмогенных зон субдукции на элементарные источники для предварительного расчета функций Грина. (б) Использование наблюдений цунами на буях DART для решения обратной задачи определения источника с помощью функций Грина и уточнения прогноза.

3. Ограниченность традиционных технологий при работе в ближней зоне.

К сожалению, технологии доказавшие свою пригодность для источников цунами в дальней зоне оказываются малоэффективными при работе в ближней зоне, т.е. в ситуации, когда источник и побережье отделяют лишь несколько сотен, а то и десятков километров. Такая конфигурация является достаточно типичной для таких стран как Япония, Чили, Индонезия. Причем бессильными могут оказаться как методы классической сейсмологии, которые призваны определить характеристики землетрясения, так и технология DART измерения высоты волны в океане с помощью датчиков придонного давления.

Timing of the Tohoku 2011 event (Mw=9.0)

Minute, O.T.	Event
3	JMA, Major warning for 3 prefectures ($M_{JMA}=7.9$)
9	PTWC, Mw=7.9
22	PTWC, W-Phase centroid Mw=8.8
28	JMA, Major warning extended
79	JMA, Mw=8.4

Рис.3. Тайминг определения магнитуды Тохокского землетрясения 11 марта 2011 года

На рис. 3 показана история определения магнитуды Тохокского землетрясения у восточного побережья о. Хонсю 11 марта 2011 года, вызвавшего гигантское цунами которое имело катастрофические последствия вплоть до взрывов блоков атомной станции в местечке Фукусима. Как видно из таблицы, японский Центр предупреждения об угрозе цунами (JMA) выдал первое сообщение очень быстро – через 3 минуты после начала землетрясения. Однако магнитуда землетрясения была очень сильно занижена: M7.9 против M9.0 в действительности. Заметим, что магнитуда измеряется по логарифмической шкале, то есть сила землетрясения (и, соответственно, цунами) была недооценена более чем в 10 раз! Ошибка объясняется в первую очередь тем, что сейсмическая система быстрой оценки магнитуды не была откалибрована на такие большие величины; в основном она имела дело с намного более частыми и слабыми землетрясениями. Через 79 минут после события JMA увеличило оценку силы землетрясения до M8.4. Новая оценка была сделана по высокочувствительным широкополосным сейсмометрам, расположенным на большом отдалении от эпицентра. Последнее обстоятельство важно, ибо такие сейсмометры оказываются бесполезными в непосредственной близости от источника – амплитуда сигнала оказывается больше допустимого уровня прибора. В то же время, система определения магнитуды на значительном удалении (там, где амплитуда спадает до измеряемых значений) оказывается заложником конечной скорости распространения сейсмических волн. В

итоге, сама физика процесса не позволяет классическим сейсмологическим методам определить реальные параметры больших землетрясений в течении первых 15-20 минут после толчка. В данном случае, новая оценка магнитуды JMA (опять же сильно заниженная!) была сделана более часа спустя, то есть уже после того как цунами нанесло сокрушительный удар по Японии.

В таблице на рис.3 показана также намного лучшая оценка магнитуды (M8.8), сделанная Тихоокеанским Центром (PTWC) через 22 минуты после толчка. Эта оценка была проведена по новой экспериментальной технологии о которой будет подробнее сказано в следующем разделе.

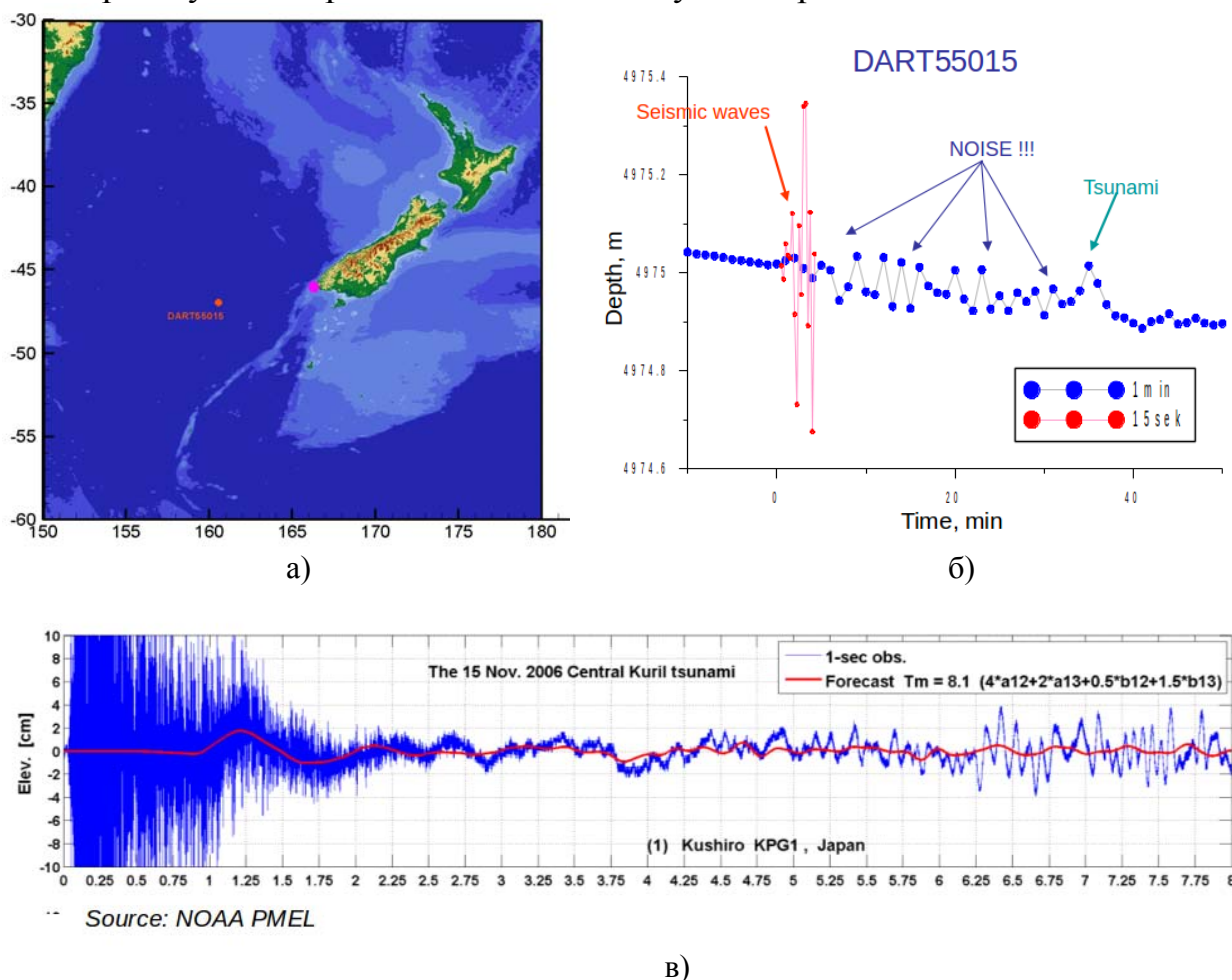


Рис.4. Недостатки технологии DART для измерения цунами в ближней зоне. (а) Карта взаимного положения эпицентра землетрясения 15 июля 2009 года у берегов Новой Зеландии и австралийского DART буя на удалении ~500 км. (б) Сигнал с DART буя. При частоте дискретизации 1 мин-1 сигнал цунами практически теряется в шуме. (в) Причина потери сигнала цунами – наличие высокочастотных колебаний большой амплитуды не связанных с природой цунами и невозможность их отфильтровать при низкой частоте дискретизации.

Другая важная проблема, с которой сталкиваются системы предупреждения об угрозе цунами, базирующиеся на традиционных методах сейсмологии, заключается в конечном размере очага цунами. Дело в том, что быстрые сейсмологические решения представляют землетрясение как точечный источник, характеризуемый местоположением (гипоцентр) и силой (магнитуда или тензор сейсмического момента). Такая аппроксимация

источника вполне допустима для случая дальней зоны, но совершенно недостаточна в ближней зоне. В последнем случае, размер очага может быть сравнимым, а то и быть больше, чем расстояние от эпицентра до берега. Так, в декабре 2004 года, длина сейсмического разрыва Суматранского землетрясения составила почти 1300 км при том, что расстояние от эпицентра этого землетрясения до ближайшего побережья не превышало 200 км. Аппроксимация такого очага цунами точечным источником, безусловно, приведет к неудовлетворительному прогнозу.

Не только традиционная сейсмология, но и технология использования глубоководных буёв DART даёт сбои при работе в ближней зоне. Рисунок 4б показывает данные записи с датчика придонного давления австралийского буя, расположенного так, чтобы “перехватывать” цунами сгенерированные у берегов Новой Зеландии (рис. 4а). Из рисунка видно, что волна цунами практически теряется в шуме колебаний придонного давления инициированном сейсмическим толчком. Так, что становится практически невозможным выделить волну цунами из этого шума. Природа этого явления становится лучше понятной из рисунка 4в, который показывает вариации придонного давления, записанные в ноябре 2006 вблизи японских островов от землетрясения на Курилах. Данная запись была сделана не по технологии DART, но японской экспериментальной придонной станцией, работавшей на частоте 1 Гц. На рисунке видны высокочастотные колебания давления огромной амплитуды начинающиеся сразу с момента прихода первых сейсмических волн, задолго до фактического прихода собственно волны цунами (красная кривая). Эти высокочастотные колебания не имеют ничего общего с гравитационными волнами, каковыми являются волны цунами, но являются по сути упругими колебаниями океана как столба сжимаемой жидкости [3]. В дополнение к акустическим колебаниям, датчики давления также регистрируют высокочастотный сигнал связанный с вынужденными осцилляциями океанического дна за счет собственно сейсмических волн. Акустические и вынужденные колебания играют заметную роль только в непосредственной близости от очага землетрясения, не препятствуя тем самым технологии DART при работе в дальней зоне. Однако, в ближней зоне их амплитуда сильно превосходит характерные амплитуды вариаций давления, соответствующие волне цунами, что и показывает рис. 4в. Ранее в ряде работ М. Носовым (см., напр., [3] и ссылки в данной книге) были подробно рассмотрены различные типы волн в океане и показано что акустические и гравитационные волны не пересекаются в пространстве частот. Фильтрация высокочастотных компонент может эффективно выделить волны цунами. Однако проблема настоящей технологии DART (поколения I-III) заключается в том, что данные о давлении передаются со дна океана с частотой один раз в минуту. Точнее, в течение непродолжительного времени с момента активации датчика придонного давления сейсмическим толчком данные о колебаниях давления передаются раз в 15 секунд, затем – один раз в минуту (см. рис. 4б). Такая низкая частота передачи данных приводит к так называемому алиасингу (aliasing) и, как

результат, к невозможности выделить низкочастотный сигнал цунами из зашумленных наблюдений (рис. 4б).

4. Новые технологии, призванные улучшить работу систем в ближней зоне

Как было отмечено выше, последние гигантские землетрясения 2004 и 2011 годов выявили особо острые недостатки работы систем предупреждения об угрозе цунами в ближней зоне и дали мощный толчок совершенствованию уже имеющихся равно как и разработкам совершенно новых технологий.

В частности, с 2013 года ведутся разработки систем DART нового поколения: DART 4G (fourth generation). По заявлениям конструкторов, новые буи разрабатываются специально для работе в ближней зоне – в непосредственной близости от очага цунами. Придонные устройства должны осуществлять запись сигнала высокой частоты и проводить низкочастотную фильтрацию с целью выделения волны цунами из высокочастотных шумов. В настоящее время два буя DART 4G уже размещены у берегов Чили.

В Японии измерения придонного давления с высокой частотой дискретизации (> 100 Гц) для целей оперативного измерения высоты цунами начинают осуществляться не с помощью технологии DART буёв, а с использованием систем подводных кабелей с подсоединенными к ним датчиками давления. Пилотные проекты DONET-1 и -2 (рис. 5) уже несколько лет функционируют у юго-восточного берега острова Хонсю. Такие системы намного дороже буёв, но зато обеспечивают мгновенную и надежную передачу полной информации со дна океана в Центр предсказания об угрозе цунами.

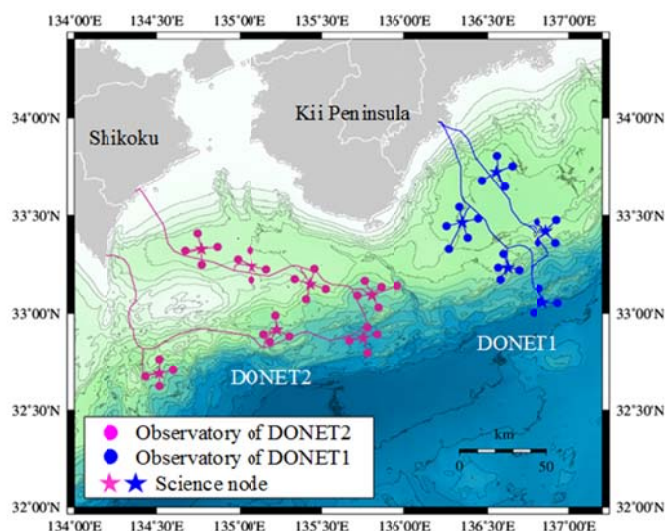


Рис.5. Подводные кабельные системы с датчиками придонного давления у берегов Японии (<https://www.jamstec.go.jp/donet/e/>).

Существенный прогноз был также достигнут в области сейсмологии в решении задачи быстрого и надежного определения истинной магнитуды больших землетрясений. Так, на рис. 3 показана оценка магнитуды Тохокского землетрясения, данная Тихоокеанским Центром (PTWC) через 22 минуты после толчка. Причем эта оценка, М8.8, хоть и не показала

настоящую магнитуду $M9.0$, но все же была значительно ближе к истине, чем данные JMA. Данная оценка была проведена по совершенно новой технологии определения момента сейсмического тензора по огибающей волнового цуга продольных сейсмических волн (W-phase), предложенным впервые в работе [4] вскоре после Суматранского землетрясения декабря 2004 года. Предложенный авторами алгоритм позволяет максимально полно использовать информацию о продольных волнах на широкополосных сейсмических станциях вплоть до момента прихода высокоамплитудных поперечных волн. В момент Тохокского землетрясения марта 2011 года данная технология была еще только в стадии тестирования. В настоящее время она уже находится в оперативном применении Тихоокеанского Центра.

Несмотря на прогресс в скорости определении полной магнитуды, технология W-phase все же не может полностью решить задачу определения источника очага, ибо представляет очаг точечным источником, что принципиально недостаточно для ближней зоны (см. выше). Вскоре после Суматранского землетрясения [5] предложили принципиально новое решение - использовать данные спутниковой геодезии в реальном времени для решения обратной задачи нахождения параметров протяженного источника, включая размеры сейсмического очага и распределение сдвига по раздлому. Новый метод был частично применен при построении Индонезийской системы предупреждения об угрозе цунами в ближней зоне построенной при участии Германии [1]. Позднее, авторы [6] продемонстрировали эффективность данного метода на примере Тохокского землетрясения 2011 года (рис. 6). В проведенной ими имитации, пространственная модель очага с правильной магнитудой определялась непосредственно к моменту окончания самого землетрясения (2.5-3 минуты). Постоянно уточняющимся моделям очага (рис. 6, верхний ряд) сопутствовали расчеты распространения цунами с использованием быстрых алгоритмов и проекция высот волн у побережья на уровни опасности (рис. 6, нижний ряд). Полученное таким образом уже через 3 минуты после начала землетрясения предсказание оказалось прекрасно сопоставивым с результатами полевых наблюдений.

Помимо описанных технологий последние годы характеризуются разработками и в других областях. Например, ведутся работы по детектированию волны цунами с помощью береговых высокочастотных радаров, способных “увидеть” волну на расстоянии 200-300 км от берега [7]. Есть отчеты о наблюдении волны цунами в океане по возмущениям в ионосфере Земли [8].

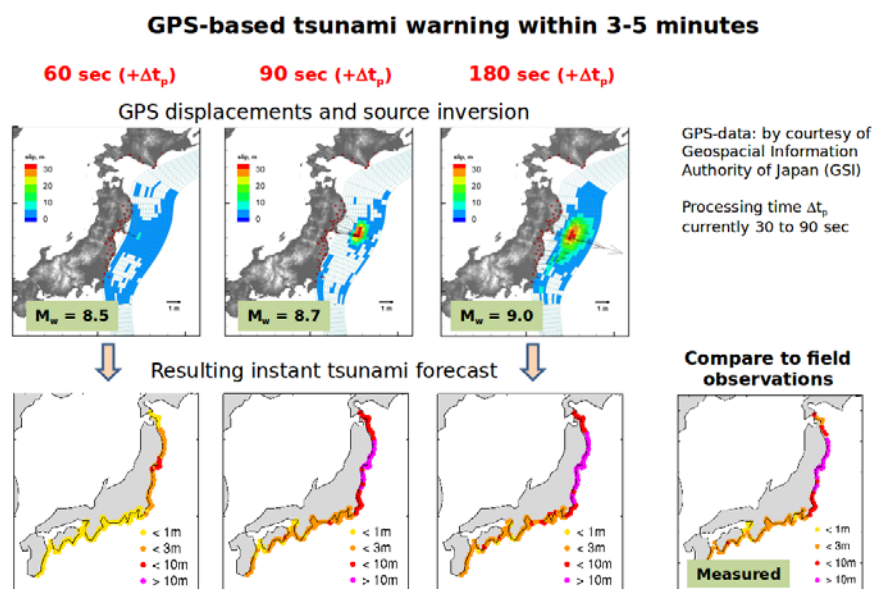


Рис.6. Демонстрация эффективности и точности метода предсказания об угрозе цунами с использованием данных спутниковой геодезии в реальном времени по работе [6].

5. Заключение

В настоящее время проблема своевременного предупреждения об угрозе цунами в дальней зоне практически решена. Методология, разработанная NOAA/PTWC и основанная на комбинации (1) данных сейсмологии, (2) показаний сенсоров придонного давления и (3) численного моделирования процесса распространения волн позволяет достичь надежного предсказания степени опасности за несколько часов до наступления события. Что позволяет провести своевременную эвакуацию людей из зоны подтопления. К сожалению, в силу ряда причин физического и технического характера, данная технология не работает в ближней зоне, когда источник цунами находится в нескольких сотнях, а то и десятках километров от берега. Новейшие технологии, основанные на высокоточных данных спутниковой геодезии и прокладке придонных кабелей с интегрированным научным оборудованием призваны облегчить решение проблемы надежного предсказания об угрозе цунами в ближайшие годы.

Список литературы

1. Rudloff et al. (2009): The GITEWS Project (German-Indonesian Tsunami Early Warning System), Nat. Hazards Earth Syst. Sci. 9, 1381-1383.
2. Titov et al. (2005): Real-time tsunami forecasting: challenges and solutions, Natural Hazards 35, 41–58.
3. Левин Б. В. и Носов М. А. (2005): Физика цунами и родственных явлений в океане, Москва, Янус-К, с. 360.
4. Kanamori, H. and L. Rivera (2008): Source inversion of W phase: speeding tsunami warning, Geophys. J. Int. 175, 222-238.
5. Sobolev et al. (2007): Tsunami early warning using GPS-Shield arrays, J. Geophys. Res. 112, B08415.
6. Hoechner et al (2013): Instant tsunami early warning based on real time GPS – Tohoku 2011 case study, Nat. Hazards Earth Syst. Sci. 13, 1285-1292.
7. Grilli et al. (2015): Modelling of tsunami detection by high frequency radar based on simulated tsunami case studies in the Mediterranean Sea. ISOPE 2015 Int Conf. Rome.

8. Occhipinti et al. (2013): From Sumatra 2004 to Tohoku-Oki 2011: The systematic GPS detection of the ionospheric signature induced by tsunamigenic earthquakes, J. Geophys. Res. 118, doi:10.1002/jgra.50322.

МИКРОФЛОРА ОЗЕРА ГУСИНОЕ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АКВАТОРИИ

Э.М. Батуева

erzhenamunkuevna@gmail.com

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Россия, г. Томск*

Экологическое состояние водных экосистем зависит не только от химического состава воды, но в большой степени от их микробиологического состава. В микробиологическом отношении озеро Гусиное изучено слабо.

Гусиное озеро до недавнего времени оставалось наименее изученным объектом Забайкалья. Первые химические анализы минеральных и поверхностных вод в этом регионе были выполнены ещё в 1770 году. В конце 19 столетия достаточно детально изучались расположенные неподалёку от Гусинога Селенгинские минеральные озёра. И только в 1930г. А.А. Захваткин выполнил 1-ый химический анализ вод Гусинога озера. В 1931г. его повторили известные гидрохимики Восточной Сибири А.П. Франк-Каменецкий и Н.М. Заксберг. В дальнейшем эпизодическое опробование производилось различными производственными организациями, научными и учебными учреждениями. Первое достаточно полное изучение гидрохимии озера было выполнено в 1965-1967г. кафедрой общей и неорганической химии Иркутского госуниверситета. Впоследствии неоднократных исследований учёных, специалистов разных учреждений и ведомств результаты исследований иногда были разными [1].

В 2015 и 2016 гг автором самостоятельно была отобрана пробы вода на микробиологический анализ [4].

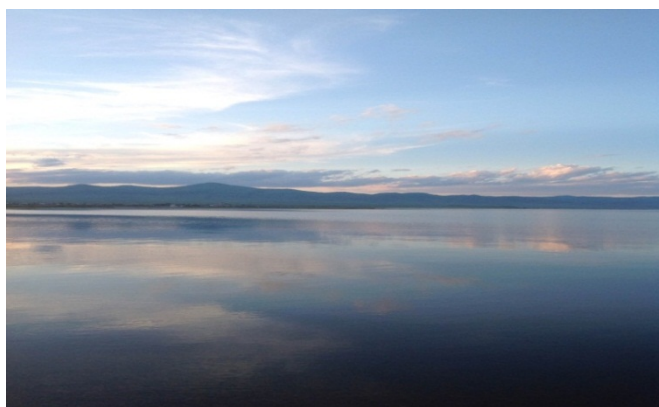


Рис. 1 – озеро Гусиное

Техногенная нагрузка на берега озера обуславливает пестроту химического состава акватории. Поэтому выбор точек опробования для изучения микробиологического состава воды осуществлялся с учетом характера и степени техногенной нагрузки. В северо-восточной части озера

сосредоточены наиболее масштабные источники техногенной нагрузки: ГРЭС и город Гусиноозерск (точка отбора №1). Юго-западная часть акватории испытывает техногенную нагрузку, связанную с рекреацией (точка опробования №2).

В таблице 2 приведены результаты микробиологического анализа воды озера в зимой 2015.

Как показали проведенные исследования, вода озера содержит разнообразную микрофлору.

В воде озера была выявлена аллохтонная и автохтонная микрофлора. Аллохтонная микрофлора озера представлена мезофильными сапрофитами (ОМЧ). Типичным местообитанием мезофильных сапрофитов является кишечник человека и животных. Очень большое их количество бывает в сточных водах. Не загрязненная вода, благополучная в санитарно-гигиеническом отношении, не должна содержать этих бактерий более 50 кл/мл. В воде озера количество этих микробов существенно ниже этого параметра и, значит, вода озера на изученных участках не содержит загрязнения мезофильными сапрофитами.

Таблица 1 – Источники техногенного воздействия на акваторию озера Гусиное

Точки отбора	Техногенные объекты	Загрязняющие вещества
№ 1	1. ГРЭС 2. Предприятия г. Гусиноозерск: («Городводоканал», ОАО «Бурятэнерго» «Южные электрические сети», ООО «РТД Байкал»)	1. Превышение установленных нормативов ПДС и ВСС по углероду, взвешенным веществам и комплексу тяжелых металлов. 2. Превышение по нефтепродуктам, биогенным элементам (азот аммонийный, нитритный и фосфаты), СПАВам, сульфатам, хлоридам, меди, железа общего и величине рН.
№ 2	Рекреация	Превышение установленных нормативов ПДС и ВСС (временно согласованного сброса) по взвешенным веществам, органическим загрязнениям (по БПК-5), биогенным элементам

Таблица 2 - Характеристика микробиологического состава озера в феврале 2015 г.

Физиолог группы	Участок опробования	
	Точка №1	Точка №2
Мезофильные сапрофиты, кл/мл	40	30
Психрофильные сапрофиты, кл/мл	6340	367000
Олиготрофы, кл/мл	22650	254800
Индекс олиготрофности	3,5	0,5
Нефтеокисляющие, кл/мл	950	0
Бензолукисляющие, условные единицы	0	0
Толуолокисляющие, условные единицы	250	0
Пентанокисляющие, условные единицы	280	0
Нафталинокисляющие, условные единицы	220	0
Сульфатвосстанавливающие, кл/мл	0	0

Участки акватории озера существенно различаются по количеству психрофильных сапрофитов. В точке отбора №1 количество сапрофитов составляло немного более 6 тысяч кл/мл, а в точке отбора №2 их количество было почти в 50 раз больше. Как известно, именно этим бактериям принадлежит основная роль в процессах самоочищения экосистем различного характера.

Аналогичная ситуация с распределением и количеством олиготрофов, их количество многократно увеличивается в той части акватории, которая испытывает влияние рекреационной нагрузки. Индекс олиготрофности, показывающий соотношение психрофильных сапрофитов и олиготрофов меняется от 3,5 в районе ГРЭС до 0,5 в противоположной стороне. По его величине можно предположить, что в районе, связанном с рекреационной нагрузкой, наблюдается загрязнение органическим веществом, и микрофлора с его деструкцией не справляется.

Нефтеокисляющие бактерии были выявлены в точке отбора №1 в количестве 950 кл/мл. В точке отбора №2 нефтеокисляющие микроорганизмы обнаружены не были. Бактерии, окисляющие пареообразные углеводороды бензол и пентан также обнаружены повсеместно с достаточно высокой интенсивностью развития.

Как известно, бензолокисляющие и пентанокисляющие микроорганизмы используются в качестве индикаторов наличия в природных средах нефти и ее дериватов. Полученные результаты в данных исследованиях позволяют предположить наличие в воде точки опробования №1 растворенных углеводородов нефти. В точке опробования №2 углеводородокисляющие бактерии обнаружены не были. Величина индекса олиготрофности резко меняется в различных точках: от 0,5 до 3,8. В соответствии с величиной индекса олиготрофности наиболее активно процессы самоочищения протекают в точке №1 озера. Наименее активно протекают процессы самоочищения в точке №2.

Не были обнаружены в воде озера сульфатвосстанавливающие бактерии, что, видимо, обусловлено неблагоприятными для них условия окружающей среды.

Оценку экологического состояния акватории осуществляли по количеству психрофильных сапрофитов[2,3].

Таблица 3 - Зависимость между качеством воды и количеством в ней аэробных сапрофитных микроорганизмов []

Количество колоний, выросших при посеве на питательный агар 1 мл воды	Оценка водоёма
10	Очень чистые
10-100	Чистые
100-1000	Умеренно-загрязнённые
1000-10000	Загрязнённые
10000-100000	Грязные
>100000	Очень грязные

В соответствии с данными таблицы по количеству психрофильных сапрофитов вода озера в точке №1 является загрязненной, а в точке №2 – очень грязной.

Таким образом, микробиологический анализ показал, что вода озера является загрязненной, но источниками загрязнения являются различные вещества и процессы. Максимальным количеством загрязняющих компонентов характеризуется точка №1. Техногенная нагрузка в точке №1 связана преимущественно с выбросом в акваторию нефтепродуктов и СПАВ. В соответствии с вещественным составом загрязняющих веществ в воде точки опробования размножаются преимущественно нефтеокисляющие и углеводородокисляющие бактерии.

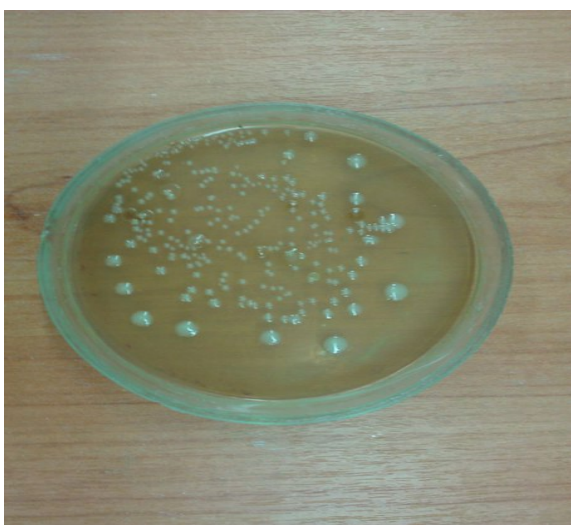


Рис. 2 - Психрофильные сапрофиты (точка №1) (фото автора).



Рис. 3 - нефтеокисляющие бактерии (точка № 1) (фото автора).



Рис. 4- Психрофильные сапрофиты (точка №2) (фото автора).



Рис. 5 - Нефтеокисляющие бактерии (точка №2) (фото автора).



Рис. 6 - Олиготрофы (точка № 1)
(фото автора)



Рис. 7 - Олиготрофы (точка № 2)
(фото автора).



Рис. 8 – Микробиологический анализ
(фото автора)

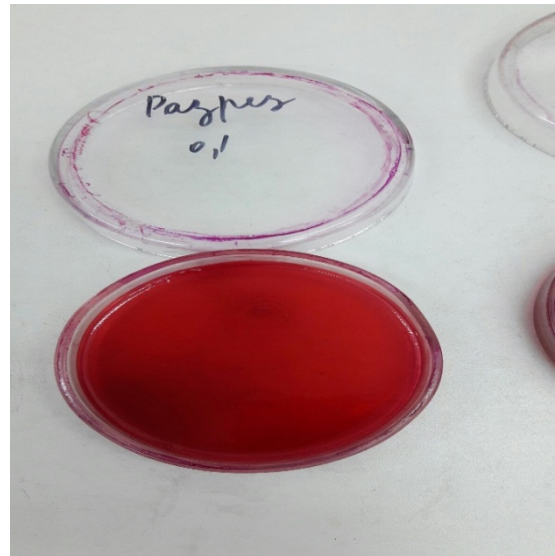


Рис. 9 – Микробиологический анализ
(фото автора)

Техногенная нагрузка в точке №2 связана с поступлением в воду большого количества лабильных органических веществ и биогенных элементов, поэтому здесь преимущественно размножаются психрофильные сапрофиты, жизнедеятельность которых количественно связана с органическим веществом.

Таким образом, для озера характерно, наряду с техногенным, бактериальное загрязнение. Это психрофильные сапрофиты, нефтеокисляющие и углеводородокисляющие бактерии. Степень выраженности бактериального загрязнения напрямую связана с характером и степенью техногенной нагрузки.

В сентябре 2016 г. были также отобраны пробы на микробиологический анализ тех же физиологических групп. Полученные первые результаты микробиологического анализа выявили присутствие в воде озера бактерий группы кишечной палочки в количестве, превышающем нормативы. Места, где выявлены данные бактерии, связаны с интенсивной

антропогенной деятельностью: рекреация, туризм и выпуски сточных вод. В дальнейшем будет получена более полная микробиологическая характеристика воды озера и будет проведено зонирование акватории по степени техногенной нагрузки с учетом микробиологического и химического анализов.

Решающим фактором формирования микробиологического состава воды являются промышленные предприятия расположенные по берегам озера. Каждый из этих предприятий ответственны за поступление в озеро соответствующего характеру предприятия загрязняющего вещества.

Источником загрязнения являются не только промышленные предприятия, но и окрестное население, а также туристы. Рекогносцировочное знакомство с экологическим состоянием берегов озера выявило многочисленные мусорные свалки, оставленные после посещения озера людьми.

Предприятия и город, которые являются основными водопотребителями оз. Гусиное, являются одновременно и основными его загрязнителями. Функционирование такой системы создает критическую экологическую ситуацию для о. Гусиное как объекта водопользования. Улучшение ситуации необходимо в ближайшее время, так как в дальнейшем озеро не сможет выполнять функции водоснабжения. Поскольку в регионе не существует возможность обеспечения города и промышленных предприятий подземной водой из-за отсутствия ее запасов может произойти гуманитарная катастрофа.

В связи с этим в качестве первоочередных мероприятий необходимо изыскание внутренних резервов для каждого предприятия. Эти резервы связаны, прежде всего с соблюдением нормативов по выпуску сточных вод и правильной утилизации отходов.

Список литературы

1. Борисенко И.М. Экология озера Гусиное: монография / И.М. Борисенко, Н.М. Пронин, Б.Б. Шайбонов. - Улан-Удэ: БНЦ СО РАН, 1994. – 199 с.
2. Кузнецов С.И. Микрофлора озер и ее геохимическая деятельность. – Л.: Наука, 1970. – 440 с.
3. Обожин В.Н., Гидрохимия рек и изер Бурятии. / Обожин В.Н., Богданов В.Т., Кликунова О.Ф., Новосибирск: Наука, 1984. – 129-140 с.
4. Практикум по микробиологии // Нетрусов А.И., Георова М.А, Л.М. Захарчук и др. Учебное пособие. – М.: АСАДЕМА, 2005. – 603 с.

ИНФОРМАЦИОННАЯ НИША ЖИВОЙ СИСТЕМЫ И ЕЕ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ

Н.И. Бахова

bakhova_nataly@mail.ru

*Институт геофизики им.С.И.Субботина
Национальной Академии Наук Украины, г.Киев*

Нарастающие потоки информации в современном мире привели к формированию нового мировоззрения, согласно которому информация является более важным фактором социального развития относительно

вещества и энергии. Рождаются смелые проекты передачи информации, которые явно свидетельствуют о том, что скорости света для передачи сигналов человеку уже давно не хватает. Современный человек оказался «притесненным» фундаментальной константой и настойчиво ищет способы обойти ее.

Любые решения, связанные с преодолением скорости света, так или иначе, будут связаны с конфликтными противостояниями. Сегодня назревает конфликт, напрямую связанный с экологическими проблемами.

Превышение скорости света пока недоступно. Природа не торопится открывать человеку «сверхсветовое движение». Представляет научный интерес разобраться, какие здесь действуют законы «противостояния» и как их можно исследовать?

Движение (точнее, мечта о таком движении) со сверхсветовой скоростью настолько захватывает умы исследователей, что само понятие времени остается в тени. Во все периоды развития нашей цивилизации именно время является предметом пристального внимания всего круга наук – естественных, технических, общественных.

Сделаем небольшой ретроспективный обзор о понятии времени. Это может показаться, на первый взгляд, отклонением от тематики доклада. Однако именно время приведет нас к решению некоторых вопросов, хотя только на феноменологическом уровне. Изложение может показаться скучным, но выводы, сделанные на основе данного обзора, обещают быть интересными.

В классической механике свойства времени не зависят от системы отсчета. Движение не оказывает никакого влияния на течение времени, а линейные размеры любого тела не зависят от того, покоится оно или движется. Точки пространства и моменты времени принимаются за абсолютную реальность. Ньютоново учение о пространстве, времени и силах давало общую схему для решения любых задач механики, физики и астрономии и было для многих ученых последним принципиальным словом, на основе которого может быть построено все здание науки.

В случае одного измерения δ пространство равномерно смещается вдоль оси времени t (Рис. 1) [1, с.292]. Время течет раз и навсегда заданным темпом совершенно независимо от материи и ее движения. Это означает, что если два каких-нибудь явления происходят одновременно в одной системе отсчета, то они будут наблюдаться как одновременные в любой другой системе отсчета. Интервал времени между двумя данными событиями должен быть одинаков во всех системах отсчета.

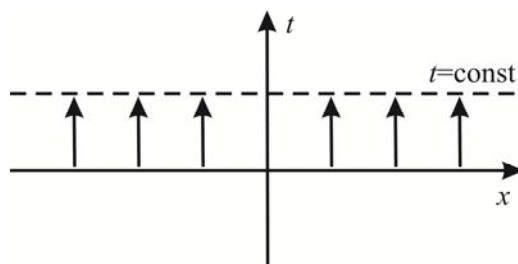


Рис. 1. Равномерное движение пространства вдоль координаты мирового времени.

Начало XX столетия отмечено рождением специальной теории относительности, сформулированной А.Эйнштейном, где понятие физического времени подверглось решительному переосмыслению. Согласно теории относительности время не является абсолютным и течет по-разному в разных системах отсчета.

Фундаментальным вкладом в развитие теории относительности стал доклад Г.Минковского «Пространство и время», прочитанный на собрании естествоиспытателей и врачей в Кельне в 1908 г. В докладе впервые была предложена четырехмерная пространственно-временная формулировка теории относительности. Были введены такие термины, как пространственноподобный вектор, временноподобный вектор, световой конус, мировая точка и мировая линия.

Если в дорелятивистской физике пространство и время были отдельными понятиями, то «отныне пространство само по себе и время само по себе низводятся до роли теней и лишь некоторый вид соединения обоих должен еще сохранять самостоятельность» [2, с. 303].

Физической реальностью обладает не точка пространства и не момент времени, когда что-либо произошло, а только само событие, определенное пространственными координатами x , y , z и временной координатой t . Представление о чем-либо происходящем есть всегда представление о четырехмерном континууме. Необходимо рассматривать x , y , z , t как четыре координаты события в четырехмерном континууме. Понимание этого было затемнено абсолютным характером дорелятивистского времени, когда четырехмерный континуум был разделен на трехмерный пространственный и одномерный временной континуумы.

В геодезии основным понятием является место. В физике основное понятие - это событие или мировая точка, то есть место в определенный момент времени. Расположение события отождествляется с расположением ближайших к событию часов, а время события с тем временем, которое эти часы зафиксировали.

На языке пространства–времени движение любой материальной частицы представляется некоторой кривой, называемой *мировой линией*. Точки этой линии определяют координаты частицы в любой момент времени. В случае ньютоновского инерциального движения материальной частице соответствует прямая мировая линия [2, с.304].

Абстракция события и связанная с ним абстракция мировой точки и мировой линии являются одними из основных понятий теории относительности, дополняющими заимствованную из классической механики абстракцию материальной точки.

Рассмотрим одинокого покоящегося наблюдателя в точке $x=0$ в момент времени $t=0$ (рис. 2).

Из соображений наглядности положение события в пространстве изображается на горизонтальной оси, а время события – на вертикальной оси диаграммы пространства-времени.

Согласно теории относительности скорость света в вакууме является максимально возможной скоростью передачи взаимодействий в Природе. Перемещения всех макротел в Солнечной системе происходят со скоростями, намного меньшими скорости света. Поэтому основную массу вещества в системе координат, связанной с Солнечной системой, можно считать покоящейся. Время t в такой системе координат будем считать «абсолютным» [1, с. 336].

В рамках галилеевской инвариантности реализация будущего для наблюдателя при небольшом приращении Δt происходит сразу по всем значениям координаты x . По отношению к $t=0$ будущее определяется простым выражением $t > 0$ (рис. 1) [1, с. 292].

В теории относительности «активное» будущее наблюдателя, находящегося в точке $x=0$, $t=0$, лежит в области $t \geq |x|/c$. «Настоящему видимому» соответствуют линии $x = \pm ct$, уходящие в отрицательное время (рис. 2) [1, с. 336].

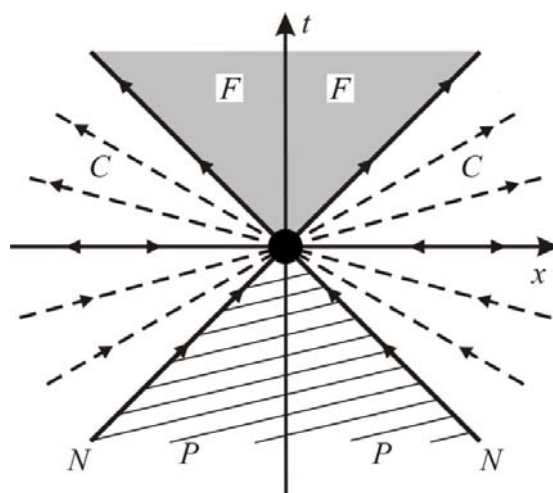


Рис. 2. График прошлого P , настоящего N и будущего F для наблюдателя, находящегося в точке $x=0$ в момент времени $t=0$

Заштрихованная область P на рис. 2 покрывает прошлые события, а граница N области P соответствует настоящему. Настоящее наблюдателя – это то, что он видит в окружающем мире вокруг себя в точке $x=0$, $t=0$ [1, с. 337].

Все, что находится вне области P , – это есть будущее наблюдателя. При равномерном движении вдоль оси t любая точка, расположенная вне области P , встретится с «настоящим», то есть с движущейся границей N [1, с.337]. Как видно из рис. 2, будущее естественным образом разделяется на две области F и C .

Область F – это динамическое (или активное) будущее. Наблюдатель в точке $x=0$, $t=0$ может активно влиять на события и эволюцию своего окружения в области F с помощью сигналов на материальных носителях. Любое действие наблюдателя может быть причиной для событий в области будущего F [1, с. 337].

Область C является пассивным будущим. Очевидно, что в определенный момент времени оно пересечет «настоящее» N . Наблюдатель

не может влиять на пассивное будущее материальными сигналами. Имеет верный смысл и обратное утверждение: никакой объект в области пассивного будущего S не может послать в точку $x=0, t=0$ сигнал на материальном носителе [1, с. 337].

Иными словами, в рамках динамических взаимодействий события области S и наблюдатель в точке $x=0, t=0$ не могут находиться в причинно-следственной связи [1, с. 337].

Опираясь на теорию относительности и классическую теорию поля, обратимся к вопросу: *что нового могут внести коллапсы волновых функций в исследования пространственно-временного континуума.*

При попадании любой квантовой частицы на необратимую среду происходит коллапс волновой функции: частица «регистрируется», ее волновая функция отлична от нуля только в некоторой ограниченной области пространства, всюду вне области регистрации волновая функция уничтожается. Это утверждение принимается за основной постулат, вытекающий из экспериментальных данных [1, с. 337].

В процессе коллапса волновая функция частицы сильно искажается, так как уничтожение волновой функции происходит в большей области пространства. Однако это искажение не вызывает сильного динамического возмущения системы. Дело в том, что не сама волновая функция, а средние с весом $|\Psi|^2$ операторы являются физическими величинами.

Правильную интерпретацию пси-функции Ψ дал М.Борн в 1926 г.

В волновой механике большое значение приобретает квадрат модуля волновой функции $|\Psi|^2$, так как сама волновая функция Ψ из-за мнимого коэффициента перед производной по времени в дифференциальном уравнении Шредингера комплексна. Величины, допускающие физическую интерпретацию, должны быть вещественными. Физический смысл придается лишь величине $|\Psi|^2$. Согласно М.Борну квадрат модуля $|\Psi|^2$ определяет вероятность dP того, что частица будет обнаружена в пределах некоторого объема dV .

Благодаря этому обстоятельству волновая функция приобретает скорее информационный, чем динамический, характер. Поэтому введение в волновую функцию широкого по пространству форм-фактора локализации может сильно повлиять на информационные характеристики волнового поля, не вызывая сильных изменений его динамических свойств (например, энергии).

Сделаем предположение о возможности распространения сверхсветовых сигналов вследствие коллапсов волновой функции, то есть, допустим возможность «квантовых телеграфов» [1, с. 337].

Коллапсы на частицах с дорелятивистскими скоростями отвечают «мгновенной» ($V = \infty$) передаче сигнала. На рис. 2 «мгновенная» передача сигнала обозначена двусторонними стрелками на оси x . Штриховые линии на рис. 2 соответствуют коллапсам в движущихся телах, информационно

связанных с основным покоящимся телом. Скорость сигнала движущихся тел в их собственной системе координат равна бесконечности ($V' = \infty$) [1, с. 337].

Направление распространения управляющих (т.е. переносящих информацию) сигналов может отвечать возрастанию «абсолютного времени» только в том случае, если волновые функции частиц движущихся тел имеют корреляционные связи с внешним окружением. Стрелки на штриховых линиях указывают возможные направления сигналов управления [1, с. 337].

Двусторонняя сверхсветовая связь возможна в области S , ограниченной как по оси t , так и по оси x . Для необратимой системы с характерным временем релаксации τ размер области S по оси t составляет величину $\sim \tau$, а по оси x – величину $\sim c\tau$ [1, с. 338].

Второе ограничение на область S накладывает необходимая для сверхсветовой коммуникации «линия связи». На подготовку такой «линии связи» должно быть затрачено время τ на длине не более чем $c\tau$ [1, с. 338].

Сверхсветовая коммуникация за пределами области S при $t < |x|/c$ невозможна.

До сих пор была рассмотрена одна необратимая система со временем релаксации τ . Если таких релаксирующих систем много и они частично перекрываются между собой на плоскости (x, t) , то появляется *возможность эстафетной сверхсветовой коммуникации* на расстоянии значительно большем $c\tau$ (рис.3) [1, с. 338].

Необходимым условием для этого является существование открытых релаксирующих систем. Следует отметить, что каждая из систем может напрямую обмениваться информацией только с соседней системой. Если некоторые системы находятся далеко друг от друга, то для сверхсветовой коммуникации достаточно, чтобы они были связаны между собой цепочкой перекрывающихся релаксирующих систем [1, с. 338].

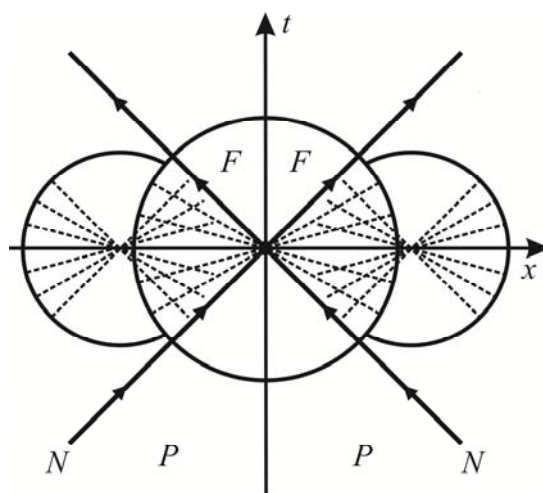


Рис. 3. Цепочка перекрывающихся необратимых систем со временем релаксации τ

Обсуждение результатов

С точки зрения информационной гигиены и информационного инстинкта такой обмен информацией непременно приведет к эпидемическому анализу влияния информационной среды на общественное

здоровье. Если мысленно представить, что необратимая система – это человек, то инстинктивно становится неуютно от такового заманчивого транзита информации со сверхсветовой скоростью. Внутренний инстинкт так и просит что-то дорисовать на рис. 2 и рис. 3. Это информационная ниша, материальным (динамическим) аналогом которой является экологическая ниша человека (рис. 4). Согласно принципу конкурентного исключения, известного как принцип Гаузе, каждый вид имеет свою собственную экологическую нишу. Никаких два разных вида занять одну и ту же экологическую нишу не могут.

Исследование свойств информационной ниши живой системы – дело ближайшего будущего. Экологические законы исключают возможность эстафетной передачи информации со сверхсветовыми скоростями.

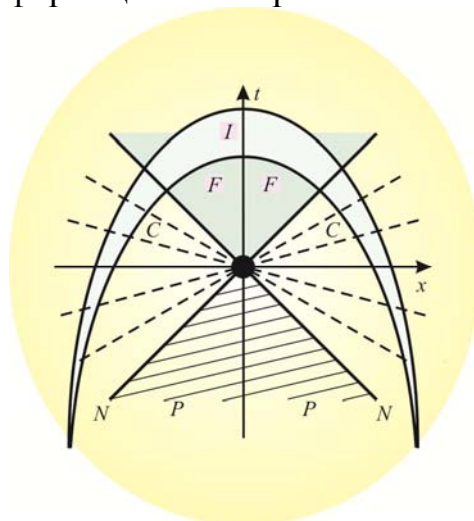


Рис. 4. Информационная ниша

Автором настоящего доклада были введены термины «информационный перекресток» [3, с. 230], «информационная маска» [4, с. 138].

Сегодня сформулирован и другой понятийный аппарат:

- информационная война;
- информационное нападение (атака);
- информационный мониторинг;
- война интеллектов.

Явлениям Природы присущ полярный характер. основополагающие полярности (или бинарные оппозиции) – это плюс и минус в математике, положительные и отрицательные заряды в физике, наследственность и изменчивость, здоровье и болезнь в биологии.

Если к таким «полярным» информационным силам добавить возможность распространения сверхсветовых сигналов вследствие коллапсов волновой функции, то гегелевский ритм процесса познания «тезис–антитезис–синтез» становится полностью исчерпаемым в своих свойствах, связях и отношениях. Реальная угроза «короткого информационного замыкания» налицо. А этого не может быть.

Живой Природе суждено жить в вечной «пульсации» объективных полярностей. Следовательно, существует работоспособная защитная структура, которая надежно обеспечивает выполнение жизненных функций индивида и вида при любых информационных поединках.

Список литературы

1. Кадомцев Б.Б. Динамика и информация / Б.Б.Кадомцев. – 2-я редакция. – М.: Редакция журнала Успехи физических наук, 1999. – 394 с.
2. Минковский Г. Пространство и время / Успехи физических наук. – 1959. – Т. LXIX, вып. 2. – С. 303-320.
3. Бахова Н.И. Информационный перекресток в науках о Земле / Вестник НАУ. – 2012. – № 1. – С. 225–232.
4. Бахова Н.И. Негэнтропийный принцип информации в геофизике / Вестник НАУ. – 2011. – № 4. – С. 132–138.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПО ДИСТАНЦИОННОМУ ЗОНДИРОВАНИЮ АТМОСФЕРЫ И “ШЕРОХОВАТОЙ” ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ В КОРОТКОВОЛНОВОМ ДИАПАЗОНЕ РАДИОВОЛН ДЛЯ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ.

С.Ю. Белов

belov_sergej@mail.ru

*Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова
Россия, г. Москва*

Аннотация. Предложен новый некогерентный метод оценки параметра сигнал/шум. Выполнен сравнительный анализ и показано, что по аналитической (относительной) точности определения этого параметра новый метод на порядок превосходит широко используемый стандартный и одного порядка с известной когерентной методикой. Мониторинг поверхности земли дистанционным зондированием в коротковолновом диапазоне радиоволн позволяет диагностировать и подповерхностный слой земли, поскольку параметр рассеяния формируется и неоднородностями диэлектрической проницаемости подповерхностных структур.

Ключевые слова: дистанционное зондирование, КВ-диапазон, параметр рассеяния сигнал/шум, Ионосфера.

Введение

Мониторинг поверхности земли методом дистанционного зондирования в коротковолновом диапазоне радиоволн может позволить оперативно выявлять некоторые геофизические параметры природных систем. Данный диапазон позволяет диагностировать и подповерхностный слой земли, поскольку параметр рассеяния формируется и неоднородностями диэлектрической проницаемости подповерхностных структур [23].

Данным методом при организации мониторингового зондирования, возможно выявлять области изменения этих сред [15], например, для оценки сейсмической опасности и сейсмического риска, опасных природных явлений, таких как землетрясения (предвестников землетрясений), а также некоторых экстремальных событий техногенного характера, что является

актуальным в теоретических и прикладных задачах инженерной сейсмологии и сейсмостойкого строительства. Также эти методики могут использоваться для развития системы мониторинга, контроля и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, а также для оценки рисков возникновения чрезвычайных ситуаций.

В работе предложен новый некогерентный метод оценки параметра сигнал/шум. Выполнен сравнительный анализ и показано, что по аналитической (относительной) точности определения этого параметра новый метод на порядок превосходит широко используемый стандартный [1] и одного порядка с известной когерентной методикой [17]. Анализ аналитических погрешностей оценки этого параметра позволил рекомендовать новый метод вместо стандартного.

Параметр β_K возвращённого, частично рассеянного ионосферного сигнала представляет интерес как важная характеристика “возмущённости”, “мутности” статистически неоднородной ионосферной плазмы, показатель надёжности работы ионосферных каналов связи, а также диагностических каналов [18]. Оперативная и надёжная оценка параметра β_K имеет общефизический интерес (радиофизика, геофизика, оптика и т. д.); конкретизация осуществлена для ионосферного случая [3]. Данный диапазон позволяет диагностировать и подповерхностный слой земли на предмет предвестников землетрясений, поскольку параметр рассеяния формируется также и неоднородностями диэлектрической проницаемости подповерхностных структур [4].

Проблема измерения и учёта рассеивающей способности земной поверхности в коротковолновом диапазоне радиоволн важна для решения ряда задач, например, при диагностике свойств среды с помощью методов, использующих этот радиодиапазон, когда на трассе происходит промежуточное отражение (рассеяние) от земной поверхности, что представляет интерес для геологоразведочных и экологических исследований [5].

Важнейшими аспектами при использовании средств космического базирования для целей природопользования и экологического мониторинга являются выбор рабочего диапазона зондирования и вопросы влияния сред на проходящее излучение [6]. Выбор КВ-диапазона позволяет учитывать подповерхностный слой (толщины порядка длины волны падающего излучения) [7].

1. Методы расчёта (когерентный и некогерентный)

В фиксированной точке приёма на поверхности земли (в скалярном приближении) ионосферный сигнал, узкополосный случайный процесс $\mathcal{E}(t)$ представляет собой суперпозицию “зеркальной” $\mathcal{E}_0(t)$ и рассеянной $\mathcal{E}_p(t)$ по нормальному закону компонент [19]:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}(t) &= \mathcal{E}_0(t) + \mathcal{E}_p(t) = E_{00} \cdot e^{i(\omega_0 t - \varphi(t))} + \mathcal{E}_p(t) = \\ &= R(t) \cdot e^{i(\omega_0 t - \Phi(t))} = [E_c(t) + i \cdot E_s(t)] \cdot e^{i\omega_0 t}, \end{aligned} \quad (1)$$

где $\varphi(t)$, $\Phi(t)$, $R(t)$, $E_m(t)$, $m=c,s$ – медленные на периоде $T = \frac{2 \cdot \pi}{\omega_0}$ случайные процессы; $E_{00} = Const$.

Параметр рассеяния определяется отношением:

$$\beta_k^2 = \frac{\text{мощность зеркальной компоненты}}{\text{мощность рассеянной компоненты}} = \frac{E_{00}^2}{2 \cdot \mathcal{E}_p^2}. \quad (2)$$

Здесь и ниже черта “—” означает статистическое усреднение. $E_C(t) = R(t) \cdot \cos \Phi(t)$ и $E_S(t) = R(t) \cdot \sin \Phi(t)$ – низкочастотные квадратуры ионосферного сигнала, $R(t)$ – огибающая, $\Phi(t)$ – суммарная фаза.

При этом индекс $K = E4, R2, R4$ означает экспериментально регистрируемые первичные случайные процессы и соответствующий метод их регистрации: $E4$ – когерентный; $R2, R4$ – некогерентные амплитудные [16].

Достаточно широко используется для оценки β_K (2) стандартный некогерентный $R2$ -метод, основанный на соотношении [1]:

$$\frac{\overline{R^2}}{(\overline{R})^2} = f(\beta_{R2}) = \frac{4}{\pi} \cdot \frac{(1 + \beta_{R2}^2) \cdot \exp(\beta_{R2}^2)}{[(1 + \beta_{R2}^2) \cdot I_0(\beta_{R2}^2/2) + \beta_{R2}^2 \cdot I_1(\beta_{R2}^2/2)]^2}. \quad (3)$$

$I_n(x)$ – функция Бесселя n -го порядка от чисто мнимого аргумента. Используя когерентный $E4$ -метод, β_{E4} оценивается по эксцессу γ_{E4} квадратур [8]:

$$\gamma_{E4}(\beta_{E4}) = \frac{\overline{E_m^4}}{(\overline{E_m^2})^2} - 3 = -\frac{3}{2} \cdot \frac{\beta_{E4}^4}{(1 + \beta_{E4}^2)^2}; \quad m=c,s. \quad (4)$$

Следует заметить, что измеряемыми первичными параметрами являются отношения моментов $\overline{R^2}/(\overline{R})^2$, $\overline{E_m^4}/(\overline{E_m^2})^2$ соответственно [9]. Естественно, соотношения (3), (4) получены с учётом определённых моделей структуры ионосферного сигнала [10]. Исследования показали, что вероятностные свойства ионосферного сигнала (1) отражений первой кратности достаточно хорошо описываются моделью Райса со смещённым спектром (РС-модель) [3], на основе которой получены выражения (3), (4). Заметим, что выражение (4) когерентной методики $E4$ обеспечивает на порядок более высокую относительную аналитическую точность оценки параметра β_K [11].

В настоящей работе предлагается новый некогерентный $R4$ -метод определения β_{R4} по эксцессу γ_{R4} огибающей для РС-модели [3]:

$$\gamma_{R4}(\beta_{R4}) = \frac{\overline{R^4}}{(\overline{R^2})^2} - 3 = \gamma_{R4}(\beta_{R4}) = -1 - \frac{\beta_{R4}^4}{(1 + \beta_{R4}^2)^2}. \quad (5)$$

Для сопоставления приведённых методов в смысле относительных погрешностей, допускаемых при вычислении β_K , обусловленных видом функциональных зависимостей $f(\beta)$, $\gamma_{E4}(\beta)$ и $\gamma_{R4}(\beta)$, получим выражения (6):

$$\mathcal{E}_k = \left| \frac{\Delta \beta_K}{\beta_K} \right| = \left| \frac{1}{\beta_K} \cdot \frac{dG_K}{dZ_K} \cdot \Delta(Z_K) \right|, \quad (6)$$

где $K = R2, E4, R4$; $G_K = f, \gamma_{E4}, \gamma_{R4}$; $\Delta(Z_K)$ – абсолютные статистические ошибки измеряемых величин: $Z_K = \frac{\overline{R^2}}{(\overline{R})^2}, \frac{\overline{E_m^4}}{(\overline{E_m^2})^2}, \frac{\overline{R^4}}{(\overline{R^2})^2}$. Погрешности

(включая статистические) для разных методик определения β_K :

$$\begin{aligned}\varepsilon_{R2}(\beta) &= \frac{\pi}{8} \cdot \frac{[(1+\beta^2) \cdot I_0(\beta^2/2) + \beta^2 \cdot I_1(\beta^2/2)]^3}{\beta^2 \cdot \exp(\beta^2) \cdot I_1(\beta^2/2)} \cdot \Delta(Z_{R2}); \\ \varepsilon_{E4}(\beta) &= \frac{(1+\beta^2)^3}{6 \cdot \beta^4} \cdot \Delta(Z_{E4}); \\ \varepsilon_{R4}(\beta) &= \frac{(1+\beta^2)^3}{4 \cdot \beta^4} \cdot \Delta(Z_{R4}).\end{aligned}\quad (7)$$

Статистическая ошибка $\Delta(Z_K)$ зависит от объёма выборки N и при одинаковых объёмах выборки может быть разной для каждого из способов [20]. Чтобы акцентировать внимание на погрешностях за счёт различия функциональных зависимостей (3) – (5), нормируем (7) на $\Delta(Z_K)$.

Графики зависимостей $\varepsilon_K^* = \frac{\varepsilon_K}{\Delta(Z_K)}$ для β_{R2} , β_{E4} и β_{R4} приведены на рис. 1. ε_K^* будем ниже называть аналитической (относительной) погрешностью метода.

Экспериментальное распределение $W_{\beta}(\beta)$ определяет диапазон изменения β [8].

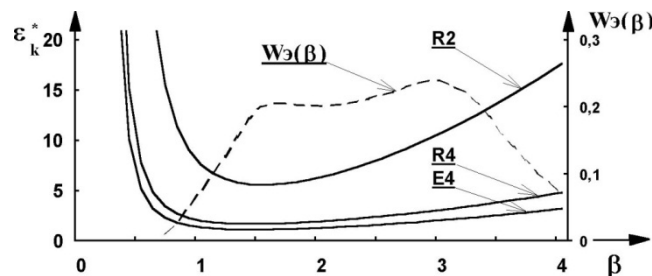


Рис. 1. Графики зависимостей ε_K^* , $K = R2, R4, E4$ (сплошные линии) и экспериментальное распределение $W_{\beta}(\beta)$ (пунктир) (слой $F2, 4,5 - 9,5$ МГц).

Из выражений (4) и (5) видно, что $\varepsilon_{E4}^* = \frac{2}{3} \cdot \varepsilon_{R4}^*$ – одного порядка и существенно (на порядок) превосходят точность измерения стандартной $R2$ -методики [12]. В итоге, анализ аналитических погрешностей оценки параметра β_K позволил рекомендовать метод $R4$ вместо стандартного $R2$. При этом достаточно высокая аналитическая (относительная) точность оценки параметра β_K может быть достигнута с помощью некогерентной аппаратуры, используя выражение (5) метода $R4$. Отметим, что за когерентной методикой $E4$ остаётся возможность оптимизации статистической ошибки путём соответствующей специальной цифровой обработки ионосферного сигнала [2].

2. Тестирование метода

Интерпретация получаемых данных производится на основе статистической мультипликативной модели сигнала [17]. Тестирование метода получения “параметра рассеяния” сигнал/шум в указанной модели произведено на примере двукратного отражения зондирующего сигнала при его вертикальном распространении [4]. В ходе работы рассматривались вопросы чувствительности модели по изучаемому параметру.

В связи с тем, что параметр рассеяния формируется и неоднородностями диэлектрической проницаемости подповерхностных структур, данным методом при организации мониторингового зондирования, возможно выявлять области изменения этих сред, например, на предмет оценки сейсмической опасности и сейсмического риска [13].

Для тестирования метода при изменении параметра рассеивающей “подложки” в типичных ионосферных условиях был выполнен численный эксперимент на ЭВМ, анализ данных которого показал, что:

1. Метод дистанционной диагностики в КВ-диапазоне чувствителен по исследуемому параметру. При объеме выборки $N \geq 240$ точность определения изучаемого параметра не хуже 5%.

2. Чувствительность метода, его точностные характеристики сохраняются даже при существенном изменении параметров сред распространения.

3. Сопоставление данных численного и натурного экспериментов указывает, что для обеспечения оценки параметра рассеяния в условиях реального эксперимента с точностью сравнимой с аппаратурной погрешностью можно рекомендовать увеличивать длительность сеансов наблюдения до $8 \div 10$ минут.

3. Экспериментальная установка для синхронной регистрации ионосферных сигналов различной кратности

Для получения необходимых экспериментальных данных используется импульсный метод когерентного приёма [8]. Этот метод позволяет регистрировать низкочастотные квадратурные составляющие ионосферного сигнала $E_c(t)$, $E_s(t)$. По ним возможно определение огибающей $R(t)$ и фазы $\Phi(t)$, то есть функции модуляции сигнала. Аппаратура когерентного приёма позволяет также непосредственно регистрировать огибающую и фазу отражённого от ионосферы сигнала. Такой комплексный подход к изучению свойств радиосигнала тем более необходим при изучении кратных ионосферных отражений, где одновременно действует целый ряд факторов, определяющих поле ионосферного сигнала.

Для того чтобы применить аппаратуру когерентного приёма к исследованию кратных ионосферных отражений, необходимо обеспечить возможность выделения и одновременной регистрации параметров, относящихся к сигналам разной кратности. При этом необходимо учитывать изменение ряда требований к работе аппаратуры (величин погрешностей, стабильности генераторов, масштабы времени) по сравнению с требованиями к установкам для изучения однократных отражений.

Всё вышесказанное и определило пути модернизации аппаратуры когерентного приёма для обеспечения работы по исследованию свойств кратных отражений. В установке используется схема регистрации низкочастотных квадратурных компонент ионосферного сигнала $E_c(t)$, $E_s(t)$ и огибающей $R(t)$. Модернизация обеспечила регистрацию на ЭВМ упомянутых параметров сигнала одновременно для сигналов различной кратности. Это достигнуто применением специальной многоканальной системы стробирования и регистрации. На рис. 2 представлена структурная схема установки со схемой регистрации и стробирования. Установка

позволяет осуществлять одновременную регистрацию параметров кратных ионосферных отражений. Ниже рассматривается работа и назначение отдельных блоков.

3.1. Принцип работы основных блоков

Задающий генератор вырабатывает напряжение синусоидальной формы с амплитудой 1-2 В в диапазоне частот 2-15 МГц. Это напряжение поступает на передатчик, управляемый синхронизирующими импульсами. В результате на передающую антенну поступают прямоугольные радиоимпульсы регулируемой длительности в интервале $100 \div 500$ мкс. Период следования импульсов 20 мс, что достаточно для приёма нескольких кратных отражений за время между посылками. Передатчик имеет импульсную мощность около 12-15 кВт. Излучение происходит с помощью антенны типа «ромб» с диагоналями 50 м и 25 м по горизонтали и вертикали соответственно.

Отражённый от ионосферы сигнал принимается на симметричный диполь с длиной луча 14 м, и по двухпроводному кабелю поступает на вход приёмника, в нём происходит усиление сигналов. Коэффициент усиления может регулироваться, максимальное его значение 20 дБ. Далее происходит преобразование частоты. В качестве гетеродина в схеме преобразования используется генератор по схеме индуктивной трёхточки. Со смесителя приёмника напряжение подаётся на усилитель промежуточной частоты, в котором предусмотрена регулировка, как коэффициента усиления, так и полосы пропускания. Усилитель имеет 4 каскада усиления с трансформаторами промежуточной частоты. Второй и третий трансформаторы имеют регулировку, которая позволяет изменять полосу пропускания в пределах 7-30 кГц.

Усиленное напряжение промежуточной частоты детектируется и поступает на усилитель низкой частоты приёмника, а также на АЦП. На контрольный индикатор поступает напряжение низкой частоты с согласующего устройства после приёмника и стробирующие импульсы со схемы синхронизации и стробирования. Контрольный индикатор позволяет визуально выбрать сигналы нужных кратностей и определить порядок их регистрации.

Метод когерентного приёма предусматривает, в частности, сравнение фаз принятого сигнала и излучённого. Для этого необходимо иметь канал опорного напряжения. Так как в данной установке сравнение происходит на промежуточной частоте, то на входе канала опорного напряжения происходит преобразования частоты задающего генератора в промежуточную в блоке смесителя опорного канала. Опорное напряжение промежуточной частоты формируется из напряжения задающего генератора и гетеродина приёмника. Далее опорное напряжение поступает в усилитель промежуточной частоты канала опорного напряжения. Усиленное до необходимого уровня опорное напряжение поступает в согласующее устройство опорного канала, где из синусоидального напряжения формируется последовательность импульсов. Полученные импульсы подаются на АЦП. В результате возможна регистрация низкочастотных квадратурных составляющих сигнала, причём

даже с использованием ЭВМ с не очень высоким быстродействием за счёт применения оригинальных алгоритмов оптимизации: патент – [2].

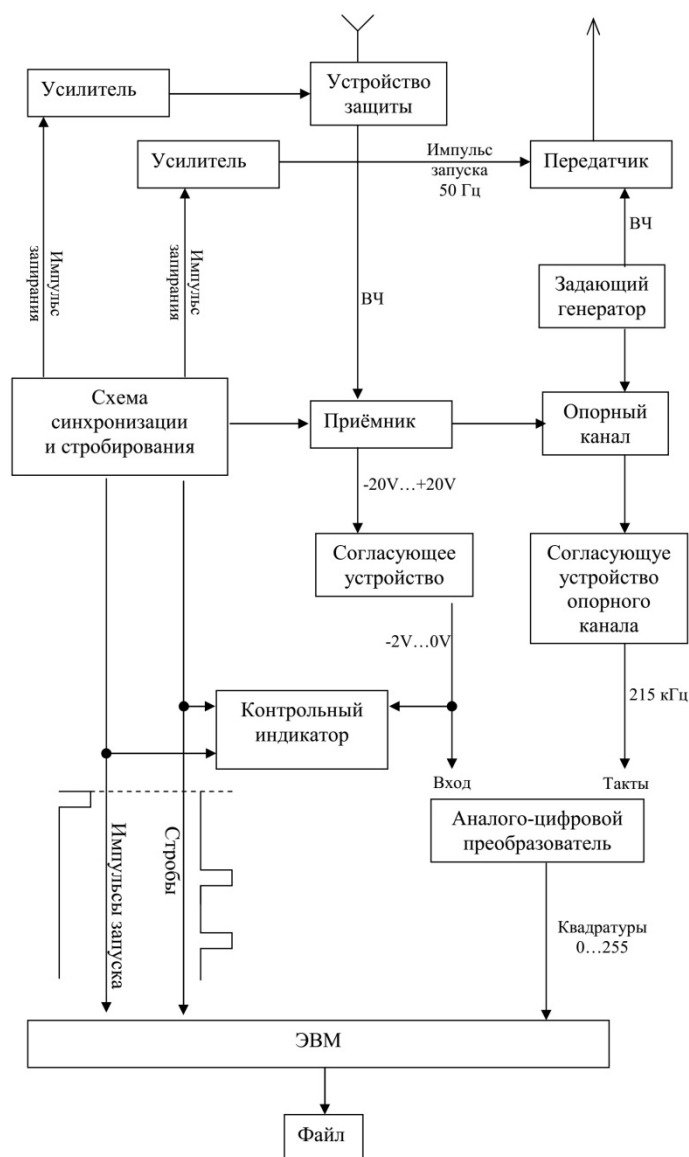


Рис. 2. Функциональная схема экспериментальной установки.

Для одновременной регистрации параметров сигналов различных кратностей существенно изменена функциональная схема регистратора, создана многоканальная система стробирования и специальный синхронизатор. Ранее регистратор обеспечивал запись на киноплёнке квадратурных составляющих сигналов различной кратности, а также энергетической огибающей и суммарной фазы.

ЭЛТ является контрольным индикатором в системе для визуального наблюдения и наведения стробов. Изменяя временное положение стробов, можно выбрать нужное отражение, так как различной кратности соответствуют различные задержки относительно зондирующего импульса. Попадание сигналов различной кратности в соответствующий канал регистратора АЦП обеспечивается схемой синхронизации и стробирования и контролируется по визуальному индикатору. Управление работой измерительного комплекса и согласование его узлов осуществляется схемой

синхронизации. На вход которой поступает напряжение частоты 50 Гц, которое запускает все основные блоки установки. С этой частотой формируется модулирующий импульс для управления работой передатчика, импульс запирающего приёмного канала на время зондирующего импульса, а также ряд напряжений для управления работой контрольного индикатора и ЭВМ.

3.2. О методике экспериментальных исследований

Ранее были рассмотрены вопросы теории общих методик и способов определения параметров сигнал/шум при исследовании свойств кратных ионосферных отражений: способ определения параметра β для отражений различной кратности; способ определения β_2 в условиях новой статистической модели для кратных отражений; оценка рассеивающей способности «шероховатой» земной поверхности в КВ-диапазоне [17, 18].

Выполненный сравнительный анализ эффективности различных методик определения параметра β [22] с одной стороны позволил обосновать выбор оптимальной методики надёжной оценки параметра β в условиях настоящего эксперимента [14]. С другой стороны, анализ имеет более общую значимость, поскольку получение оперативных и надёжных сведений о β представляет интерес при решении задач надёжности и совершенствования работы каналов связи, а также позволяет судить о механизме ионосферного [21] и земного рассеяния, о структуре сигнала [18].

Параметр рассеивающей способности «шероховатой» земной поверхности в КВ-диапазоне может зависеть: от пространственной концентрации построек, их распределения и сочетания с открытыми пространствами (степень их поляризации с условно природными элементами) [27]; от функционального содержания районов (жилые, производственные или рекреационные), обуславливающего интенсивность и характер деятельности; а также и от неоднородностей диэлектрической проницаемости подповерхностных структур [26].

Заключение

Мониторинг поверхности земли методом дистанционного зондирования в коротковолновом диапазоне радиоволн может позволить оперативно проводить диагностику подповерхностных структур [25], выявлять области изменения этих сред, например, на предмет оценки сейсмической опасности [24]. Данный диапазон позволяет диагностировать и подповерхностный слой земли, поскольку параметр рассеяния формируется и неоднородностями диэлектрической проницаемости подповерхностных структур.

Анализ аналитических погрешностей оценки параметра β_K позволил рекомендовать метод R_4 вместо стандартного R_2 . При этом достаточно высокая аналитическая (относительная) точность оценки параметра β_K может быть достигнута с помощью некогерентной аппаратуры, используя метод R_4 .

Список литературы

1. Альперт Я.Л. Распространение радиоволн в ионосфере. АН СССР, М, 1960.
2. Белов С.Ю. Программа регистрации квадратурных компонент n -кратного отражённого от земной поверхности радиосигнала. Свидетельство о регистрации права на программное обеспечение № RU.2016612172 от 19.02.2016 г.

3. Белов С.Ю. Методы оценки параметра сигнал/шум в коротковолновом диапазоне радиоволн. // Физические проблемы экологии (Экологическая физика). № 16. М.: МАКС Пресс. 2010. С. 31-38.
4. Белов С. Ю. Дистанционная диагностика рассеивающей способности земной поверхности в декаметровом диапазоне радиоволн. // «Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы». Томск. 2009. С. 279-280.
5. Белов С.Ю., Белова И.Н. Выявление экологического риска при мониторинге поверхности земли методом дистанционного зондирования в коротковолновом диапазоне радиоволн. // «Экология и космос». / Под общ. ред. Ю.В. Кулешова. СПб.: ВКА имени А.Ф. Можайского. 2015. С. 70-76.
6. Белов С.Ю., Белова И.Н. О параметре “возмущённости” неоднородного флуктуирующего дифракционного экрана. // «Атмосферная Радиация и Динамика» (МСАРД–2015). Санкт–Петербург. 2015. С. 103.
7. Белов С.Ю. Дистанционная диагностика рассеивающей способности земной поверхности в КВ-диапазоне. // Перспективы развития научных исследований в 21 веке. Махачкала: ООО «Апробация». 2014. С. 43.
8. Белов С.Ю. Экспериментальное исследование характеристик когерентной и некогерентной обработки информации при дистанционном зондировании атмосферы и “шероховатой” земной поверхности в коротковолновом диапазоне радиоволн. // «Известия высших учебных заведений. Физика». 2016. Т. 59. № 12-3. ISSN 0021-3411. С. 121-124.
9. Белов С.Ю., Белова И.Н. Мониторинг поверхности земли методом дистанционного зондирования в КВ-радиодиапазоне. // «Экология-2015», ISBN 978-5-91378-098-0. Архангельск. 2015. С. 6–7.
10. Белов С.Ю. О некоторых характеристиках рассеивающей способности земной поверхности при дистанционном зондировании в коротковолновом диапазоне радиоволн. // Региональные проблемы дистанционного зондирования Земли (РПДЗЗ-2015). ISBN 978-5-7638-3306-5. Красноярск, СФУ, 2015. С. 101–104.
11. Белов С.Ю. О возможности повышения точности измерения рассеивающей способности земной поверхности при дистанционном зондировании в коротковолновом диапазоне радиоволн. // «Структура, вещество, история литосферы тимано-североуральского сегмента», Сыктывкар: Геопринт. 2015. С. 28–31.
12. Белов С.Ю., Белова И.Н. О возможности повышения информативности методик определения параметра сигнал/шум на примере распространения радиосигнала коротковолнового диапазона радиоволн. // «Нелинейные волны–2016», ФГБНУ ФИЦ ИПФ РАН. Н. Новгород. 2016. С. 34.
13. Белов С.Ю. О способах определения параметра сигнал/шум при отражении радиоволн от границы раздела двух сред в КВ-диапазоне. // Комплексные исследования морей России: оперативная океанография и экспедиционные исследования. Севастополь, ФГБУН МГИ. ISBN 978-5-9908460-0-5. 2016 г. С. 528–533.
14. Белов С.Ю. Когерентный и некогерентный методы определения параметра сигнал/шум в задачах распространения радиосигнала коротковолнового диапазона радиоволн. // «Ломоносов—2016». Сборник. Т. 1. - М. Физический факультет МГУ, 2016. ISBN 978-5-8279-0127-3. С. 171-173.
15. Белов С.Ю. Космический мониторинг характеристик прибрежных территорий для обеспечения экологической безопасности зондированием в коротковолновом диапазоне радиоволн. // Экология. Экономика. Информатика. Азовское море, Керченский пролив и предпроливные зоны в Чёрном море: проблемы управления прибрежными территориями для обеспечения экологической безопасности и рационального природопользования. Ростов-на-Дону: ЮФУ, 2016. ISBN 978-5-9275-2055-8. С. 27–41.

16. Белов С.Ю., Белова И.Н. Исследование характеристик когерентной и некогерентной обработки информации при дистанционном зондировании атмосферы и “шероховатой” земной поверхности в коротковолновом диапазоне радиоволн. // Распространение радиоволн РРВ-25, Томск, 2016. Т. 3. ISBN 978-5-86889-736-8. С. 94-97.
17. Миркотан С.Ф., Белов С.Ю., Захаров В.И. Дистанционная диагностика рассеивающей способности “шероховатой” земной поверхности в коротковолновом диапазоне радиоволн. // Радиотехника и электроника. 1999. 44. № 10. С. 1190-1194.
18. Миркотан С.Ф., Белов С.Ю. О параметре возмущённости неоднородной флуктуирующей ионосферной плазмы. // Радиотехника и электроника. 1998. 43. № 11. С. 1382–1383.
19. Belov S.Yu. New measurement method of estimation signal/noise parameter. // European Geosciences Union General Assembly 2010 Vienna, Austria, Geophysical Research Abstracts. 2010. 12. P. 2233.
20. Belov S.Yu., Belova I.N. Environmental aspects of the use of remote sensing of the earth's surface in the short-wave range of radio waves. // IGCP 610 Third Plenary Conference and Field Trip “From the Caspian to Mediterranean: Environmental Change and Human Response during the Quaternary”, Astrakhan, Russia. Moscow, MSU. 2015. P. 29–31.
21. Belov S.Yu., Belova I.N. The analysis of methods of determination the scattering parameter of the inhomogeneous fluctuating ionospheric screen. // "Atmosphere, ionosphere, safety" (AIS-2016). / Ed. I.V. Karpov. - Kaliningrad, 2016. ISBN 978-5-9971-0412-2. P. 435-440.
22. Belov S.Yu. The analysis of monitoring data of the parameter scattering power the earth's surface in the short-wave range of radio waves. // "Data Intensive System Analysis for Geohazard Studies", Geoinformatics research papers, Vol.4, BS4002, DOI:10.2205/2016BS08Sochi, 2016. P. 2.
23. Belov S.Yu., Belova I.N. Methods of obtaining data on the characteristics of superficial and subsurface structures of the earth by remote sensing in the short-wave range of radio waves. // IGCP 610 project "From the Caspian to Mediterranean: Environmental Change and Human Response during the Quaternary" (2013-2017), Georgia, Georgian National Academy of Sciences Tbilisi. 2016. ISSN 978-9941-0-9178-0. P. 26-29.
24. Белов С.Ю. Дистанционные методы наблюдений и технологии мониторинга природно-техногенных опасных процессов в коротковолновом диапазоне радиоволн. // «Природные катастрофы: изучение, мониторинг, прогноз». Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2016, ISBN: 978-5-7442-1590-3, с. 172-175.
25. Белова И.Н., Белов С.Ю. Методы дистанционной диагностики некоторых параметров при исследовании прибрежных районов Арктики в коротковолновом диапазоне радиоволн. // «Климат и эколого-географические проблемы Российской Арктики». Апатиты. М.А: ООО «КаэМ», 2016, ISBN 978-5-902643-38-8, с. 20.
26. Белов С.Ю. О путях повышения эффективности работы систем спутникового мониторинга в коротковолновом диапазоне радиоволн. // Мировой океан: модели, данные и оперативная океанология. Севастополь: ФГБУН МГИ, 2016, с. 155-156.
27. Belov S.Yu. The analysis of monitoring data of the parameter scattering power the earth's surface in the short-wave range of radio waves. // "Исследования по геоинформатике: труды геофизического центра РАН". ФГБУН, Москва, eISSN: 2308-5983, Том 4, № 2, 2016, с. 50.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НОВОРОССИЙСКОЙ БОРЫ

¹Р.Б. Берзегова, ¹М.К. Беданок, ²В.Н. Кожевников, ³Я.В. Гицба

rozaberzegova@yandex.ru, bedan64@mail.ru, kozhyv@mail.ru

¹Майкопский государственный технологический университет

Россия, г. Майкоп,

²Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

Россия, г. Москва

³Институт экологии Академии наук Абхазии, Республика Абхазия, г. Сухум

I. Введение – обзор.

В нашей стране достаточно широко известно такое погодное явление, как Новороссийская бора. Чаще всего под этим понимают появление катастрофически сильного ветра с гор северо-восточного направления. Тем самым фиксируется факт того, что данное явление связано с обтеканием гор воздушным потоком. В настоящей работе решено было начать исследование данного явления путем гидротермодинамического моделирования. Подобные теоретические модели создаются и совершенствуются уже почти сто лет, но в полной мере проблема остается нерешенной. Поэтому пока приходится использовать достаточно упрощенные теоретические построения [1-3]. В работе [4] было проведено всестороннее исследование картины обтекания прибрежных гор в районе Новороссийска на основе стационарной, двумерной, нелинейной модели, рассматривающей явление в рамках среднего масштаба [3,5,6]. Исследований, выполненных в этом направлении не много, можно выделить работы [12, 13, 14]. В данных работах применяется мезомасштабная модель WRF-ARW, которая воспроизводит бору на качественном уровне. Однако, в этих работах роль формы рельефа недостаточно исследована, не рассмотрен весь диапазон возможных скоростей при боре. Также при проведении численных экспериментов шаг сетки по горизонтали был взят достаточно большим - 1 и 2 км, что дает достаточно грубые представления о данном явлении. Нам представляется, что результаты, полученные в этих работах не позволяют говорить об объективном прогнозе боры, а также о физике самого явления.

В настоящей работе были продолжены указанные выше модельные расчеты с целью выяснения основных характеристик ветров при боре в районе города Новороссийска.

II. Теоретическая модель.

Моделирование процесса обтекания гор осуществлялось так же, как и в [4], на основе решения уравнения Гельмгольца для возмущений функции тока ψ' . Коэффициент данного уравнения определяет основные свойства возмущений, а его величина обратно пропорциональна величине масштаба Лира, введенного в [7] соотношением

$$\lambda_c = 2\pi \frac{U}{N}, \quad N^2 = \frac{g(\gamma_a - \gamma)}{T_1}, \quad (1)$$

где U , N - скорость и частота Брента-Вяйсяля, γ_a - сухоадиабатический градиент температуры, γ - градиент температуры, T_1 - характерная (средняя)

температура слоя, g - ускорение силы тяжести. Возможность сведения нелинейной задачи к решению линейного уравнения Гельмгольца определялась тем, что рассматривался частный вариант свойств невозмущенного перед горами натекающего потока, а именно когда полагалось, что в нем не зависят от высоты скорость и градиент падения температуры:

$$U = const, \quad \gamma = const. \quad (2)$$

Частота N определялась через характерное значение температуры и его градиент γ стандартным образом. Функция тока в натекающем потоке определялась в виде линейной зависимости от высоты $\psi_0 = -Uz$, а полная функция тока - посредством добавления к выписанной величине возмущения ψ' . Возмущения температуры определялись через ψ' в полном соответствии с предположением об адиабатичности вертикальных смещений частиц воздуха по формуле:

$$T' = -\frac{(\gamma_a - \gamma)\psi'}{U}, \quad (3)$$

Горизонтальная и вертикальная компоненты скорости определялись производными от функции тока соответственно по вертикали и горизонтали. Использовалась трехслойная модель, в которой нижний слой представлял тропосферу, средний – нижнюю стратосферу, а верхний - всю остальную верхнюю атмосферу. Скорость натекающего потока полагалась одинаковой во всех слоях, а градиенты температуры – разными. Двумерные характеристики рельефа гор подробно исследовались в [4]. При этом было показано, что основные свойства орографических возмущений можно исследовать путем моделирования обтекания среднего сечения рельефа. Кроме того, было выяснено, что при исследовании боры весь широкий диапазон состояний атмосферы перед горами можно свести к следующему диапазону значений волнового масштаба Лира в тропосфере и следующему заданию послойных значений градиента температуры снизу вверх:

$$\lambda_c = 3 - 12.2 \text{ км}, \quad \gamma_j = 6,0,3 \text{ град/км}, \quad j = 1, 2, 3. \quad (4)$$

При использовании (4) получалось, что значения скорости натекающего потока в м/с каждый раз равнялись удвоенным значениям масштаба Лира в км, так что свойства боры исследовались для значений U , меняющихся от 6 до 24.4 м/с. Высоты поверхностей раздела в модели задавались равными 10 и 18 км. Шаги расчетной сетки при вычислении поля траекторий составляли 50 м по горизонтальной координате x и 250 м по вертикальной координате z . Все расчеты проводились на языке программирования Matlab.

III. Результаты.

1. Поле траекторий.

В работе [4] было проанализировано множество вариантов обтекания гор, характеризующих явление Новороссийской боры. В том числе рассматривались 4 варианта рельефа гор. Первым и основным был рельеф, полученный усреднением высот для 10 конкретных вертикальных сечений

местности. Далее его будем называть средним рельефом. Вторым был рельеф, характеризующий профиль гор для одного из указанных частных сечений, наиболее серьезно отличающегося от среднего. Его будем обозначать как «сн». Еще два рельефа были созданы искусственно с целью исследования общих физических закономерностей обтекания реальных гор. При их создании были выполнены три требования. 1. У них должен был быть один, а не два господствующих хребта. 2. У них подветренный склон хребта должен был иметь крутизну примерно совпадающую с крутизной среднего рельефа. 3. Площадь сечения у них должна была с точностью 7.6 % совпадать с площадью сечения среднего рельефа. При этом у третьего рельефа максимальная высота задавалась равной высоте среднего рельефа, т.е. 541 м. Его мы обозначили как «iskV». У четвертого рельефа максимальная высота задавалась равной 350 м. Его мы обозначили как «iskN».

Процесс обтекания гор нагляднее всего иллюстрируется траекториями движения частиц воздуха. На рис.1 представлен один из результатов [4], а именно траектории движения при обтекании среднего рельефа при $\lambda_c = 4$ км.

Траектории здесь отождествляются со значениями их высот в натекающем потоке, обозначаемых как z_0 . Натекающий поток направлен слева на право. На рисунке представлены траектории со значениями $z_0 = 0, 0.35, 0.5$ и далее более высокие со значениями z_0 , увеличивающиеся с шагом 0.25 км.

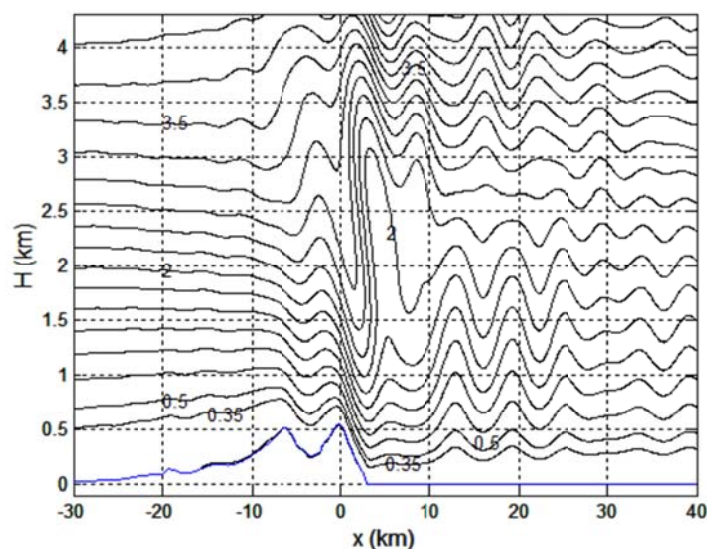


Рис.1. Траектории обтекания среднего рельефа при $\lambda_c = 4$ км

Наземная траектория ($z_0 = 0$), как нетрудно видеть, имеет два почти равных по высоте хребта. Подветренный хребет имеет очень крутой подветренный склон. Над горами возмущения чрезвычайно велики и имеют роторный характер. Следует обратить внимание, что траектория с $z_0 = 3.5$ км в какой-то мере повторяет форму рельефа. В этом наглядно проявляются две закономерности: периодичность изменений возмущений по вертикали и проявление влияния масштаба формы рельефа. Вертикальные смещения

частиц воздуха, двигающиеся вдоль траектории с $z_0 = 2$ км, лежат в диапазоне высот от 1 до 3 км. Тем самым амплитуда колебаний здесь порядка 1 км. В подветренной области возмущения имеют вид периодических волн. Их амплитуды на высотах 1-1.5 км составляют около 250 м. С уменьшением высоты амплитуды этих волн быстро уменьшаются, - в частности у траектории с $z_0 = 0.35$ км амплитуды волн над морем на удалениях до 20 км от гор составляют около 50 м.

2. Возмущения у подветренного склона гор.

В работе [4] установлено, что в зоне возмущений всегда возникают области резкого сгущения траекторий движения. Движение частиц воздуха в таких областях имеют вид струи. В верхней и нижней частях струи сходимость траекторий имеет разные знаки. Это означает, что на некоторой средней высоте струи всегда значения скоростей достигают максимума. Установлено так же, что наибольшие скорости наблюдаются в струе у подветренного склона гор и их значения могут использоваться в качестве количественной меры интенсивности возмущений при обтекании. На рис.1 можно видеть три такие струи. Первая расположена у подветренного склона гор в области нисходящих движений частиц воздуха. Вторая расположена над горами на высоте порядка 2.5 км в области восходящих движений. Третья расположена еще выше и близка по своим характеристикам к первой струе. При исследовании характеристик Новороссийской боры нас будет интересоваться в первую очередь струя у подветренного склона гор. С учетом сказанного в данной работе проведены детальные расчеты возмущений именно в этой части пространства. Кроме траекторий здесь рассчитывались так же поля скоростей и возмущений температуры. При этом для достижения приемлемой точности расчета скоростей шаги расчетной сетки задавались так: по горизонтали 25, по вертикали 10 м. Расчеты были проведены для всех рельефов и для всех значений параметров (4). Было выяснено, что картины возмущений во всех вариантах качественно одинаковы, и это позволяет для краткости обойтись только одним рис. 2. На нем представлены изолинии значений возмущения температуры у подветренного склона среднего рельефа для $\lambda_c = 5$ км. Одновременно эти изолинии качественно характеризуют так же и траектории движений (изолинии значений z_0), поскольку согласно (3) возмущения температуры прямо пропорциональны возмущениям функции тока, а сама функция тока от ее возмущений в ограниченном диапазоне высот отличается практически только на постоянную величину. К примеру, изолиния $T' = 3.5$ градусов неплохо воспроизводит траекторию с $z_0 = 0.9$ км. Следовательно, изолинии рис. 2 дают нам представление о том, как выглядит струйное течение у подветренного склона гор. В частности можно видеть, что струя вдоль большей части склона почти однородна и имеет толщину порядка 300 м. При удалении от поверхности горы движения частиц воздуха быстро приобретают волновой характер. На рис.1 детали аналогичной струи рассмотреть довольно

затруднительно, но зато прекрасно виден переход к подветренным волновым колебаниям, довольно медленно затухающим вниз по потоку.

Представленные на рис.2 данные показывают, что возмущения температуры непосредственно у склона практически отсутствуют, а при удалении от него становятся положительными.

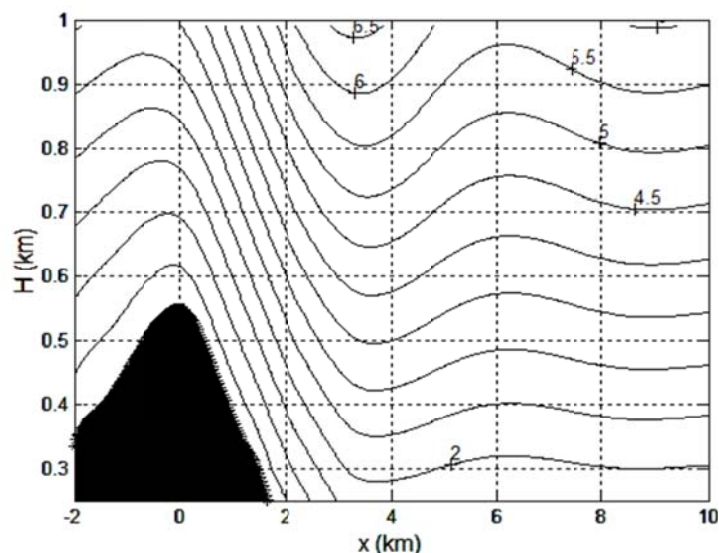


Рис.2. Возмущения температуры у подветренного склона при $\lambda_c = 5$ км. Обтекаемый рельеф на рисунках зачернен. Представлены изолинии со значениями от 0 до 6.5 градусов с шагом 0.5. У некоторых изолиний значения возмущений представлены цифрами

При этом во всех рассмотренных вариантах в потоке воздуха у склона толщиной порядка 1 км и в приземном потоке толщиной около 300 м возмущения температуры сугубо положительны и лежат в диапазоне 0 – 1.5 градуса. Это соответствует закону адиабатического опускания здесь частиц воздуха. Значит, известные резкие понижения температуры при Новороссийской боре определяются не процессом обтекания гор. Видимо, они определяются тем, что в район города при боре поступает воздушная масса иной температуры.

3. Энергетика боры.

В ряде предыдущих работ (см. [3, 6, 8 - 11]) было показано, что используемая в данной работе модель неплохо характеризует орографические возмущения на высотах более 2 – 3 км. Однако ясно, что она в то же время не может претендовать на надежность описания характеристик приземного турбулентного слоя за горами, поскольку не учитывает вязкость и тем более турбулентную вязкость среды. Вместе с тем результаты прежних расчетов по данной модели, как и данные расчеты, показывают, что во всех случаях у подветренного склона гор предсказывается сильное сгущение траекторий движения частиц воздуха и, значит, увеличение здесь скоростей. Это наводит на мысль, что в реальной природе в потоке у склона турбулентность подавлена и сосредоточена только в самом его тонком слое у земли. Отсюда можно надеяться, что наша модель, хотя и не учитывает вязкость и тем более турбулентную вязкость, неплохо описывает реальный поток атмосферы у подветренного склона гор. На этом основании далее

будем полагать, что интенсивность боры в расположении города Новороссийска и акватории бухты можно оценивать по величине кинетической энергии потока в этой зоне.

3.1. Поле скорости у склона было детально исследовано для среднего рельефа во всем диапазоне значений λ_c . В первую очередь были рассчитаны изменения значений модуля скорости $V(z,x)$ в зависимости от координаты x на фиксированном уровне высоты $z=300$ м. Этот уровень соответствует примерно середине высоты рельефа и поэтому может считаться достаточно характерным для наших целей и задач. Было установлено, что при любом значении λ_c данная зависимость имеет одинаковый характер. Он иллюстрируется на рис.3, где представлен результат расчетов для среднего рельефа. При удалении от поверхности горы в начале величина модуля скорости плавно и постепенно уменьшается. Это продолжается до удаления примерно в 200 м и сопровождается уменьшением скорости на 1 - 2.5 м/с. Далее изменения становятся волновыми, при этом амплитуда колебаний примерно равна 1.5 м/с, а период порядка λ_c . Каждая кривая $V(300,x)$ однозначно характеризует вариант конкретного λ_c . Результаты позволяют констатировать, что струя у склона рельефа имеет толщину порядка 200 метров, а ее интенсивность непосредственно зависит от величины λ_c . Если провести усреднение модуля скорости в этом диапазоне удалений от горы, то эта средняя величина будет зависеть как от масштаба Лира, так и от уровня высоты. Если же данное усреднение проводить на уровне максимальных скоростей струи, то результат будет зависеть только от величины λ_c . Получаемую таким путем скорость будем обозначать как V_b и называть характерной скоростью струи. Эта величина, очевидно, совершенно объективно характеризует энергетику потока у склона, а с ней и энергетику возмущений при обтекании гор.

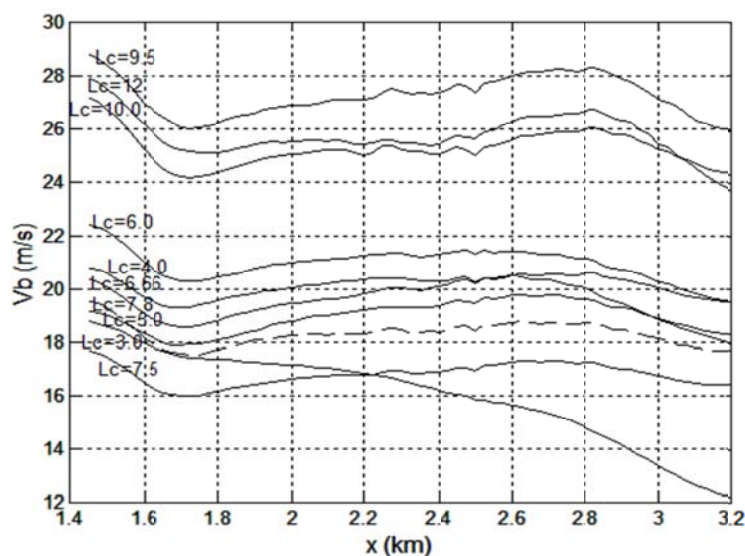


Рис. 3. Изменения модуля скорости потока $V(300,x)$ для среднего рельефа при различных значениях λ_c

Представленные на рис. 1, 2 данные, обращают внимание на то, что по мере спуска к уровню моря самые верхние слои потока у подветренного склона гор явно не доходят до земли в городе и бухте и формируют там некий переходный слой между свободной атмосферой и интересующим нас приземным слоем. Самые нижние слои потока у склона, очевидно, непосредственно участвуют в формировании указанного турбулентного приземного слоя в районе Новороссийска. Следовательно, энергия турбулентных порывов ветра здесь прямо зависит от кинетической энергии струи, и, значит, от характерной скорости V_b .

3.2. Расчеты величины V_b были проведены для всех значений масштаба Лира и всех рассматриваемых рельефов. При этом усреднение вдоль горизонтальной координаты каждый раз проводилось на таких двух уровнях высоты, на которых они при выбранном значении λ_c имели максимальные значения. По полученным таким путем двум значениям определялось среднее значение V_b и диапазон ее разброса dV . Было установлено, что величина разброса при всех вариантах не превышала 0.17 м/с. Полученные результаты представлены на рис. 4 и 5. На горизонтальных осях рисунков даны соответствующие значения λ_c в км. Одновременно представленные здесь цифры соответствуют $\frac{1}{2}$ значениям скорости натекающего потока в м/с, и это облегчает проведение анализа зависимости так же и от скорости. Для среднего рельефа точечные данные были сглажены и представлены на рисунках плавными кривыми со звездочками.

3.3. На рис. 4 показаны изменения относительных величин V_b/U , т.е. изменения характерных скоростей струи по сравнению со скоростью натекающего потока. Данное исследование показывает следующее. 1). Можно видеть, что при всех значениях λ_c и для всех рельефов величина V_b/U больше 1. Это означает что ветер при боре всегда сильнее ветра перед горами. 2). В среднем наблюдается уменьшение относительной скорости при увеличении λ_c , т.е. выполняется закон сглаживания, сформулированный в [4]. 3). В отдельных частях диапазона значений масштаба Лира закон сглаживания заметно нарушается. Согласно рисунку, например, для среднего рельефа, по мере увеличения λ_c вначале величина V_b/U быстро уменьшается, затем в диапазоне 5-6 км ее уменьшение почти прекращается, далее оно вновь ускоряется и при $\lambda_c = 7.5$ величина относительной скорости достигает минимума. Еще далее значения V_b/U начинают расти и при $\lambda_c = 9.5$ км достигают максимума. После этого относительная скорость вновь уменьшается, постепенно приближаясь к значению 1.1. Достоверность такого поведения подтверждается малостью величины dV . Подобные изменения характерны и для всех рельефов. 4). Кривая для частного рельефа «ch» качественно не отличается от кривой для среднего рельефа, количественно она отличается только тем, что не воспроизводит относительное увеличение значений V_b/U в районе точки $\lambda_c = 6$ км. Тем самым подтверждается, что

интенсивность боры вполне можно исследовать, рассматривая результаты для среднего рельефа.

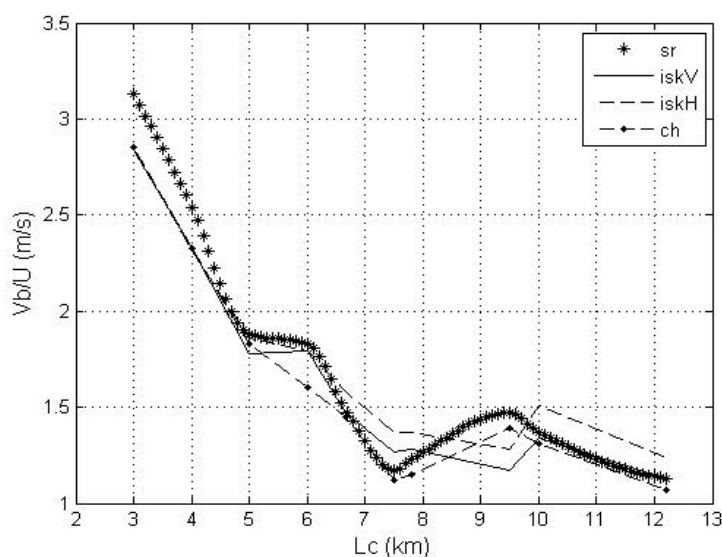


Рис. 4. Зависимость V_b/U от λ_c для различных рельефов

3.4. На рис.5 показано, как зависят от λ_c (и от U) абсолютные значения характерной скорости V_b . Данные для среднего рельефа представляет для нас главный интерес. Здесь почти невозможно увидеть монотонного увеличения скорости V_b при увеличении масштаба Лира в среднем. Ее можно наметить только для значений $\lambda_c > 8$ км. Это означает, что процесс собственно обтекания постепенно становится менее значимым по сравнению с процессом господства мощи натекающего потока только при скоростях $U > 16$ м/с. При $\lambda_c < 8$ км значения V_b при изменениях масштаба Лира имеют амплитуду колебаний около 2.5 м/с. В частности можно видеть наличие на графиках относительных максимумов при $\lambda_c = 4, 6$ и 9.5 , а также минимумов при $\lambda_c = 3, 5$ и 7.5 км.

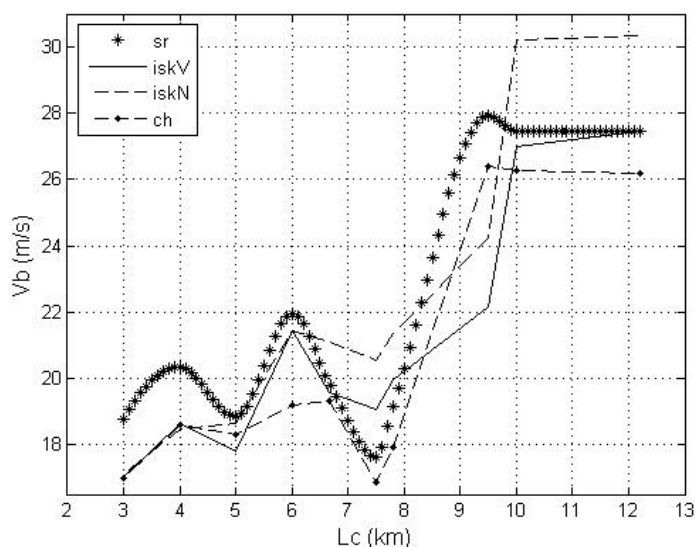


Рис.5. Зависимость V_b от λ_c для различных рельефов

3.5. Заметные колебания скорости V_b при росте значений λ_c требуют более детального анализа. Сравнивая кривые, отмечаем, что при значениях λ_c меньших 8.2 км у всех рельефов положения максимумов и минимумов близки друг к другу. Интересно вновь сравнить кривые изменений для среднего и частного рельефов в этом диапазоне. Качественно у них колебания близки, однако значения скорости для частного рельефа систематически меньше. Очевидно, это определяется тем, что высота главного хребта у среднего рельефа заметно больше.

Весьма интересно сравнивать кривые для среднего рельефа и «iskV». Рельефы отличаются практически только тем, что у среднего имеется два разнесенных хребта. Значит, наличие ложбины у рельефа не изменяет факта появления колебаний V_b при изменениях λ_c ; оно приводит только к систематическому, хотя и не очень заметному, увеличению скоростей. Пока объяснить колебательный характер изменений V_b затруднительно. Видимо, для этого можно предложить следующую гипотезу. При обтекании этих близких по величине и форме рельефов возникающие возмущения имеют, вероятно, практически одинаковый спектральный состав. При этом оба спектра меняются одинаково при изменениях величины масштаба Лира. В свою очередь степень отражения волновой энергии от верхних слоев зависит от этого спектра. Значит, количество волновой энергии в тропосфере при изменениях масштаба Лира изменяется одинаково в обоих случаях, и, значит, величина скоростей у подветренного склона так же меняется одинаково.

При сравнении результатов для среднего двуххребтового и искусственного однохребтового «iskV» рельефов в [4] было отмечено, что максимальный размах вертикальных смещений в роторной области во втором случае уменьшался на 38 % при $\lambda_c = 5$ км. Данные рис.5 показывают, что в области $\lambda_c < 6.7$ знак различия скоростей остается прежним, но величина расхождений примерно в 7 раз меньше (порядка 5 %). Это свидетельствует, что наличие ложбины у рельефа много сильнее влияет на возмущения в средней тропосфере, чем в области подветренного склона.

Сравнивая кривые для двух искусственных рельефов, «iskV» и «iskN», видим, что при $\lambda_c > 6.3$ кривая для более высокого из них всюду лежит ниже. Это, возможно связано с тем, что для более низкого рельефа закон сглаживания возмущений начинает преодолевать эффект обтекания раньше, чем для более высокого. Эффект нарастания господства закона сглаживания проявляется так же в том, что амплитуды колебательных изменений при увеличении λ_c имеют тенденцию к уменьшению.

Сравнивая данные результаты с результатами для среднего рельефа, видим, что в последнем случае эта амплитуда заметно больше.

На рисунке можно видеть, что величины V_b при $\lambda_c > 10$ перестают изменяться. Вероятно, это не так, и связано с тем, что не хватает данных в диапазоне между 10 и 12.2 км. Тенденция изменений, представленная на

рис.4, подсказывает, что изменения значений функции $V_b(\lambda_c)$ должны постепенно приближаться к закону линейного возрастания.

3.6 Обсуждаемые закономерности возмущений характеризуют не только область у подветренного склона гор. Они, очевидно, характеризуют и аналогичные области сгущения траекторий на больших высотах над горами. Это означает, что установлен новый способ количественной оценки интенсивности орографических возмущений над горами, и его можно использовать не только у подветренного склона гор. Ранее интенсивность возмущений оценивалась визуально по характеру траекторий, по наличию или отсутствию роторов, по величине амплитуд волн и т.д. Новый способ более точен и объективен.

IV. Выводы.

1. Подтверждено, что характерная скорость потока V_b у подветренного склона является важнейшей количественной характеристикой возмущений атмосферы при обтекании.

2. Предполагается, что сила ветра при боре непосредственно зависит от величины V_b и, значит, в первую очередь от масштаба Лира.

3. Обосновано, что бора в полной мере проявляет свою разрушительную силу тогда, когда направление основного потока атмосферы с суши близко к направлению поперек горным хребтам.

4. Следует рассматривать два варианта боры. Основным (более частым) можно считать вариант, когда значения масштаба Лира меньше 9 км. В этом случае при увеличении масштаба Лира значения V_b изменяются волновым образом в диапазоне значений 17 - 24 м/с. Второй вариант боры следует ожидать при больших значениях масштаба Лира, т.е. в ситуациях, когда сила ветра перед горами превышает 18 м/с. Значения V_b при увеличении масштаба Лира при этом растут примерно линейно и должны заметно превышать 24 м/с.

5. Изменения температуры воздуха при боре мало зависят от эффекта обтекания и, вероятно, определяются практически тем, насколько температура приходящей массы воздуха отлична от температуры вытесняемой массы.

6. Скорость порывов ветра при боре определяется энергией потока воздуха у подветренного склона гор и последующими процессами турбулизации атмосферы в приземном слое города и бухты. Эти процессы не моделировались, однако можно полагать, что при боре сила этих порывов всегда больше величины V_b - вероятно, в два и более раз.

Работа выполнена в рамках задания № 5.9533.2017/БЧ на выполнение проекта по теме «Исследование геоэкологии окружающей среды Северо-Западного Кавказа и особо охраняемых природных территорий» и при поддержке гранта РФФИ 17-55-40015 Абх_а «Климатические изменения интенсивности и повторяемости экстремальных гидрологических метеорологических явлений в прибрежной зоне Краснодарского края и Абхазии».

Список литературы

1. Кожевников В.Н. Обзор современного состояния теории мезомасштабных орографических неоднородностей поля вертикальных токов. Тр. ЦАО, вып. 98, стр. 3-40, 1970.
2. Atkinson B.W. Meso-scale atmospheric circulations. Academic Press, London-New York-Toronto-Sidney-San Francisco. 1981.
3. Кожевников В.Н. Возмущения атмосферы при обтекании гор. Москва, "Научный Мир", 160 стр. с илл., 1999.
4. Берзегова Р.Б., Беданок М.К., Кожевников В.Н. Возмущения потока атмосферы при обтекании реальных гор среднего масштаба. В печати, 2017.
5. Кожевников В.Н., Беданок М.К. Нелинейная многослойная модель обтекания неровности произвольной формы. Изв.РАН, ФАО, т.29, №6, стр.780-792, 1993.
6. Кожевников В.Н., Беданок М.К. Волновые возмущения над горами Крыма. Теория и наблюдения. Изв. РАН, ФАО, том 34, №4, стр. 546 - 556, 1998.
7. Luga G. Theorie der stationaren Leewellenstromung in freien Atmosphere. Z. angew. Math. und Mech., 23, N. 1, 1943.
8. Кожевников В.Н., Бибилова Т.Н., Журба Е.В. Орографические возмущения атмосферы над Северным Уралом. Изв.АН СССР, ФАО, т.8, №5, стр.451-461, 1977.
9. Кожевников В.Н., Бибилова Т.Н., Журба Е.В. Орографические волны, облака и роторы с горизонтальной осью над горами Крыма. Изв.АН. СССР, ФАО, т.22, No.7, стр. 682-690, 1986.
10. Еланский Н.Ф., Кожевников В.Н., Кузнецов Г.И., Волков Б.И. О влиянии орографических возмущений на перераспределение озона в атмосфере на примере обтекания Антарктического полуострова. Изв. РАН, ФАО, т. 39, №1, стр.105-120, 2003.
11. Кожевников В.Н., Еланский Н.Ф., Моисеенко К.Б. Вариации содержания озона и двуокси азота в поле орографических волн над Приполярным Уралом. ДАН РАН, 2017, сдана в печать.
12. Торопов П.А., Мысленков С.А., Самсонов Т.Е. Численное моделирование Новороссийской боры и связанного с ней ветрового волнения. Вестник Московского университета. Серия 5: География, № 2, стр. 38-46, 2013.
13. Ефимов В.В., Барабанов В.С. Моделирование Новороссийской боры. Метеорология и гидрология, т.38, № 3, стр. 171-176, 2013.
14. Шестакова А.А., Моисеенко К.Б., Торопов П.А. Гидродинамические аспекты эпизодов Новороссийской боры 2012-2013 гг. Изв. РАН, ФАО, т.51, № 4, стр. 1-13, 2015.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЧИВОСТИ ВОД БАЛТИЙСКОГО МОРЯ У БЕРЕГОВ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ ПО ДАННЫМ STD- ЗОНДИРОВАНИЙ И СПУТНИКОВЫМ АЛЬТИМЕТРИЧЕСКИМ ДАННЫМ

^{1,2}Е.С. Бубнова, ^{1,2}М.В. Капустина, ^{1,2}В.А. Кречик

¹ Балтийский федеральный университет им. И. Канта

² Атлантическое отделение ИО РАН им. П.П. Ширшова
Россия, г. Калининград

Акватория Балтийского моря достаточно хорошо изучена. Однако большинство обобщающих работ сосредоточено на ее открытой части. Вместе с тем за последние годы сотрудниками БФУ им. И. Канта и АО ИО РАН был накоплен большой массив STD-измерений у берегов Калининградской области, положенный в основу работы. Другим источником данных стали массивы альтиметрических измерений спутника

JASON-2 за период с 2009 по 2014 гг., а также данные мареографических измерений в Калининграде и Владиславове (Польша).

Целью ведущихся исследований вод Балтийского моря у берегов Калининградской области стало изучение изменчивости их термохалинной структуры и уровня.

Данные. На Балтийском мелководье в период с 2003 по 2015 гг. были выполнены инструментальные измерения с использованием современных зондов CTD90M, Idronaut 316, STD-2a и YSI 600XLM. Выбор архивов измерений спутника Jason-2 был обусловлен значительным временным интервалом его работы и высокой точностью определения положения уровня моря по вертикали в 1,7 см.

TS-структура прибрежных вод. Анализ массивов STD-зондирований в прибрежной зоне показал, что зимой в вертикальном распределении температуры наблюдается обратная термическая стратификация. Температура воды незначительно возрастает с глубиной, достигая максимальных значений (3°C) у дна. Весной повышение поверхностной температуры обуславливается начавшимся весенним прогревом. Максимальная температура поверхности за счет прогрева воды с поверхности наблюдается летом - до 20-22°C в конце июля – середине августа. Осенью поверхностное выхолаживание активизирует процессы осенне-зимней конвекции, постепенно формируя хорошо перемешанный квазиоднородный слой до глубин 30 м. В вертикальном распределении солёности вне зависимости от сезона халоклин располагается на глубинах ветрового перемешивания (5-15 м). Максимальные значения наблюдаются у дна, минимальные – у поверхности.

Температура поверхностного слоя воды в декабре находится в пределах 7-7,5°C, на глубине около 27 м различим термоклин, в придонном слое температура достигает 8,2°C. В октябре солёность растёт от 7,03 psu в поверхностном слое до 7,1 psu – в придонном, в ноябре - от 6,9 до 7,18 psu, в декабре солёность с глубиной меняется в промежутке 7,05 - 7,2 psu. В осенне-зимний сезон солёность поверхностного слоя несколько повышается вследствие сокращения речного стока. Пониженное значение солёности воды в ноябре связано с увеличением количества осадков.

Расчет индивидуального для каждого года линейных трендов внутригодовой изменчивости значений аномалий уровня прибрежных морских вод у берегов Калининградской области показал смену периодов роста / убывания значений аномалий уровня вод исследуемой акватории. Обнаруженная смена периодов роста/убывания не позволяет сделать какие-либо выводы о наличии тенденций или скрытой периодичности.

Анализ временного ряда изменчивости аномалий уровня прибрежных вод Балтики показал квази-периодический характер изменений аномалий уровня моря. Расчеты показали, что для зимнего периода характерны отрицательные значения аномалий уровня моря для всех исследуемых годов, кроме 2012 года. Весенний период также характеризуется депрессионными аномалиями уровня моря относительно среднего многолетнего уровня. Лето

– единственный сезон, во время которого аномалии уровня моря практически полностью имеют положительный характер, что может указывать на сезонную «пульсацию» уровня Юго-Восточной части Балтийского моря. Осенний период характеризуется самой высокой дисперсностью векторов распределения аномалии уровня моря: положительные аномалии наблюдались в 2011-2013 годах, в то время как для остальных годов аномалии являлись отрицательными.

Выводы. Выполненное исследование позволило уточнить внутригодовые диапазоны изменчивости полей температуры и солености на Балтийском мелководье. Выполненное сравнение полученных графиков показало сильную географическую дифференциацию результатов мареографических измерений уровня поверхности вод Балтики, что не позволило сделать обобщающий вывод о тенденциях изменчивости уровня в рассматриваемый период времени. Анализ межгодового хода аномалий уровня поверхности моря во временных рамках исследования (2009-2014 гг.) позволил предположить наличие долгопериодных колебаний изучаемого параметра.

МНОГОКЛЕТОЧНЫЕ ВОДОРОСЛИ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ В КАЧЕСТВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМОГО ИСТОЧНИКА БИОМИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

В.Ю. Бузько, Д.В. Кашаев, Г.Ю. Чуйко

buzkomnmr@mail.ru

Кубанский государственный университет, Россия, г. Краснодар

Известно, что бурые водоросли, широко распространенные на Кавказском и Крымском побережье Черного моря, являются эффективными аккумуляторами разных химических элементов из морской воды и субстратов на которых они произрастают. С целью анализа перспектив использования многоклеточных бурых водорослей восточной части Черного моря в качестве источников минерального сырья нами были изучено содержание интересующих химических элементов в образцах широко распространенной бурой водоросли.

Образцы бурой водоросли цистозейры бородатой (*Cystoseira barbata*) (фото) были собраны на каменистом побережье города Анапы в районе Высокого Берега. Пять образцов водоросли цистозейры бородатой общей массой около 2,5 кг были собраны на берегу в зоне прибрежной полосы, высушивались в тени на воздухе до постоянной массы, далее многократно квартовались, просеивались на ситах для устранения песка и каменной пыли, затем измельчались в гомогенизаторе и превращались в растворы для анализа в СВЧ-деминерализаторе. Полученные водные растворы изучались методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS) на содержание в них двух десятков интересующих химических элементов.



Колония бурой водоросли цистозейры бородатой

Для исследованных образцов полученные значения содержания химических элементов усреднялись (таблица), при этом вариация значений содержания определяемых химических элементов в разных образцах бурой водоросли цистозейры бородатой находилась на уровне около 2%.

Таблица. Содержание химических элементов в образцах сухой бурой водоросли цистозейры бородатой собранных на берегу в зимний период (кг/тонну)

Mg	Al	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Ni	Co
1.38	0.84	0.22	0.038	0.005	0.052	3.22	0.022	0.0014
Cu	Zn	As	Se	Sr	Cd	Pb	Br	I
0.023	0.024	0.073	0.009	0.20	0.001	0.004	0.22	9.61

Из данных приведенных в таблице можно видеть, что в изученных образцах бурой водоросли цистозейры бородатой наблюдается очень высокое содержание связанного йода, железа, магния и алюминия. Также обнаружены относительно высокие содержания титана и брома. По содержанию микроэлементов группы 3d-металлов слоевища бурой водоросли цистозейры бородатой потенциально пригодны для использования в качестве сельскохозяйственных удобрений, однако имеют значимое содержание токсичного свинца и кадмия.

Попытки биохимического сбраживания образцов бурой водоросли цистозейры бородатой до биоэтанола оказались малоуспешными. По данным высокоэффективной жидкостной хроматографии продуктами дрожжевого сбраживания слоевищ бурой водоросли цистозейры бородатой дикими расами дрожжей являются этанол, метанол, изопропанол, уксусная кислота в последовательно уменьшающихся количествах. Можно предполагать, что плотная структура слоевищ изученной водоросли, малое содержание сахаров и полисахаридов в ней, а также высокие уровни содержания йода, брома и тяжелых металлов не позволяют дрожжевым культурам эффективно осуществлять рост и не дают экономически оправданного выхода биоэтанола.

Нами были опробованы несколько экспериментальных методик выделения йода из образцов бурой водоросли цистозейры бородатой: выделение из золы после кучного сжигания слоевищ водорослей импрегнированных концентрированным раствором $\text{CaOCl}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3$, обработка слоевищ водорослей растворами хлорной извести и выделение йода экстракцией, обработка водорослей кипящими водными растворами на основе $\text{NaOH} - \text{Na}_2\text{CO}_3$ с выделением йода жидкостной экстракцией из растворов выщелачивания, озоление водорослей концентрированной серной кислотой в присутствии MnO_2 с последующей сорбцией йода на активированном угле.

Выделение йода из золы после кучного сжигания слоевищ бурой водоросли цистозейры бородатой практически оказывается высокоэнергосодержащим и нетехнологичным, однако позволяет практически выделять до 4,7 граммов йода из 1 кг водорослей. Обнаружено, что оба опробованных водно-экстракционных метода позволяют выделить только до 2,8 граммов йода из 1 кг водорослей. Метод мокрого озоления бурой водоросли цистозейры бородатой в системе $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{MnO}_2$ с использованием сорбции йода из растворов выщелачивания на активированном угле и последующей экстракцией йода в керосин практически прост и технологичен, однако практически позволяет выделять лишь только до 1,9 граммов йода из 1 кг перерабатываемых водорослей.

Таким образом, результаты проведенных исследований показали, что бурая водоросль цистозейра бородатая, широко встречающаяся на каменистых участках Черноморского побережья Северного Кавказа от Керченского пролива до территории Грузии, является потенциальным источником минерального сырья. Из нее можно относительно простыми процедурами эффективно выделять концентраты йода, а остатки минерализованных шламов можно использовать в качестве минерального сырья для производства ферросплавов, алюмо-магниевого или титановых сплавов.

СВОЙСТВА НАНОРАЗМЕРНОГО МАГНЕТИТА, ПОЛУЧАЕМОГО РАСТВОРНЫМИ МЕТОДАМИ

**В.Ю. Бузько, И.И. Шамрай, О.В. Коротких,
Р.В. Василиади, А.А. Шебзухов**

buzkomnmr@mail.ru

Кубанский государственный университет, Россия, г. Краснодар

Известно, что смешанный оксид железа или магнетит Fe_3O_4 является широко распространенным химическим соединением в природе, встречаясь в горных породах, гидротермальных жилах, почвах, бурых углях и сланцах, и живых организмах. Зачастую в природных объектах магнетит встречается в наноразмерном состоянии, поскольку синтезируется в ходе гидротермальных процессов или биохимически с помощью растений. Известно, что

структурные, магнитные и каталитические свойства наночастиц магнетита получаемого водными методами могут сильно отличаться.

Нами изучены свойства наноразмерных образцов магнетита получаемого методом осаждения аммиаком из водных растворов хлоридных и сульфатных солей Fe(II) и Fe(III) при нагревании от 60 до 100⁰С и значении рН от 9 до 10. Также рассматривалось влияние внешнего магнитного поля различной интенсивности и конфигурации на проявляемые магнитные свойства синтезированного Fe₃O₄. Согласно результатам проведенного микроструктурного анализа при упомянутых условиях образуются наночастицы магнетита размером от 15 до 25 нм. Обнаружено, что наночастицы магнетита с наибольшими магнитными характеристиками получают при температуре 80-90⁰С и диапазоне значений рН от 9 до 9,5.

Обнаружено, что влияние внешнего магнитного поля разной интенсивности и конфигурации приводит к изменению значения g-фактора для наноразмерных образцов Fe₃O₄ от 2,27 до 2,48. Ширина линии сигнала ФМР разных наноразмерных образцов Fe₃O₄ варьируется от 165 до 219 мТ. Магнитные характеристики разных наноразмерных образцов Fe₃O₄ меняются практически в 1,5 раза в зависимости от условий получения. Наилучшие магнитные характеристики показывают образцы наноразмерного Fe₃O₄ синтезированные при отсутствии внешнего магнитного поля. Однако самопроизвольное осаждение ультрадисперсного Fe₃O₄ требует длительного времени около суток, поэтому проверялась возможность магнитной сепарации наночастиц магнетита. Обнаружено, что использование малого кольцевого магнита типа Nd-Fe-B позволяет осаждать наноразмерный Fe₃O₄ без ухудшения его магнитных свойств.

Таким образом, проведенные эксперименты показывают возможность сильной вариации структурных и магнитных характеристик наноразмерного магнетита при вариации условий растворного гидроксидного синтеза и влиянии внешнего магнитного поля различной интенсивности и конфигурации.

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМОВ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ДАННЫХ

В.В. Бучацкая

buch_vic@mail.ru

Адыгейский государственный университет, Россия, г. Майкоп

В современной жизни человек постоянно сталкивается с необходимостью анализа совокупностей объектов. Будь то некие наблюдения, результаты опытов или характеристики реальных объектов. Полученные данные необходимо обработать и систематизировать. Особенно сложно это сделать, если исследователь не знает точно, на какие группы надо разбить объекты, сколько таких групп. В таком случае на помощь приходит кластерный анализ.

Кластерный анализ – это способ группировки многомерных объектов, основанный на представлении результатов отдельных наблюдений точками подходящего геометрического пространства с последующим выделением групп как «сгустков» этих точек (кластеров, таксонов). Данный метод исследования получил развитие в последние годы в связи с возможностью компьютерной обработки больших объемов данных. Кластерный анализ предполагает выделение компактных, удаленных друг от друга групп объектов, отыскивает «естественное» разбиение совокупности на области скопления объектов [3].

В настоящее время кластерный анализ применяется во многих сферах деятельности человека: в маркетинге, менеджменте, медицине, социологии, информатике и других. Преимущество данного метода заключается в том, что он работает даже тогда, когда данных мало или не выполняются требования нормальности распределений случайных величин и другие требования классических методов статистического анализа [6].

Программная реализация алгоритмов кластерного анализа на сегодняшний день разнообразна. Большинство статистических пакетов предоставляют такую возможность. Однако, для работы в таких пакетах необходимо иметь специальные знания в области информационных технологий и анализа данных.

Таким образом, возникает необходимость разработки приложения, которое реализует алгоритмы кластерного анализа и предоставляет их результаты в наглядном виде, но при этом не требует от пользователя специальных знаний и имеет понятный интерфейс. В частности, наличие web-интерфейса сделает его максимально доступным для пользователей.

Кластерный анализ (англ. cluster analysis) представляет собой многомерную статистическую процедуру, выполняющую сбор данных, содержащих информацию о выборке объектов, и затем упорядочивающую объекты в сравнительно однородные группы. Задача кластеризации относится к статистической обработке, а также к широкому классу задач обучения без учителя. Спектр применений кластерного анализа очень широк: его используют в археологии, медицине, психологии, химии, биологии, государственном управлении, филологии, антропологии, маркетинге, социологии и других дисциплинах.

В зависимости от специфики предметной области исходная информация, описывающая состояние исследуемых наборов объектов, имеет различные характеристики. В связи с этим выделяют следующие основные типы входных данных

1) признаковое описание объектов; каждый объект описывается набором своих характеристик, называемых признаками, признаки могут быть числовыми или нечисловыми;

2) матрица расстояний между объектами; каждый объект описывается расстояниями до всех остальных объектов обучающей выборки. Матрица расстояний может быть вычислена по матрице признаковых

описаний объектов бесконечным числом способов, в зависимости от того, как ввести функцию расстояния (метрику) между признаковыми описаниями. Обычно используется евклидова метрика, однако этот выбор в большинстве случаев обусловлен лишь соображениями удобства и привычки [8].

Формальная постановка задачи кластеризации следующая. Пусть X — множество объектов, Y — множество номеров (имён, меток) кластеров. Задана функция расстояния между объектами $\rho(x, x')$. Имеется конечная обучающая выборка объектов $X^m = \{x_1, \dots, x_m\} \subset X$. Требуется разбить выборку на непересекающиеся подмножества, называемые кластерами, так, чтобы каждый кластер состоял из объектов, близких по метрике ρ , а объекты разных кластеров существенно отличались. При этом каждому объекту $x_i \in X^m$ приписывается номер кластера y_i .

Алгоритм кластеризации — это функция $a: X \rightarrow Y$, которая любому объекту $x \in X$ ставит в соответствие номер кластера $y \in Y$. Множество Y в некоторых случаях известно заранее, однако чаще ставится задача определить оптимальное число кластеров, с точки зрения того или иного критерия качества кластеризации [3].

Кластеризация (обучение без учителя) отличается от классификации (обучения с учителем) тем, что метки исходных объектов y_i изначально не заданы, и даже может быть неизвестно само множество Y . Решение задачи кластеризации принципиально неоднозначно, и тому есть несколько причин:

- не существует однозначно наилучшего критерия качества кластеризации; известен целый ряд эвристических критериев, а также ряд алгоритмов, не имеющих чётко выраженного критерия, но осуществляющих достаточно разумную кластеризацию «по построению», причем все они могут давать разные результаты;

- число кластеров, как правило, неизвестно заранее и устанавливается в соответствии с некоторым субъективным критерием;

- результат кластеризации существенно зависит от метрики, выбор которой, как правило, также субъективен и определяется экспертом.

Выбор метрики, числа кластеров и многих других параметров осуществляется с учетом особенностей выбранного метода кластеризации [8].

Рассмотрим наиболее общую классификацию методов кластеризации с целью выделения наиболее распространенных алгоритмов (рис. 1).

По способу обработки данных алгоритмы кластеризации разделяются на иерархические и неиерархические. Иерархические методы выполняют построение дерева зависимостей и по принципу работы делятся на агломеративные и дивизимные [6]. Агломеративные методы характеризуются последовательным объединением исходных элементов и соответствующим уменьшением числа кластеров. В начале работы алгоритма все объекты являются отдельными кластерами. На первом шаге наиболее похожие объекты объединяются в кластер. На последующих шагах объединение

продолжается до тех пор, пока все объекты не будут составлять один кластер. Типичные представители: CURE, ROCK, CHAMELEON и т.д.

Дивизимные методы противоположны агломеративным и характеризуются последовательным разделением исходного кластера, состоящего из всех объектов, и соответствующим увеличением числа кластеров. В начале работы алгоритма все объекты принадлежат одному кластеру, который на последующих шагах делится на меньшие кластеры, в результате образуется последовательность расщепляющих групп. Типичные представители этой группы алгоритмы BIRCH, MST и т.д.

Существует около 100 разных алгоритмов кластеризации, большая часть из которых является в той или иной степени модификацией нескольких основных методов. Яркими представителями подобных «корневых» алгоритмов являются k-средних и агломеративный иерархический. Существуют различные модификации этих алгоритмов, направленные на оптимизацию времени их работы или необходимые в силу специфики области применения [6]. Остановимся на рассмотрении и реализации этих алгоритмов в их первоначальном виде.



Рис. 1. Классификация методов кластерного анализа.

Общая идея алгоритмов k-means заключается в минимизации расстояний между объектами в кластерах. Остановка алгоритма происходит, когда минимизировать расстояния больше уже невозможно. На момент старта алгоритма должно быть известно число K (количество кластеров). Выбор числа K может базироваться на результатах предшествующих исследований, теоретических соображениях или интуиции [3].



Рис. 2. Схема работы алгоритма k-means

Описание работы алгоритма, схематично представленного на рис. 2.

Шаг 1. Первоначальное распределение объектов по кластерам. Выбираются K точек. На первом шаге эти точки считаются центрами кластеров - центроидами. Выбор начальных центроидов может осуществляться следующим образом:

- путем подбора наблюдений для максимизации начального расстояния;
- случайным выбором наблюдений;
- выбором первых наблюдений.

Шаг 2. Итеративное перераспределение объектов по кластерам. Объекты распределяются по кластерам путем подсчета расстояния от объекта до центров кластеров и выбора наименьшего. Существует множество различных формул для расчета расстояния между объектами, однако самым распространенным является Евклидово расстояние, которое вычисляется по формуле:

$$p(x, y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2} \quad (1)$$

где n -размерность пространства, x и y – рассматриваемые объекты, а x_i и y_i - i -ые координаты объектов.

Результатом данного этапа является сформированный набор объектов, каждый из которых принадлежит одному из центроидов.

Шаг 3. Когда все объекты распределены по кластерам, заново считаются их центры. Каждая координата центроида является средним арифметическим соответствующих координат принадлежащих ему объектов.

Шаг 4. Если новые и старые координаты центров совпадают, то это означает, что кластерные центры стабилизировались и соответственно распределение закончено. Иначе переходим к шагу 1. Алгоритм не может

выполняться бесконечно, так как число разбиений конечного множества конечно [3].

Наиболее сложным процессом является выбор числа кластеров. В случае, если исходных требований нет, обычно делают несколько попыток, сравнивая результаты (скажем, сначала 2, потом 3 и т.д.).

Преимуществами алгоритма k -средних являются простота использования, скорость работы, понятность и прозрачность алгоритма.

Однако, он имеет и существенный недостаток: алгоритм слишком чувствителен к выбросам, которые могут исказить среднее.

После получения результатов кластерного анализа методом k -средних следует проверить правильность кластеризации (т.е. оценить, насколько кластеры отличаются друг от друга). При хорошей кластеризации должны быть получены сильно отличающиеся средние для всех измерений или хотя бы большей их части. В качестве оценки качества кластеризации методом k -средних могут служить коэффициенты межкластерного и внутрикластерного расстояния, а также их частное.

Коэффициент среднего межкластерного расстояния F_0 вычисляется по формуле:

$$F_0 = \frac{1}{\sum_{\substack{t,k=1 \\ t < k}}^M N_k N_t} \sum_{k < t=1}^M \sum_{j=1}^{N_t} \sum_{i=1}^{N_k} S(x_i^k; x_j^t) \quad (2)$$

где M – количество кластеров, N_k – количество элементов в k -ом кластере, $S(x; y)$ – функция расстояния между объектами в выбранной метрике, – i -ый объект k -го кластера. Он показывает насколько далеко в среднем находятся элементы разных кластеров друг от друга и представляет собой частное суммарного попарного расстояния между объектами и общим количеством пар.

Коэффициент среднего внутрикластерного расстояния F_1 вычисляется по формуле:

$$F_1 = \sum_{k=1}^M \frac{2}{N_k(N_k - 1)} \sum_{k=1}^M \sum_{\substack{i,j=1 \\ i < j}}^{N_k} S(x_i^k; x_j^k) \quad (3)$$

где N_k – количество элементов k -го кластера, M – количество кластеров, $S(x; y)$ – функция расстояния между объектами в выбранной метрике, – j -ый объект k -го кластера. Он показывает среднее расстояние между объектами внутри каждого отдельно взятого кластера и представляет собой частное суммарного попарного расстояния между объектами и общим количеством пар, но уже внутри кластера.

Качество кластеризации тем выше, чем больше первый коэффициент и чем меньше второй. Для удобства можно оценить их частное, разделив коэффициент межкластерного расстояния на коэффициент

внутрикластерного расстояния [8]. Тогда результат кластерного анализа считается тем лучше, чем больше полученное частное.

Другим очень популярным «корневым» алгоритмом является иерархический агломеративный метод кластеризации данных. Как уже было сказано выше, иерархические алгоритмы делятся на агломеративные и дивизимные. Агломеративные алгоритмы - это алгоритмы, которые начинают свое выполнение с того, что каждый объект заносит в свой собственный кластер и по мере выполнения объединяют кластеры, до тех пор, пока в конце не получает один кластер, включающий в себя все объекты набора [6]. Дивизимные алгоритмы, напротив, сначала относят все объекты в один кластер и затем разделяют этот кластер до тех пор, пока каждый объект не окажется в своем собственном кластере.



Рис. 3. Схема работы иерархического агломеративного алгоритма.

Результат работы иерархического алгоритма представляется в виде дендрограммы - схемы, показывающей, в какой последовательности происходило слияние объектов в кластер или разделение объектов на кластеры.

Достаточно ярким примером иерархического агломеративного алгоритма является алгоритм "соседей". Это алгоритмы ближнего, дальнего и среднего соседей. Он объединяет кластеры, исходя из расстояния между ближайшими, наиболее удаленными или центральными объектами кластеров.

Рассмотрим схему выполнения алгоритма ближайшего соседа, представленную на рис. 3.

1. Составление матрицы попарных расстояний между объектами. Каждый объект считается отдельным кластером.
2. Нахождение в матрице наименьшего элемента (то есть наименьшего расстояния между соседями). Расстояние может вычисляться по-разному, в зависимости от выбранной метрики. Самым популярным также является Евклидово расстояние или его квадрат.

3. Объединение кластеров, в которые входят объекты, имеющие наименьшее расстояние.

4. Проверка: сколько осталось кластеров. Если один, то завершить алгоритм. Если два и более, то перейти к шагу 1.

Результаты выполнения этого алгоритма хорошо представимы в виде дендрограммы, а кластеры на каждом из этапов его выполнения несложно получить путем проведения линии, перпендикулярной направлению распространения этой дендрограммы.

Программная реализация рассмотренных алгоритмов может быть выполнена с использованием разнообразных инструментальных средств. Однако, выбор технологии реализации сам по себе не очевиден и является отдельной задачей.

В качестве основного средства разработки программного приложения был выбран язык программирования Python 3.3. Такое решение было обусловлено рядом причин, который включает в себя достоинства и перспективы непосредственно языка. Вот некоторые из них:

- язык Python прост в изучении, позволяет решать сложные задачи, в том числе вычислительные;

- имеется в наличие большое количество подключаемых к программе модулей, обеспечивающих различные дополнительные возможности [2]. Такие модули пишутся на C и на самом Python и могут быть разработаны всеми достаточно квалифицированными программистами. Более того практически любая написанная на Python программа может стать модулем для более сложного проекта, что позволяет упростить разработку приложения;

- интерпретатор Python реализован практически на всех платформах и операционных системах;

- простота программного кода;

- удобочитаемый синтаксис;

- встроенные структуры данных, словари, кортежи, которые позволяют эффективно работать с различными наборами данных.

Таким образом, выбранный язык программирования Python обладает широким набором мощных библиотек для решения достаточно сложных математических задач, имеет возможности для визуализации (построение графиков, схем) а также имеет свой собственный фреймворк Django, который существенно упрощает разработку Web-приложений.

В основе логики работы данного приложения лежит MTV подход (рис. 4). Основные файлы, обеспечивающие работу данного приложения, условно разбиты на 3 блока: Model, Template, View.

Блок Model. К нему относится стандартный файл `models.py`, который автоматически создается в любом Django-проекте, а также файл `k_means_app.py`, в котором прописаны все основные процедуры для процесса кластеризации данных. Именно в этом блоке происходит обработка данных и возвращение результатов работы в блок View.

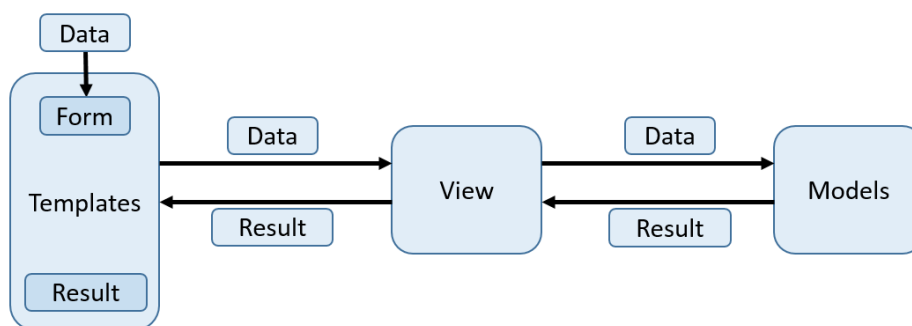


Рис. 4. Структура модели MVT

Блок View. Состоит из единственного стандартного файла `views.py`, в котором описан алгоритм выполнения действий, необходимых для загрузки данных, рендера шаблонов пользовательского интерфейса, представления результатов работы программы.

Блок Template. Состоит из нескольких файлов, которые являются шаблонами в терминологии Django и представляют собой несколько модифицированные html документы – `main.html` и `some_template.html`. Первый служит для отображения начальной страницы, на которой представлены некоторые общие сведения о кластеризации, форма для ввода данных, а также требования к ним. Второй же необходим для отображения результатов работы алгоритмов.

В качестве входных данных для алгоритмов выступает двумерный массив из n записей, содержащий в себе пользовательские данные. Он передается в процедуры из блока Views, где он был получен из пользовательского Excel – файла.

Для запуска алгоритмов кластерного анализа необходимо запустить приложение в браузере, выбрать Excel-файл с исходными данными, определить количество кластеров для алгоритма k -средних в соответствующем поле ввода и нажать кнопку «Загрузить». Произойдет запуск алгоритма, после чего посетителя перенаправит на страницу с итогами. Первое изображение на данной странице представляет из себя дендограмму – результат работы иерархического агломеративного алгоритма. Данное изображение имеет один существенный недостаток – чем больше объектов были выбраны для анализа, тем менее читаемая схема получается на выходе. Эта проблема может быть решена в дальнейшем специальным форматным выводом дендограммы. В данном примере иерархическая кластеризация пятидесяти объектов предоставляет в результате приемлемое изображение.

Результат работы иерархической кластеризации может быть использован различными способами. Иногда есть необходимость построения последовательности «включения» объектов в общую массу. Когда такой необходимости нет и требуется только разбить объекты на несколько однородных групп, иерархический кластерный анализ может помочь выдвинуть предположение о количестве групп для алгоритма k -средних, если оно не было поставлено заранее

Необходимо отметить, что данное приложение никак не связано с какой-либо конкретной предметной областью. Основным требованием к входным данным является их четко определенная структура. Следовательно, приложение может быть использовано в любых сферах деятельности, где необходимо использование кластерного анализа [9].

Приложение позволяет проводить кластерный анализ больших массивов данных без использования крупных пакетов анализа данных, которые кроме высоких требований к специальным знаниям, также обладают достаточно серьезной стоимостью. Реализованное приложение предоставляет сервис для кластеризации на бесплатной основе в web-интерфейсе и может быть использовано не специалистами в области информационных технологий.

Реализованное приложение имеет массу возможностей для расширения, начиная от увеличения размерности входных данных, заканчивая добавлением новых алгоритмов как кластеризации, так и вообще анализа данных. Средства языка Python в связке с фреймворком Django позволяют производить подобную модернизацию.

Список литературы

1. Лутц, Марк. Изучаем Python / М. Лутц. – М. : O'Reilly Media, 2013. – 430 с.
2. Маккинни, Уэс. Python и анализ данных / У. Маккинни. – М.: ДМК Пресс, 2015. – 482 с.
3. Мандель, И. Д. Кластерный анализ / И. Д. Мандель. – М.: Финансы и статистика, 2009. – 176 с.
4. Николай, Прохоренок. Python 3 и PyQt. Разработка приложений / Прохоренок. Николай. – Петербург: БХВ, 2012. – 378 с.
5. Саммерфилд, Марк. Python на практике / М. Саммерфилд. – М.: ДМК Пресс, 2014. – 338 с.
6. Кластерный анализ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.statlab.kubsu.ru/sites/project_bank/, свободный. – Загл. с экрана.
7. Научная графика в Python. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pythonworld.ru/novosti-mira-python/scientific-graphics-in-python.html>, свободный. – Загл. с экрана.
8. Официальный сайт Python. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.python.org>, свободный. – Загл. с экрана.
9. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2016660108 Программный комплекс информационно-аналитического обеспечения технологий кластеризации («Клад 1.0») / В.В. Бучацкая, П.Ю. Бучацкий, К.А. Гушин.

ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ В ЭНЕРГОСИСТЕМЕ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ПОТРЕБИТЕЛЯ

П.Ю. Бучацкий, С.В. Теплоухов

butch_p99@mail.ru

Адыгейский государственный университет, Россия, г. Майкоп

Возобновляемые источники энергии все чаще привлекают к себе внимание как альтернатива традиционному энергоснабжению. Если потребитель имеет проблемы с подключением к линиям электропередач, например, по причине их удаленности, или желает обеспечить

энергонезависимость, то важно оценить имеющийся потенциал возобновляемых источников энергии (ВИЭ) с учетом территориальных особенностей потребителя. Для этого нужно определить возможную долю ВИЭ в энергосистеме. Доля ВИЭ – часть от общих потребностей потребителя, которая может быть получена от возобновляемых источников, описывается следующей формулой:

$$\eta = \frac{W_{\text{ВИЭ}}}{W_{\text{общ}}},$$

где $W_{\text{ВИЭ}}$ – мощность от возобновляемых источников энергии, $W_{\text{общ}}$ – общая потребляемая мощность индивидуального потребителя.

Для расчета общей потребляемой мощности электроэнергии для частного дома в сутки нужны сведения о мощности конечных потребителей электроэнергии - устройств. Результаты расчета конечной мощности представлены в таблице 1. В ней также указывается перечень устройств, их мощность, коэффициент спроса, который определяется экспертным путем и характеризует степени используемости данного устройства в системе.

Таблица 1. Пример таблицы электрической нагрузки

Наименование потребителя э/э	Установленная мощность, кВт	Коэффициент спроса, %	Конечная мощность, кВт
Эл. Плита	7	40	2,8
Холодильник	0,8	60	0,5
Стиральная машина	2	10	0,2
...			
Компьютер	0,6	40	0,24

График суточной нагрузки частного дома представлен на рисунке 1. Из данного графика можно определить среднюю, максимальную и минимальную нагрузки.

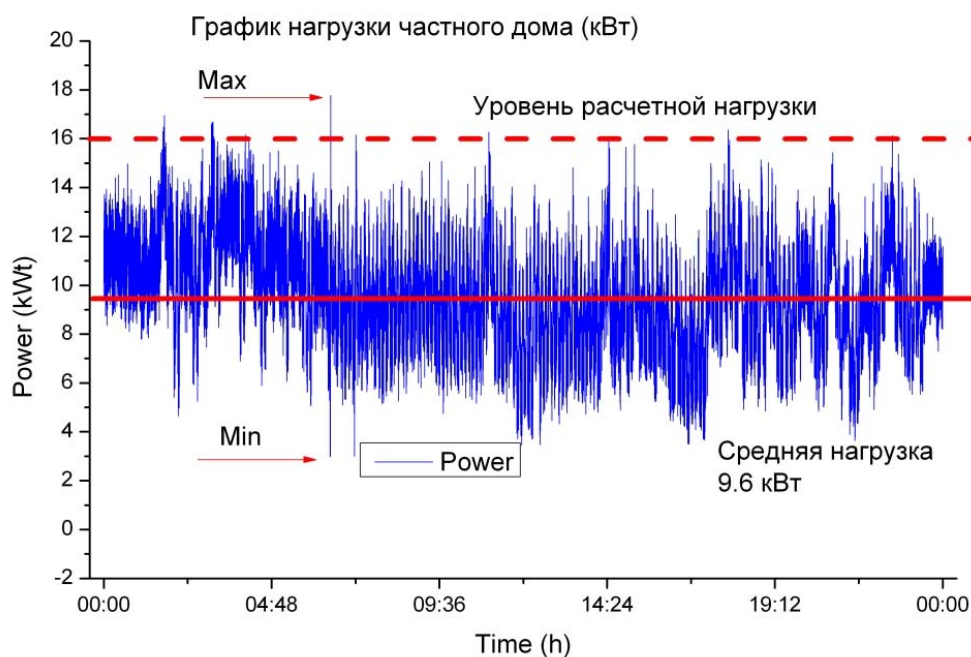


Рис. 1. График суточной нагрузки частного дома

Для дальнейших расчетов необходимо определить такие виды возобновляемых источников энергии, которые целесообразно применять в индивидуальной энергосистеме.

Существует огромное количество ВИЭ [1,2]: солнечная, ветровая, биоэнергия, приливная и волновая энергия, геотермальная.

Солнечная и ветровая энергии являются наиболее доступными для индивидуального потребителя по причине более низкой стоимости преобразователей по сравнению с остальными видами возобновляемой энергии.

Однако указанные виды источников очень сильно зависят от местоположения индивидуального потребителя, а именно:

- 1) широты и долготы;
- 2) высоты над уровнем моря;
- 3) средней скорости ветра в регионе;
- 4) рельефа участка;
- 5) облачности.

Для расчета энергии, полученной от ВИЭ с учетом данных особенностей, был разработан алгоритм, представленный на рисунке 2.



Рис. 2. Алгоритм расчета максимальной мощности, полученной на основе ВИЭ с учетом особенностей местоположения индивидуального потребителя

Для любой территории можно определить следующие характеристики возобновляемых источников энергии:

- 1) экспозиция и уклон – необходимы для расчета солнечной радиации, которая позволит оценить параметры солнечных преобразователей энергии;

2) средней скорости ветра в условиях конкретной территории, данный параметр используется для оценки ветроустановок.

Для получения данных используется ряд источников: открытые ресурсы и сервисы общего назначения, специализированные метеоресурсы и базы данных, региональные метеонаблюдения.

Результатом расчета является максимальное значение энергии, полученной от возобновляемых источников. На основании этого значения можно сформировать проект энергосистемы потребителя с привлечением ВИЭ.

Приведем пример типового проекта. В качестве основных элементов использованы ветроустановка и набор солнечных панелей (рис. 3).

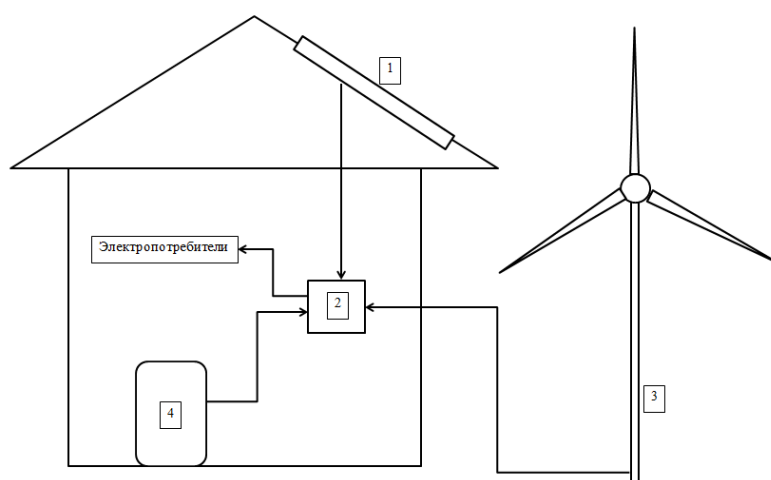


Рис. 3. Схема системы с ВИЭ: 1 - Солнечные батареи, 2 – Распределитель, 3 – Ветроустановка, 4 – Аккумулятор

На территории участка необходимо установить ветрогенератор на расстоянии 15 - 20 метров от дома. Ее средняя мощность составляет 2-3кВт. КПД такой установки составляет 46 – 48%. Минимальная сила ветра для ее функционирования должна составлять 4 метра в секунду.

Фотоэлектрические элементы можно установить на крыше дома. КПД таких установок составляет 15 – 20%. Масса солнечных батарей будет зависеть от площади крыши. Средняя мощность одной батареи – 1,5кВт, занимаемая площадь – 0,8 м².

Подобная система обеспечивает выработку 5-6 кВт. Таким образом, общая доля ВИЭ в энергосистеме составляет $\eta = \frac{5,5}{9,6} = 55\%$.

Рассчитанные значения позволят потребителю оценить затраты на подобную энергосистему, принять решение о целесообразности внедрения, определить возможные способы повышения энергоэффективности уже имеющейся системы.

Список литературы

1. Буцацкий П.Ю. Математическое моделирование НВИЭ как объекта системного исследования. Материалы Всероссийской научной конференции по проблемам управления в технических системах, г.Санкт-петербург, 2015. № 1. С. 60-62.

2. Симанков В.С. Атоматизация системных исследованийЖ монография. Техн. ун-т КубГТУ. Краснодар, 2002, 376с.

СПОСОБ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИСТОРИЧЕСКОЙ ДИНАМИКИ ИЕРАРХИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ПОЛЯ ТЕКТОНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ ТЕРРИТОРИИ

Т.П. Варшанина, В.Н. Коробков, В.В. Корецкий, З.А. Шехов

gic-info@yandex.ru

Адыгейский государственный университет, Россия, г. Майкоп

Воспроизведение исторической геодинамики территории необходимо как для последующего прогнозирования тектонических и сейсмических процессов, так и для изучения закономерности происхождения рельефа как поверхности формирующейся в результате интерференции космопланетарных взаимодействий.

Историческая динамика иерархической структуры поля тектонических напряжений модельной территории, с приближением достаточным для выявления её закономерности, воспроизводится в результате структурно подобного моделирования методом структурной маски энергетических географических полей [Варшанина, 2012].

В качестве структуроформирующего параметра рельефа, пространственная дифференциация которого соответствует структуре поля тектонических напряжений, предложен наибольший градиент мощности разностного слоя между смежными базисными поверхностями. Морфометрический метод построения базисных поверхностей, или поверхностей выравнивания последовательных этапов геологического времени, предложен В.П. Философовым [1978]. Положение серии базисных поверхностей, отображает историческую динамику вертикальных движений модельной территории.

Выделение исторических тектонических элементов модельной территории Адыгеи – тектонических блоков, линеаментов, тектонических узлов, производилось в результате оцифровки карт остаточного рельефа, построенных по методу В.П. Философова [1978]. По картам остаточного рельефа, отображающим мощность слоя от топографической до соответствующей базисной поверхности, выявляется историческая динамика формирования линеаментов, тектонических блоков и узлов модельной территории.

В Адыгее обеспечена возможность выявления динамики формирования тектонических элементов за период от плиоцена до четвертичного времени (за предшествующие пять миллионов лет) (рис. 1, 2, 3). Выявленные динамические процессы свидетельствуют о том, что в плиоцене на территории были сформированы все наиболее крупные линеаменты, сеть которых разрасталась за счёт последующего дробления блоков. На протяжении всего обозначенного интервала времени происходило опускание территории Закубанской равнины, формирование в её северной части обширных структур по облику похожих на линеаменты, перманентное дробление блоков возвышенной равнины и горной части.

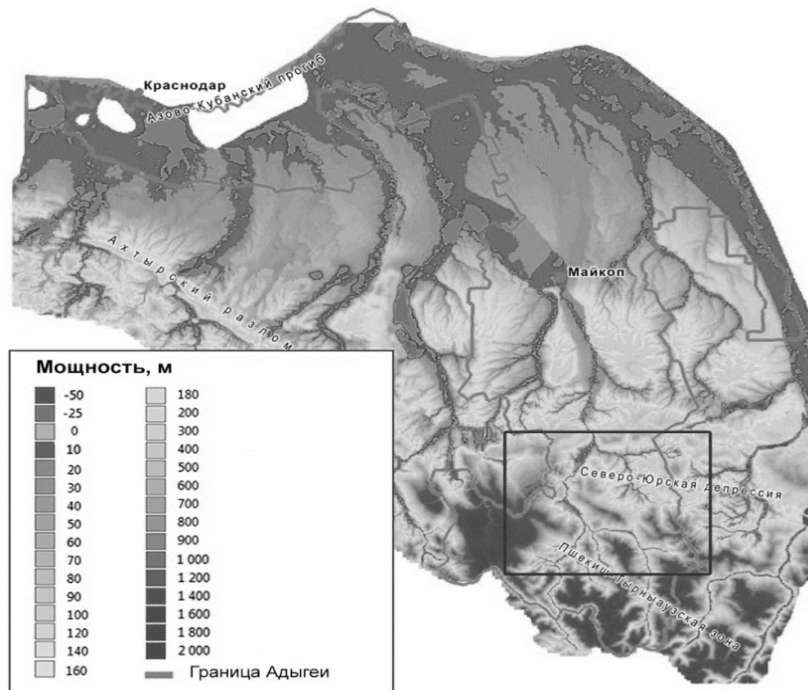


Рис. 1. Плиоцен. Остаточный рельеф относительно базисной поверхности четвертого порядка.

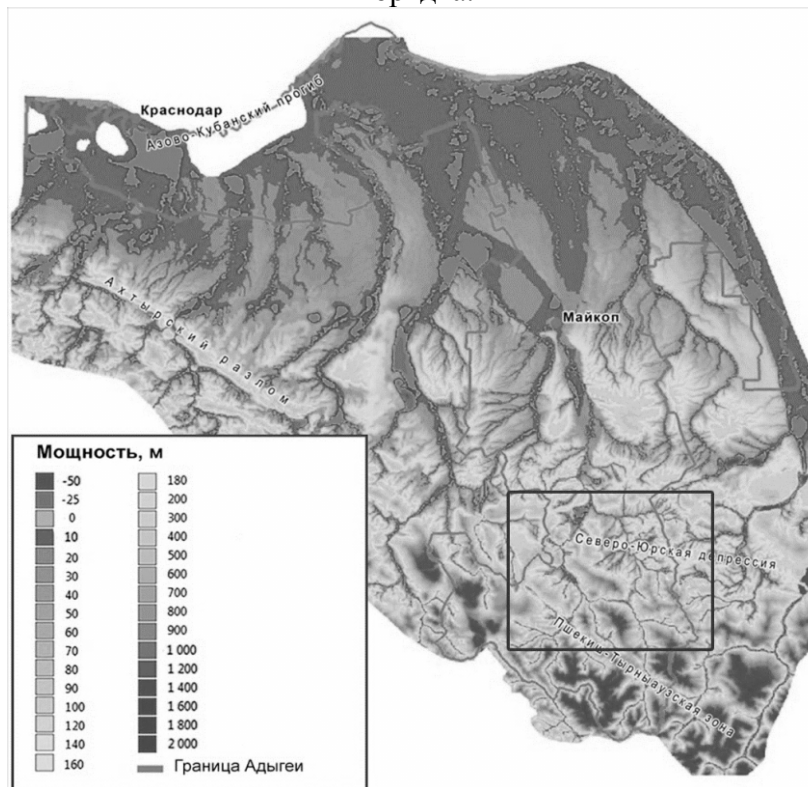


Рис. 2. Плиоцен-четвертичное время. Остаточный рельеф относительно базисной поверхности третьего порядка.

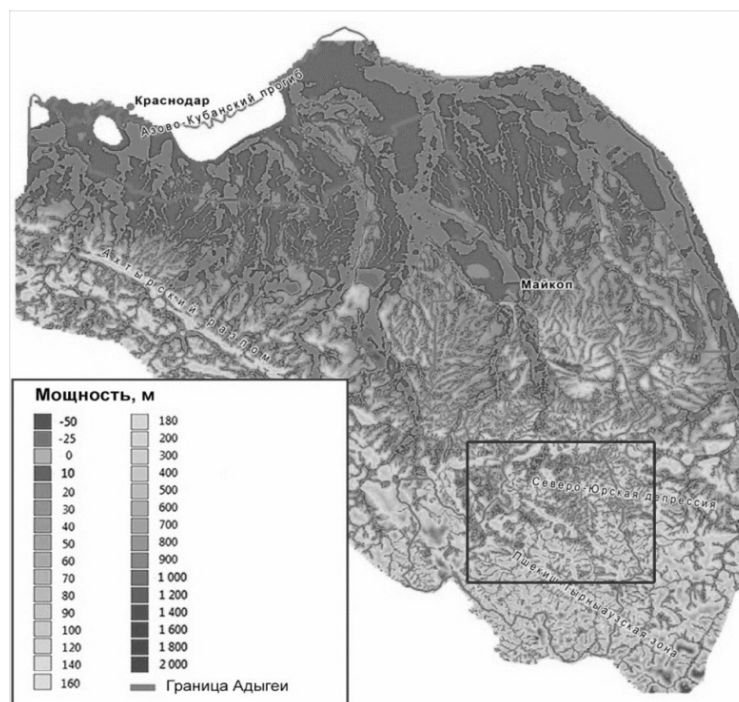


Рис. 3. Четвертичный период. Остаточный рельеф относительно базисной поверхности второго порядка.

Мощность разностного слоя между базисными поверхностями свидетельствует о том, на какое расстояние в поле тектонических напряжений поднялась или опустилась территория в каждой её точке за период между формированием смежных поверхностей выравнивания. Следовательно, поле наибольшего градиента мощности разностного слоя воссоздаёт структуру поля тектонических напряжений. Наибольший градиент мощности разностного слоя интегральный показатель, отображающий направление движения тектонических элементов земной коры (чем больше мощность разностного слоя, тем интенсивнее стеснённая деформация), относительную скорость движения тектонических блоков в реологических условиях геологической среды, тип тектонического взаимодействия (напряжения сжатия, растяжения, сдвига).

Вычисление наибольшего градиента мощности разностного слоя по узлам регулярной решётки с равномерным шагом позволяет воссоздать структуру континуального поля тектонических напряжений модельной территории, которое трактуется в качестве генерального поля тектонических напряжений.

Результирующий наибольший градиент мощности разностного слоя генерального поля тектонических напряжений, вычисленный от центра каждого тектонического блока, характеризует его относительную скорость и направление движения и, следовательно, соответствует структуре фонового поля эндогенной энергии, которое обуславливает движение тектонических блоков (рис. 4, 5, 6). Установлено, что в модельном регионе Республики Адыгея за пять миллионов лет сохраняется общий характер тектонических движений, о чём свидетельствует стабильное положение основных линеаментов, а также тренд снижения скоростей вертикальных движений. В

то же время направление и скорости движения каждого из блоков за плиоцен-четвертичное время претерпевают некоторую пульсацию (Варшанина и др. 2011).

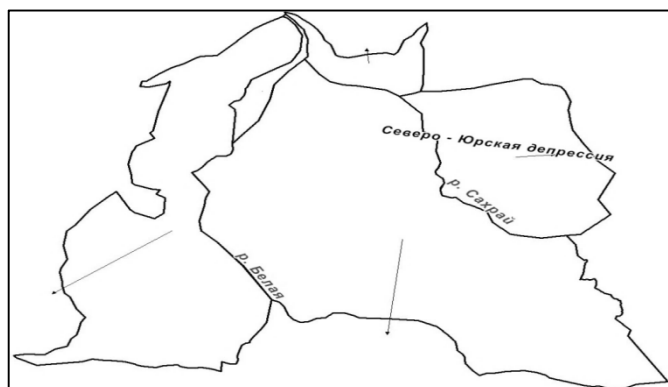


Рис. 4. Плиоцен. Фоновое поле тектонических напряжений (фрагмент среднегорной части Адыгеи).



Рис. 5. Плиоцен-четвертичное время. Фоновое поле тектонических напряжений (фрагмент среднегорной части Адыгеи).

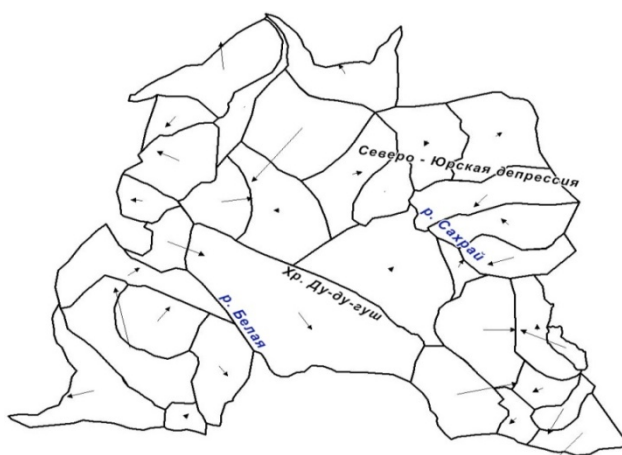


Рис.6. Четвертичный период. Фоновое поле тектонических напряжений (фрагмент среднегорной части Адыгеи).

Вычисленные результирующие значения наибольшего градиента мощности разностного слоя относительно узлов равномерной решётки в границах тектонических блоков выявляют в них структуру поля напряжений,

создаваемого в результате взаимодействия блоков, и трактуемую в качестве локального поля тектонических напряжений (рис. 7). Установлено, что соотношение величин фоновых и локальных скоростей зависит от характера тектонической обстановки (напряжение растяжения, стеснённой деформации, сдвига и т.д.).

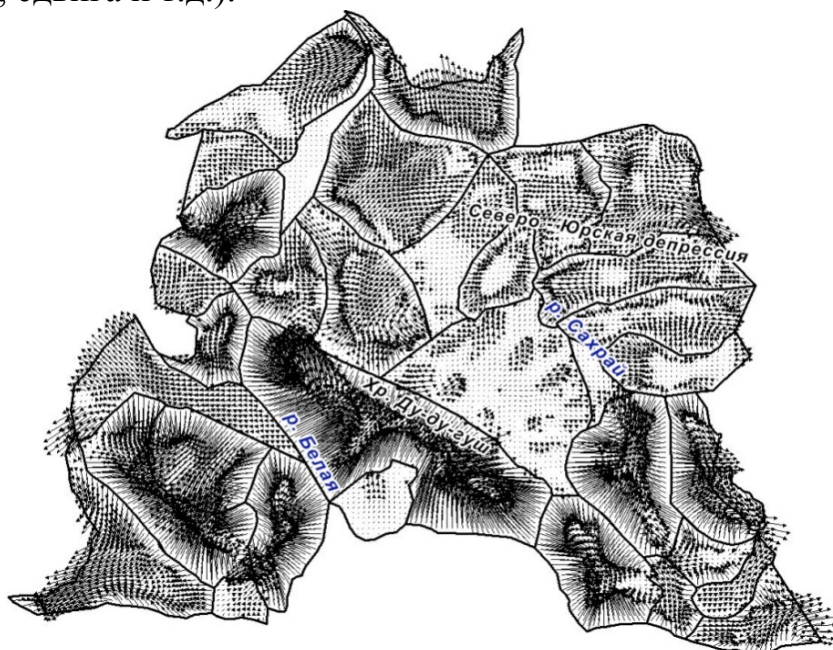


Рис. 7. Четвертичный период. Локальное поле тектонических напряжений (фрагмент среднегорной части Адыгеи).

Полученный массив параметров используется для разработки методов классификации тектонических обстановок и тектонического районирования территории.

Интерес представляет исследование закономерности параметров иерархической соподчинённости тектонических элементов различными методами иерархической кластеризации в пределах макроблоков, линейментов и тектонических узлов.

Тип и интенсивность тектонических обстановок классифицируются в результате исследования закономерности изменения пространства состояний параметров фоновых и локальных наибольших градиентов мощности разностного слоя их соотношения в тектонических элементах в направлении от Главного хребта Кавказа до Азово-Кубанского прогиба.

Итогом проведённых исследований будут матрица закономерности изменения пространства состояний параметров фоновых/локальных характеристик тектонических напряжений в тектонических объектах в направлении от Главного хребта Кавказа до Азово-Кубанского прогиба, картодиаграммы ранжирования тектонических объектов картограммы зонирования территории по типу и интенсивности тектонических обстановок.

Список литературы

1. Варшанина Т.П. Разработка хорошо структурированной модели геопространства на основе метода структурной маски энергетических геополей. Вестник Адыгейского

государственного университета. Серия "Естественно-математические и технические науки". Майкоп: Изд-во АГУ, 2012. Вып. 4(110), с. 176-179.

2. Философов В.П. Краткое руководство по морфометрическому методу поиска тектонических структур. Саратов: Изд-во Саратовского ун-та, 1960. 69 с.

3. Философов В.П. Основы морфометрического метода поисков тектонических структур / В.П. Философов. Саратов: СГУ, 1975. 232 с.

ГАРМОНИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ НА СФЕРЕ И КОСМОЛОГИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ КОСМИЧЕСКОЙ МИССИИ PLANCK

О.В. Верходанов

vo@sao.ru

Специальная астрофизическая обсерватория РАН

Россия, КЧР, Нижний Архыз

Аннотация. В обзоре рассмотрены основные направления применения методов гармонического анализа в космологических исследованиях. Приведены этапы обработки данных на полной сфере, включая разбиение сферы на площадки — пикселизацию, разделение компонент и построение спектра мощности. Рассмотрена проблема негауссовости с точки зрения фазового анализа. Обсуждаются последние космологические результаты, полученные в рамках описанных подходов, и стандартная космологическая модель.

1. Введение

Как только возникает задача изучения данных на сфере: при изучении поверхности Земли и других планет, Солнца и других звезд, атмосферы Земли и протяженного космического излучения, требуется переход к специализированным методам анализа. Среди них можно отметить методы, применяемые в пиксельном пространстве и включающие разбиение сферы на пиксели и математические алгоритмы, которые оперируют с данными, представленными в сферической системе координат, а также методы для работы в гармоническом пространстве, включающие гармонические преобразования на сфере, расчет угловых спектров мощности и фазовый анализ. О пиксельных методах мы рассказывали на прошлой конференции [1] и сейчас их лишь кратко упомянем. О вторых - расскажем подробнее, а также покажем, какие результаты можно получить, применив гармонический анализ к реликтовому излучению (или, по-другому, космическому микроволновому фону - CMB - Cosmic Microwave Background).

Как пиксельный, так гармонический анализ включаются в стандартную технологическую цепочку обработки данных. При космологических измерениях космических обсерваторий, наблюдающих микроволновый фон, выделяют несколько этапов:

- 1) регистрация временных рядов (TOD - time ordered data);
- 2) пикселизация данных CMB и подготовка многочастотных карт наблюдений;
- 3) разделение компонент сигнала с использованием данных наблюдений на различных длинах волн (см. например, [2-6]);

4) анализ статистики сигнала на карте CMB (см. например, [7-9], также большой обзор работ приведен в [10]);

5) гармонические преобразования «карта - сферические гармоники»,

6) получение углового спектра мощности $C(l)$ и его анализ,

7) оценка космологических параметров (см. например, [11,12]).

Для понимания физических процессов, реализуемых в окружающем мире, одним из наиболее важных факторов является полнота собранной информации. Поэтому многие наблюдательные эксперименты готовятся как раз с учетом покрытия полной сферы. Среди проведенных астрономических наблюдательных проектов отметим гамма-обсерваторию BATSE [13], рентгеновскую ROSAT [14], оптический обзор SDSS [15], инфракрасные обзоры IRAS [16] и 2MASS [17], радио 1.4 ГГц NVSS [18], радио 45 МГц [19], а также при исследовании нейтрино на антарктической установке объемом 1 кубический километр IceCube [20,21]) и изучения космических лучей на разнообразных специализированных установках.

Наиболее известные результаты, полученные при исследовании на полной сфере за последние 10 лет, связаны с наблюдениями космических обсерваториях по изучению космического микроволнового фона. Среди них особенно выделяются две космические миссии: NASA WMAP (<http://lambda.gsfc.nasa.gov>, (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe) [22,23] завершившаяся в 2010 г. И ESA Planck (<http://www.rssd.esa.int/Planck/>) [24] завершившаяся в 2013 г. На результатах последнего эксперимента Planck остановимся в конце обзора. А сейчас коснемся разбиения неба на пикселы.

2. Пикселизация

Выбор той или иной схемы пикселизации зависит от особенностей решаемой задачи. Введение обычной пикселизации, используемой на ПЗС-матрицах, с одинаковыми по размеру квадратными пикселями, является банальной задачей, и в предельном, применяемом лишь для визуализации, случае такое разбиение сферы также может быть использовано на сфере. При анализе пикселов в прямоугольной (цилиндрической) системе координат на "развернутой" небесной сфере необходимо учитывать проекционные искажения и изменение площади пикселя в зависимости от удаленности от экватора. Обзор существующих систем пикселизации уже обсуждался ранее [1] (см. также [25]). Отметим, что к настоящее время существует две системы пикселизации (HEALPix [26] и GLESP [27-29]), для которых имеется развитый программный код, позволяющий анализировать наблюдательные данные, в то время как число различных известных разбиений сферы на пикселы не меньше 6 (включая HTM, QSC, по икосаэдру, Igloo [1,25]).

2.1. Пикселизация HEALPix

Фактически первой схемой пикселизации, сопровождаемой развитым программным обеспечением, стала HEALPix (Hierarchical Equal Area isoLatitude Pixelisation, <http://healpix.jpl.nasa.gov>) - иерархическая сетка пикселизации с равными площадями и положениями пикселов одного ряда на одной широте [26].

На основе этих требований к сетке для анализа карт микроволнового фона на сфере было предложено разбиение (Рис.1).

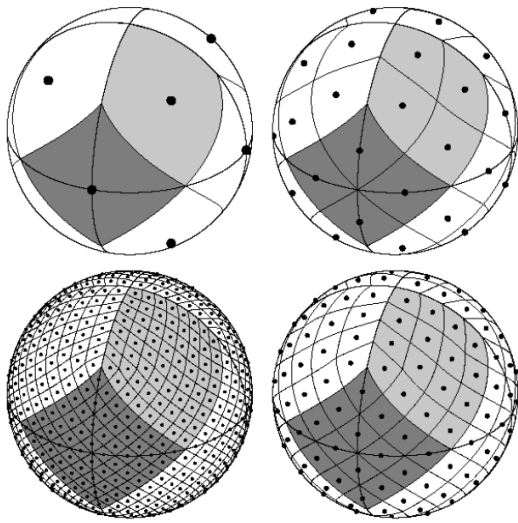


Рис.1. Ортографический вид разбиения HEALPix на сфере. Наложенные экваторы и меридианы иллюстрируют восьмигранную симметрию HEALPix. Самое низкое разрешение соответствует 12 базовым пикселям. Сфера иерархически мозаично разбита на криволинейные четырехугольники. Светло-серым цветом отмечен один из восьми (по четыре на юге и севере) идентичных полярных базовых пикселей. Темно-серым цветом показан один из четырех одинаковых экваториальных базовых пикселей. Разрешение мозаики возрастает при делении каждого пикселя на 4 новых. Рисунок демонстрирует (по часовой стрелке от положения сверху—слева к положению снизу-слева) увеличение разрешения

за три шага от базового уровня. Разрешение характеризуется параметром N_{side} (здесь равным 1, 2, 4, 8), который определяет полное число пикселей на $N_{pix} = 12N_{side}^2$, т.е. сфера в данном примере разбивается соответственно на 12, 48, 192, и 768 пикселей. Площади всех пикселей с выбранным разрешением одинаковые. Пиксели расположены на линиях постоянной широты, что важно для гармонического анализа с вычислением сферических гармоник. Рис. воспроизведен из работы [32].

2.2. Пикселизация GLESP

Другой тип разбиения неба, которой используется в данной работе, - это пикселизация GLESP [27], ориентированная прежде всего на разложение сигнала на сферические гармоники (см. также [25]).

Напомним, что коэффициенты разложения a_{lm} при сферических гармониках вычисляются с помощью стандартного преобразования карты представленной в сферических координатах:

$$\Delta T(\theta, \phi) = \sum_{\ell=2}^{\infty} \sum_{m=-\ell}^{m=\ell} a_{\ell m} Y_{\ell m}(\theta, \phi)$$

$$Y_{\ell m}(\theta, \phi) = \sqrt{\frac{(2\ell + 1)(\ell - m)!}{4\pi(\ell + m)!}} P_{\ell}^m(x) e^{im\phi}, \quad x = \cos \theta$$

где $\Delta T(x, \phi)$ — распределение анизотропии температуры на сфере, $Y_{\ell m}(x, \phi)$ — сферические гармоники (или мультиполи), $P_{\ell}^m(x)$ - присоединенные полиномы Лежандра, ℓ — номер сферической гармоники, m - номер моды мультиполя. Для непрерывной функции $\Delta T(x, \phi)$ коэффициенты разложения a_{lm} вычисляются следующим образом:

$$a_{\ell m} = \int_{-1}^1 dx \int_0^{2\pi} d\phi \Delta T(x, \phi) Y_{\ell m}^*(x, \phi),$$

где Y_{lm}^* обозначает комплексное сопряжение Y_{lm} .

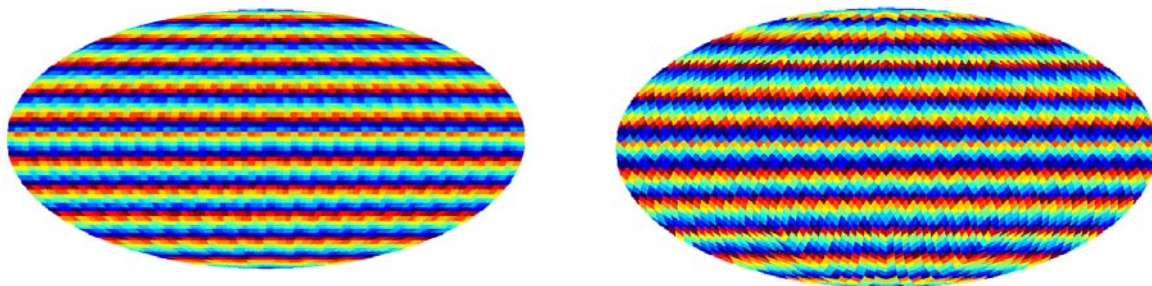


Рис.2. Два типа пикселизации на сфере: пиксели в молвейде-проекции HEALPix (слева) и GLESP (справа).

Схема пикселизации GLESP (Gauss-Legendre Sky Pixelization, <http://www.glesp.nbi.dk>) была предложена в 2003 г. и ориентируется прежде всего на гармонический анализ [34,35]. Для точного вычисления интеграла при расчете a_{lm} используется метод Гауссовых квадратур, а для узлов применяются положения нулей полиномов Лежандра (Рис.2). Применение подобного метода вычисления интеграла, основанного на квадратуре Гаусса, позволяет без итераций проводить расчеты, связанные с преобразованием сигнала, с точностью, ограниченной лишь машинным представлением плавающих чисел. Такое решение задачи гармонического разложения карт анизотропии температуры и поляризации является наиболее эффективным с точки зрения минимизации вычислительных ошибок по сравнению с другими имеющимися подходами.

Пакет GLESP имеет развитые набор процедур, включающий работа с гармониками, их амплитудами и фазами.

2. Гармоники.

Приведем здесь примеры разложения сигнала СМВ, наблюдаемого в космической миссии Planck, на мультиполи с представлением стандартных мод квадруполя ($l=2, m=0,1,2$) (рис.3) и октуполя ($l=3, m=0,1,2,3$) (рис.4).

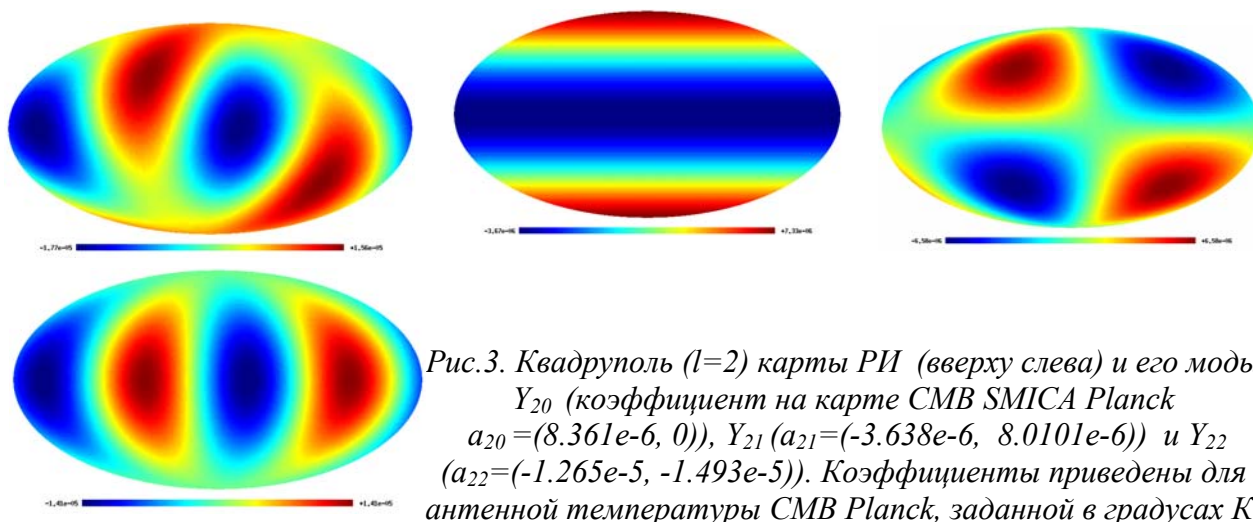


Рис.3. Квадруполь ($l=2$) карты РИ (вверху слева) и его моды Y_{20} (коэффициент на карте СМВ SMICA Planck $a_{20}=(8.361e-6, 0)$), Y_{21} ($a_{21}=(-3.638e-6, 8.0101e-6)$) и Y_{22} ($a_{22}=(-1.265e-5, -1.493e-5)$). Коэффициенты приведены для антенной температуры СМВ Planck, заданной в градусах К.

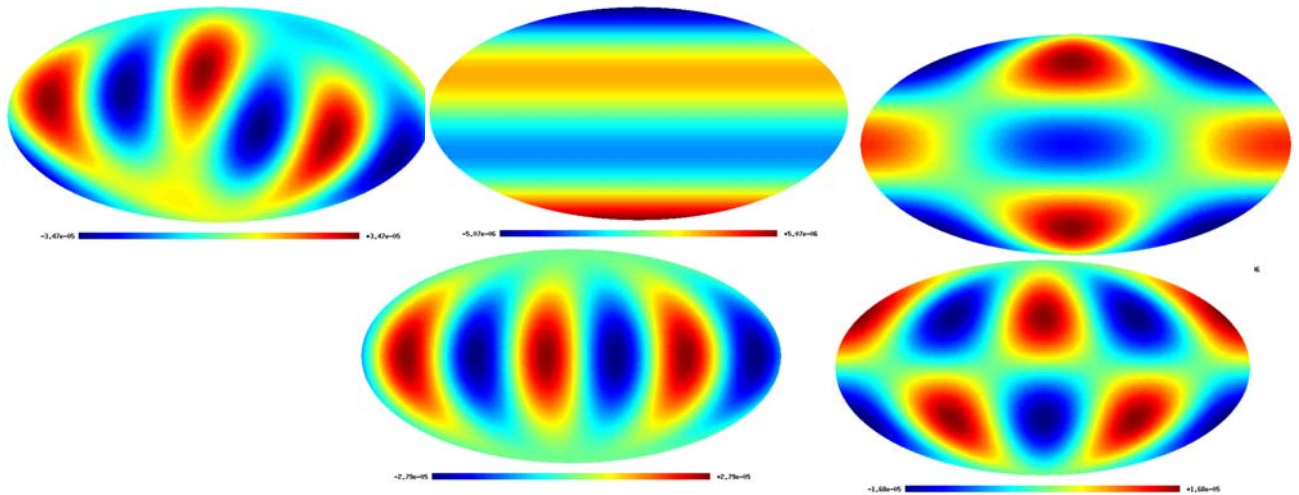


Рис.4. Октуполь ($l=3$) карты РИ Planck (вверху слева) и его моды (слева направо сверху вниз) Y_{30} (коэффициент на карте СМВ $a_{30}=(-6.261e-6, 0)$), Y_{31} ($a_{31}=(-8.912e-6, 8.715e-7)$), Y_{32} ($a_{32}=(2.172e-5, 1.196e-6)$), Y_{33} ($a_{33}=(-1.401e-5, 3.048e-5)$). Коэффициенты приведены для антенной температуры СМВ Planck, заданной в К.

3. Гармонический анализ

Существует несколько основных направлений применения гармонического анализа на полной сфере при анализе данных космического микроволнового фона. Отметим три из них. Это 1) разделение компонент: собственно выделение реликтового излучения из-под наложенных на него сигналов нашей Галактики и радиоисточников; 2) проверка на гауссовость сигнала СМВ, поиск негауссовости; 3) анализ мощности сигнала в гармониках, а именно исследование углового спектра мощности.

О разделении компонент уже говорилось раньше (см. [1]). Отметим, здесь что это очень важный этап, чувствительный к систематическим ошибкам и моделям фоновых компонент. Процедура разделения сигнала проводится как в пиксельном, так и в гармоническом пространствах и использует свойства сигнала реликтового фона. Вообще, измеряемый в эксперименте сигнал содержит, помимо реликтового излучения (РИ), вклады галактических фоновых компонент и галактических и внегалактических радиоисточников, что можно условно расписать как

$Сигнал = (РИ + галактические\ компоненты + источники) * ДН + Шум$,
где символ '*' обозначает операцию свертки, описывающую интегрирование под скользящим пересечением двух функций; галактические компоненты - сумма синхротронного, свободно-свободного излучения, излучения пыли и молекулярного газа, ДН - диаграмма направленности антенны радиотелескопа. При построении алгоритмов выделения реликтового фона из многочастотных данных, используют два свойства РИ: 1) независимость от частоты (признак излучения абсолютно черного тела), что отличает его от других фоновых компонент и 2) отсутствие корреляции со всеми фоновыми излучениями, как должно быть, так как РИ - случайный процесс. С учетом этих свойств и многочастотных наблюдений можно восстановить

распределение сигнала на всей небесной сфере. После разделения компонент выделяется карта космического микроволнового фонового излучения.

Проверка на негауссовость карты позволяет сделать выводы как о качестве результатов разделения компонент в случае привнесенной негауссовости, так и об особенностях физических процессов в первые мгновения Вселенной, если негауссовость является первичной. Покажем на примере, как можно использовать гармонический анализ при поиске негауссовости.

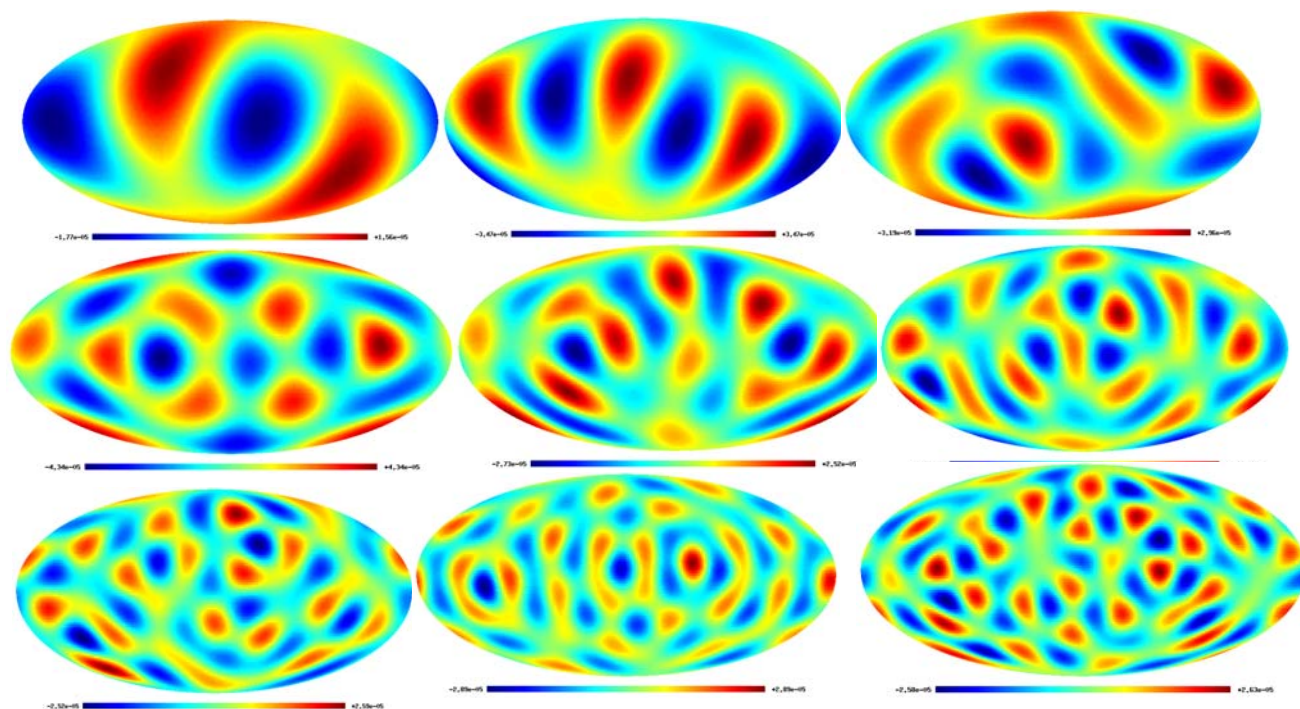


Рис.5. Мультиполи ($l=2,3,4,5,6,7,8,9,10$) карты СМВ Planck.

На Рис.5 приведены карты первых 10 мультиполей, начиная с квадруполя ($l=2$).

Фазовый анализ сигнала СМВ опирается на тот факт, что фигурирующие в формуле гармонического разложения мультипольные коэффициенты a_{lm} являются комплексными и могут быть представлены в виде

$$a_{lm} = |a_{lm}| \exp(i \phi_{lm}).$$

Здесь ϕ_{lm} - фаза гармоники (l, m). Однородные и изотропные гауссовы случайные поля имеют моды Фурье с независимыми распределениями вещественной и мнимой части. Поэтому если первичные неоднородности плотности являются однородным и изотропным гауссовым полем в пространстве, то они приводят к фазам ϕ_{lm} , независимо и равномерно распределенным в интервале $[0, 2\pi]$. Чтобы представить себе значимость фазового описания в повседневной жизни, покажем, что фаза гармоники содержит информацию о положении, форме и ориентации предмета (Рис.6).

Строгое определение однородного и изотропного гауссова случайного поля требует, чтобы амплитуда имела распределение Рэлея, а распределение

фазы было случайным. В то же время, центральная предельная теорема гарантирует, что суперпозиция большого числа Фурье-мод со случайной фазой будет гауссовой.



Рис.6. Пример проявления фаз в изображении. Слева: портрет Макса Планка (в Фурье представлении: $|\delta_k^{\text{Max}}|\exp(i\phi_k^{\text{Max}})$). Справа: изображение аппарата миссии Planck (в Фурье представлении: $|\delta_k^{\text{Sat}}|\exp(i\phi_k^{\text{Sat}})$). В центре: изображение, полученное обратным преобразованием Фурье $\text{FT}^{-1}[|\delta_k^{\text{Sat}}|\exp(i\phi_k^{\text{Max}})]$, где амплитуда берется из правого изображения, а фаза - из левого. Видно, что именно фазовые характеристики формируют изображение (в центре), воспринимаемое глазом (см. [30]).

Поэтому требование случайного и равномерного распределения фаз само по себе служит определением гауссовости. Если анализируемые данные негауссовы, то, как уже упоминалось, это может означать, что или какие-то механизмы в ранней Вселенной привели к негауссовым неоднородностям плотности, или имеются неучтенные систематические эффекты (см., например, обзор [10]).

Неоднородность распределения фаз на фазовой диаграмме для коэффициентов a_{lm} гармониках карт СМВ эксперимента WMAP, где фазе из комплексного представления гармонике соответствует один из 256 цветов, показана на Рис. 7. Благодаря фазовому подходу при анализе данных восстановленного СМВ миссии WMAP была впервые открыта негауссовость сигнала СМВ. Позднее было показано, что она вызвана коррелированными фоновыми компонентами нашей Галактики [7].

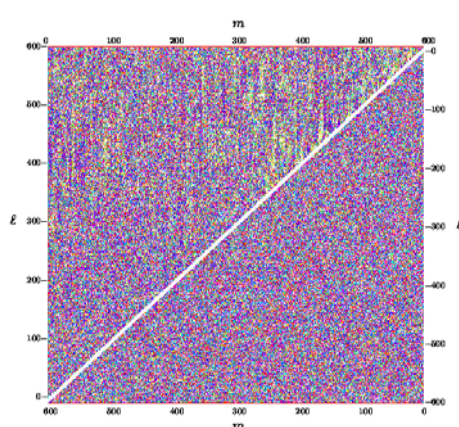


Рис.7. Цветовая фазовая диаграмма градиента фаз для карты СМВ миссии WMAP (верхний левый треугольник) и гауссовой карты (нижний правый). 256 цветов воспроизводят фазовые интервалы в диапазоне $[0; 2\pi]$ (при черно-белой печати отображаются оттенками серого), для которых фазы берутся из комплексного представления гармоник. По вертикальной оси отложены номера мультиполей l до $l=600$, по горизонтальной --- моды мультиполей m . Хотя фазовый градиент (между соседними модами) является наиболее примитивным, наблюдаемые ``грязные'' полосы на (сверху) указывают на сильную фазовую корреляцию мод соседних l при одинаковых m . Данные (снизу) демонстрируют видимое равномерное распределение фаз, соответствующее распределению фаз гармоник для случайных гауссовых полей. Из работы [7].

Отметим, что обнаруженная негауссовость данных является привнесенной при разделении компонент. Новые данные космической обсерватории Planck позволили более качественно удалить фоновые компонент и продемонстрировать, что верхняя граница на уровень первичной негауссовости, то есть связанной с физическими процессами в первые мгновения Вселенной очень мала и при анализе космологических параметров ею можно пренебречь.

Третье направление гармонического анализа, которого мы коснемся, - исследование амплитуд гармоник, а именно углового спектра мощности, показывающего распределение принимаемой энергии на сфере в зависимости от углового масштаба. Угловой спектр мощности фактически отражает дисперсию сигнала на осредненных по всему небу площадках, построенных с разным угловым разрешением. С другой стороны, спектр мощности реликтового излучения связан с распределением вещества на разных пространственных масштабах и отражает этапы (физику ранней Вселенной), зависящую от космологических параметров, и, значит, позволяет определить своевременную космологическую модель, описывающую глобальные свойства Вселенной.

Угловой спектр мощности $C(l)$ CMB вычисляется для сигнала реликтового излучения, очищенного от фона. Он рассчитывается по данным разложения карты на сферические гармоники с учетом их вклада в карту, описываемого коэффициентами a_{lm} . Спектр мощности определяется взвешенной суммой квадратов амплитуд мод гармоник для заданного номера l , описываемых коэффициентами a_{lm} . Как мы помним, эти коэффициенты вычисляются при разложении карт по мультиполям и показывают вклад гармоник в анализируемую карту.

Угловой спектр мощности $C(l)$ вычисляется по формуле

$$C(l) = \frac{1}{2l + 1} \left[|a_{l0}|^2 + 2 \sum_{m=1}^l |a_{lm}|^2 \right]$$

Здесь необходимо также сказать, что мы наблюдаем $C(l)$ на *нашем* небе. Если поместить наблюдателя в другую точку нашей Вселенной, $C(l)$ будет слегка отличаться. Настоящий спектр $C(l)$ можно оценить, осреднив данные всех наблюдателей, что аналогично осреднению по ансамблю допустимых Вселенных. Присутствие шума в наблюдательных данных также не дает возможности получить истинные значения коэффициентов a_{lm} при разложении по мультиполям. Но даже если бы у нас имелись идеальные данные, то для низких мультиполей l мы могли бы измерить только $(2l+1)$ мод. Это приводит к внутренним невязкам (разбросу значений) при определении спектра, называемым космической (лучше сказать, космологической) вариацией. Напомним, что форма спектра мощности обусловлена влиянием большого набора процессов на ранних этапах эволюции Вселенной, генерирующих анизотропию реликтового излучения в период рекомбинации водорода и связанных с возмущениями плотности,

скорости и метрики, эволюционирующих в режиме звуковых волн. Амплитуда возмущений реликтового излучения после рекомбинации модулируется звуковыми волнами в плазме на фазе до рекомбинации в точном соответствии с предсказанным А.Д. Сахаровым [31] эффектом барионных осцилляций. Характеристикой анизотропии РИ, обусловленной Сахаровскими осцилляциями, и является спектр мощности флуктуаций в пространстве мультиполей. Таким образом, условия формирования флуктуаций СМВ, а, следовательно, и определяющие их космологические параметры, «впечатаны» в спектр мощности этого излучения и фактически определили современное состояние

Вселенной. Для измерения космологических параметров, в первую очередь, необходимо построить карту РИ, и на основе вычищенных данных построить угловой спектр мощности. Основная карта РИ миссии Планка и соответствующий угловой спектр мощности $C(l)$ показаны на Рис.8.

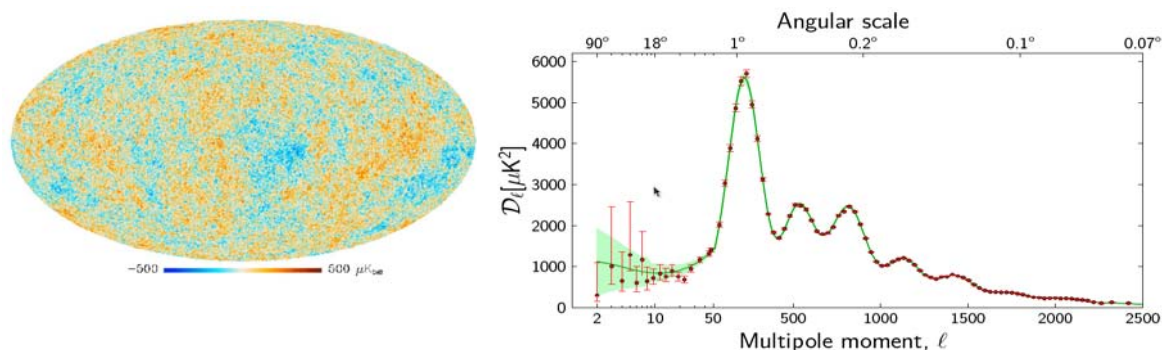


Рис. 8. Карта реликтового излучения по данным Планка (слева) и угловой спектр мощности (справа). Космическая вариация (или космическая неопределенность) в спектре мощности отмечена зеленым фоном.

4. Космология

Обсуждение основных космологических результатов, полученных космической миссией Planck, на основании анализа углового спектра мощности можно найти в обзоре [32]. В данной работе мы будем придерживаться краткого изложения, как это было сделано ранее в [1]. Для описания современной стандартной космологической модели применяется модель, описываемая шестью основными космологическими параметрами (так называемая модель Λ CDM — с доминирующими темной энергией, обозначаемой Λ -членом и холодной темной материей — CDM — Cold Dark Matter). Среди основных параметров этой модели - угловой размер горизонта на момент рекомбинации. Его величина оценивается по положению пиков в угловом спектре мощности (см. рис. 8), обозначается $100\theta_*$ и равна $1.04122^\circ \pm 0.00029^\circ$. Другой определяемый параметр - амплитуда первичных возмущений. Параметр обозначается A_s , а соответствующее принятое стандартное значение берется в виде натурального логарифма: $\ln(10^{10}A_s) = 3.064 \pm 0.023$. Следующий определяемый космологический параметр - скалярный спектральный индекс. В простейшем случае предполагается, что у первичных возмущений плотности разных размеров величина амплитуды одинаковая, но на самом деле имеется некоторый

наклон, который измеряется спектральным индексом $n_s=0.9677\pm 0.0040$. Еще два параметра - плотности барионной (видимой) и темной материи. Их значения берутся по отношению к критической плотности и равны соответственно $\Omega_b=0.049$ и $\Omega_{CDM}=0.259$, а их сумма - плотность материи $\Omega_m=0.308$. И, наконец, эпоха (время) вторичной ионизации, когда нейтральный газ во Вселенной стал ионизованным за счет ультрафиолетового излучения первых звезд и активных ядер галактик. Этой эпохе соответствует красное смещение $z_{re}=8.8$, что говорит о времени появления первых звезд в эпоху, когда Вселенной было 570 млн.лет. Вместо последнего параметра z_{re} в расчетах используют другую, но полностью соответствующую ему величину — оптическую толщину τ в эпоху реионизации (по данным Планка $\tau=0.066\pm 0.012$), которая характеризует уровень взаимодействия фотонов РИ и электронов. Чем больше оптическая толщина, тем сильнее "размазываются" флуктуации и амплитуда пиков в спектре мощности падает. Измеренные параметры позволяют зафиксировать космологическую модель и определить остальные параметры как с использованием только данных Планка, так и с применением данных других экспериментов в согласованных оценках. Среди остальных параметров отметим плотность темной энергии $\Omega_\Lambda=0.6911\pm 0.0062$, величина которой связана и с размером θ_* , и с прохождением фотонов РИ сквозь формирующиеся скопления галактик за космологическое время (где меняется энергия пролетающего фотона за счет эффект Сакса-Вольфа). Другим важным параметром является параметр расширения Хаббла в настоящую эпоху - постоянная Хаббла, равная по данным Планка $H_0=67.74\pm 0.46$ км/с/Мпк. С параметром Хаббла связан и возраст Вселенной $t_0=13.799\pm 0.021$ млрд лет, который в простейшем случае можно представить, если считать параметр Хаббла постоянной (а это не так) как обратную величину: $1/H_0$. Знание оптической толщины, которая определяет свойства среды и связана с плотностью материи, а также применение данных о гравитационном линзировании фиксирует дисперсию спектра мощности распределения вещества. Эта величина описывается параметром $\sigma_8=0.823\pm 0.018$, характеризующим сгущение материи в кубе радиусом 8 Мпк. Еще один параметр плотности - $\Omega_K=1-\Omega_0$, описывающий кривизну Вселенной, связан с суммарной плотностью всех компонент энергии Ω_0 , объединяющей Ω_Λ , Ω_{CDM} , Ω_b , плотности излучения и нейтрино, и с размером характерных пятен РИ на момент рекомбинации q_* . Используя только данные РИ, куда входят и измерения WMAP и учитывается линзирование, имеем оценку кривизны: $\Omega_K=0.0008\pm 0.0040$, а с учетом данных оптических обзоров - на порядок меньше. Это является признаком того, что наша Вселенная с высокой точностью плоская (т.е. сумма углов любого треугольника, построенного на больших масштабах равна 180°), что в свою очередь говорит в пользу теории инфляционного расширения. Отметим еще пять параметров, два из которых связаны с нейтрино. Обнаружение осцилляций солнечных нейтрино - признак того, что они имеют массу и соответственно влияют на процессы формирования крупномасштабной структуры, в которой

наблюдаются последствия барионных осцилляций, что проявляется и в распределении РИ. Но влияние нейтрино может быть компенсировано действием параметров Ω_Λ и, как следствие, H_0 . Это немного ограничивает применение методики, но все же позволяет получить оценку верхней границы суммарной массы разных типов нейтрино (обозначается как $\sum \nu_i$): только по данным РИ (включая WMAP) имеем $\sum \nu_i < 0.715$ эВ, а по данным РИ и крупномасштабной структуры - $\sum \nu_i < 0.194$ эВ. Кроме фотонов, плотность излучения Вселенной еще связывается с эффективным числом типов нейтрино (обозначается N_{eff}). Эта величина также, как и масса нейтрино, зависит от разнообразия используемых данных. По данным крупномасштабной структуры и РИ Планка получено значение $N_{\text{eff}}=3.04\pm 0.33$. Эта величина согласуется со стандартной величиной из данных по нуклеосинтезу Большого Взрыва, где $N_{\text{eff}}=3.046$. Дробность числа типов нейтрино не должна смущать, так как это лишь положение точки максимума на функции правдоподобия (при использовании нужно округлять). По данным РИ Planck определил также долю барионов в первичном гелии, равную $Y_p=0.249\pm 0.026$, наложил верхнюю границу на уровень возмущений пространства за счет гравитационных волн во время Большого Взрыва (это так называемое отношение тензорной моды возмущений к скалярной; без данных по поляризации Планка есть только верхняя граница $r_{0.002} < 0.113$, так что выводы о величине параметра делать рано), а также показал, что, если рассматривать темную энергию как динамическое поле (которое обозначается параметром w в уравнении состояния и называется квинтэссенцией), то данные Планка не демонстрируют факт его существования. В последнем случае — для динамического поля - параметр w должен отличаться от -1 , но пока его установленное значение равно $w=-1.0119\pm 0.080$.

Гармонический анализ является важной частью современных методов исследования. В области космологии он базируется на сферических гармониках и позволяет использовать полную информацию о протяженном сигнале со всей небесной сферы, регистрируемом космическими обсерваториями. Среди космических миссий наиболее точную информацию за последние 5 лет дала миссия Planck. Благодаря ей удалось заглянуть в первые мгновения существования нашего Вселенной и определить основные космологические параметры. Методы анализа данных как и методы проведения экспериментов продолжают развиваться. Гармонический анализ на полной сфере дополнен вейвлет-анализом. В рамках пакета GLESP он применялся и для анализа данных Большого адронного коллайдера [33]. И естественным образом может использоваться для любых данных, привязанных к сферической системе координат.

Подводя итог, отмечу, что, конечно, до полного понимания Природы нам еще далеко. И методы гармонического анализа не единственные, которые применяются в астрономии. Но именно эти вычислительные технологии, реализованные на современных суперкомпьютерах, позволили

обработать данных спутниковых экспериментов, провести детальное моделирование эволюции Вселенной и, в конце концов, установить современную космологическую модель — Λ CDM. Эта модель практически подтверждена в независимых астрономических экспериментах и является одним из базисов современной физики. Используемые математические методы перешагнули область космологии и уже применяются в других областях знания.

Список литературы

1. Верховданов О.В. Анализ данных на полной сфере и последние космологические результаты. В кн. "Прикладные аспекты геологии, геофизики и геоэкологии с использованием современных информационных технологий", материалы III Международной научно-практической конф. (Майкоп, МГТУ, 2015) Майкоп, 11-14 мая 2015, с.71.
2. Hinshaw G., et al., ApJS 170, 288 (2007), astro-ph/0603451.
3. Tegmark M., de Oliveira-Costa A., Hamilton A., Phys.Rev.D 68, 123523 (2003).
4. Leach S. M., et al., on. Astrophys. 491, 597 (2008), arXiv:0805.0269.
5. Stolyarov V., Hobson M.P., Ashdown M.A.J., Lasenby A.N., MNRAS 336, 97 (2002).
6. Doroshkevich A.G., Verkhodanov O.V. Phys.Rev.D 83, 043002 (2011), arxiv:1008.4094.
7. Chiang L.-Y., Naselsky P.D., Verkhodanov O.V., Way M.J. ApJ 590, L65 (2003), astro-ph/0303643
8. Naselsky P.D., Doroshkevich A.G., Verkhodanov O.V. ApJ 599, L53 (2003), astro-ph/0310542.
9. Coles P., Dineen P., Earl J., Wright D. MNRAS 350, 989 (2004).
10. Верховданов О.В. Успехи физических наук, **182**, 1177 (2012).
11. Hinshaw G., et al., ApJS 208, 19 (2013).
12. Planck Collaboration: Ade P.A.R., et al., Planck 2015 results. XIII. Cosmological parameters (2015), arXiv:1502.01589.
13. Paciesas W.S., et al. ApJS 122, 465 (1999), astro-ph/9903205.
14. Voges W., et al. Astron. Astrophys. 349, 389 (1999), astro-ph/9909315.
15. Abazajian K., et al., AJ 126, 2081 (2003).
16. Beichman C.A. et al., Infrared astronomical satellite (IRAS) catalogs and atlases, V.1: Explanatory supplement (1988).
17. Cutri R. M., et al., Explanatory Supplement to the 2MASS Second Incremental Data Release (2002).
18. Guzman A.E., May J., Alvarez H., Maeda K. Astron.Astrophys. 525, A138 (2011).
19. Condon J. J., et al. Astron. J. 115, 1693 (1998).
20. Abbasi R., et al. Phys. Rev. D 82, 072003 (2010).
21. Boser S. [for the IceCube Collaboration] (2012), arXiv:1205.6405.
22. Bennett C.L., et al., ApJS 148, 1 (2003), astro-ph/0302207.
23. Jarosik N., et al., ApJS 192, 14 (2011), arXiv:1001.4744.
24. Planck Collaboration: Ade P.A.R., et al., Astron. Astrophys. 571, A1 (2014), arXiv:1303.5062.
25. Верховданов О.В., Дорошкевич А.Г. Успехи физических наук 183, 849 (2013).
26. Gorski K.M., et al. ApJ 622, 759 (2005).
27. Верховданов О.В., Дорошкевич А.Г. Успехи физических наук, **183**, 849 (2013).
28. Doroshkevich A.G., et al., Int.J.Mod.Phys. D 14, 275 (2005), astro-ph/0305537.
29. Doroshkevich A.G., et al., Int.J.Mod.Phys. D 20, 1053 (2011), arXiv:0904.2517.
30. Верховданов О.В. Негауссовость микроволнового фона: новая физика и старые проблемы. В кн. "Наблюдательная и теоретическая космология", Труды Летней школы

Фонда Дмитрия Зимина «Династия» (7-ой Школы современной астрофизики, САО РАН, Нижний Архыз, 2011) (М.:URSS, 2012), с.327-368.

31. Сахаров А.Д. ЖЭТФ 49, 345 (1965).

32. Верховданов О.В. Космологические результаты космической миссии "Планк". Сравнение с данными экспериментов WMAP и ВІСЕР2. Успехи физических наук, **186**, No 1, 3 (2016).

33. Naselsky P., Christensen C.H., Christensen P.R., Damgaard P.H., Frejsel A., Gaardhoje J.J., Hansen A., Hansen M., Kim J., Verkhodanov O.V., Wiedemann U.A. Morphology of high-multiplicity events in heavy ion collisions. Phys. Rev. C, **86**, 024916 (2012), arXiv:1204.0387.

ОЦЕНКА ПРОЦЕССОВ ЗАРАСТАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ КОЛХОЗА «МИР» ТОРЖОКСКОГО РАЙОНА ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ

К.А. Вижулин

kerill08@mail.ru

Тверской государственный университет, Россия, г. Тверь

В статье рассматривается возможность использования геоинформационных ресурсов для оценки зарастания сельскохозяйственных территорий.

Ключевые слова: ландшафт, веб-ГИС, геоэкологические исследования, сельскохозяйственные угодья, разновременные карты, Тверская область.

В результате земельной реформы 1990-х гг. в России в организации правовых и экономических механизмов хозяйственного использования земель произошли изменения, которые на сегодняшний день оказывают негативное влияние на качественное состояние наиболее ценных земель – сельскохозяйственных угодий. Одним из негативных процессов, влияющим на хозяйственное использование сельскохозяйственных земель, является зарастание древесно-кустарниковой растительностью (Ефимов, 2001). Данная проблема актуальна, как в целом для Российской Федерации, так и для Тверского региона в частности.

В процессы работы с помощью ГИС-технологий были созданы разновременные цифровые карты-схемы. Современные ГИС-технологии позволяют работать одновременно с несколькими цифровыми картами, применять к ним различные операции. Для изучения проблемы зарастания сельскохозяйственных угодий, по разновременным цифровым картам, используют достаточно большое количество технических приемов. Самый простой это – визуальный анализ и описание. Из графических приёмов используется метод графических оверлеев. С помощью данного метода можно отследить совпадающие, частично совпадающие и совсем не совпадающие контуры.

В нашей работе для анализа цифровых карт-схем были применены следующие технические приёмы:

— визуальный анализ, т.е. чтение карт, глазомерное сопоставление и зрительная оценка изучаемых объектов;

— компьютерный анализ, выполняемый в полностью автоматическом или интерактивном режиме с использованием специальных алгоритмов, программ или геоинформационных систем;

— описание — это традиционный и общеизвестный прием анализа карт, его цель – выявить изучаемые явления, особенности их размещения и взаимосвязи;

— метод графических оверлеев — это совмещение контуров анализируемых явлений на общей основе (Лазарева, Ефимов, 2001).

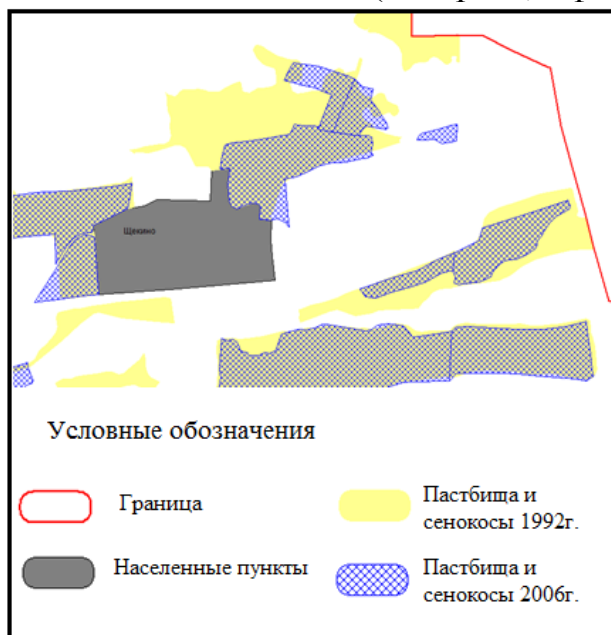


Рис. 1. Применение метода графического оверлея. Наложение слоев «пастбища и сенокосы 1992 г.» и «пастбища и сенокосы 2006 г.»

Используя специальные возможности ГИС - продукта MapInfoProfessional 12.5 (Тверской государственной университет является обладателем лицензии данного продукта для ведения научной и образовательной деятельности), нами были посчитаны площади каждой рассматриваемой категории земель за разные периоды времени, данные были занесены в таблицу (табл. 1).

Таблица 1.

Соотношение площадей земельных угодий по разновременным картам-схемам

Земельные угодья	1980 г.		2006 г.		2011-2014	
	км ²	%	км ²	%	км ²	%
пашня	37,70	50	32,32	43	29,15	39
пастбища и сенокосы	9,46	12	7,18	9	8,55	11
лес	24,28	32	30,24	40	31,44	41
кустарник	3,20	4	4,76	6	5,27	7
иные земли*	0,80	1	0,94	1	0,99	1
Итого	75,44	100%	75,44	100%	75,44	100%

* - к иным землям отнесены земли, занятые населенными пунктами и предприятиями, заболоченные земли, земли под дорогами.

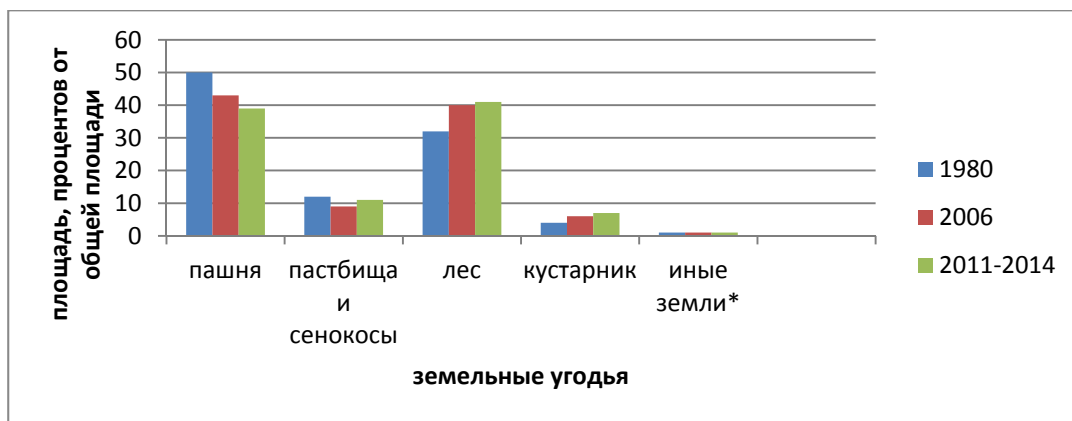


Рис. 2. Соотношение площадей земельных угодий по разновременным картам-схемам.

Площадь лесов и кустарников увеличилась, площадь сельскохозяйственных угодий, представленных пашней, сенокосами и пастбищами – уменьшилась. Нужно отметить, что среди рассматриваемых видов категорий земель, большего всего уменьшилась площадь пашни с 50% до 39%, а увеличилась больше всего площадь лесов и кустарников с 36% до 48%. Далее с помощью визуального анализа, наложенных друг на друга картографических изображений, было выявлена морфология процесса зарастания:

- зарастание от кромки существующего леса;
- зарастание от придорожных канав в сторону сельхозугодий;
- зарастание в понижениях рельефа.

В результате проведенных полевых работ летом 2015 года и разговора с главным агрономом колхоза «Мир», нами были выделены основные стадии процесса зарастания сельскохозяйственных угодий древесно-кустарниковой растительностью:

- нулевая стадия. Характерна для пашни, которая обрабатывается, а также к данной степени относится залежь;
- первая стадия. Данная стадия характерна для сельскохозяйственных угодий, зарастающих кустарником;
- вторая стадия. К этой стадии относятся сельскохозяйственные угодья, зарастающие мелколесьем (высота деревьев достигает 3-5 метров);
- третья стадия. Данная стадия характерна для сельскохозяйственных угодий, зарастающих лесом (высота деревьев достигает 5-7 метров и более).

Вся территория была разбита на три участка района проведения полевых работ.

Маршрут №1: д.Думаново - д.Бродниково

Маршрут №2: д.Спасс - д.Внуково

Маршрут №3: п.Мирный – д.Владычня

Маршрут №4: д.Дубровка – д.Маркашино

При проведении полевых работ был установлен видовой состав древесно-кустарниковой растительности, которой зарастают

сельскохозяйственные угодья: среди кустарников преобладает ива, среди мелкоколесья преобладает береза, ольха, ель.

Первый район, который был исследован - это территория вблизи деревни Думаново, Савинское, Савинские горки, Бродниково. Было обследовано пастбище, прилегающие к территории деревни Савинское. Выявлено, что на данном пастбище начинается процесс зарастания, который носит «хаотичный» (выборочный) характер. Начинается зарастание кустарником и сорной растительностью в понижениях рельефа, а так же зарастание мелкоколесьем на территории максимально близко прилегающий к Торжокскому лесхозу. Основная порода деревьев, которой зарастает пастбище — это сосна и ольха. Следующий участок, который был рассмотрен – это территория деревни Спасс и Паника, Внуково, в окрестностях были выявлены участки пастбища, которые начинают зарастать кустарником и сорной растительностью. Пашня, которая примыкает к деревне Паника, с одной стороны распаханна, а с другой начинается процесс зарастания.

Далее рассмотрена деревня Владычня и окрестности, слева от дороги также наблюдается зарастание участка пастбища и сенокоса сорной и дикорастущей растительностью, с элементами кустарника. Далее от деревни Владычня по направлению к деревне Можайцево справа и слева от дороги наблюдается зарастание участков пашни. За территорией деревни Владычня, спустя 150-200 метров по направлению к северной границе колхоза наблюдается зарастание сельскохозяйственных угодий мелкоколесьем и кустарниковой растительностью. Преобладающая порода сосна.

Последний район был в окрестностях деревни Маркашино. Вдоль дорог распаханная пашня, с редким зарастанием кустарников. Далее за деревней Маркашино, ближе к территории Торжокского мехлесхоза заросшие мелкоколесьем пастбища, с преобладающей породой береза и кустарником.



Рис. 3. Эталонные участки, различных степеней зарастания (по Белорусцевой, 2013)

Следующим этапом работы, было создание оценочной цифровой карты-схемы, на основе космического снимка и данных полевых работ. В результате полевых работ были выделены основные стадии зарастания сельскохозяйственных угодий. Далее были выбраны эталонные участки на космическом снимке, которые соответствуют каждой стадии зарастания

(рис. 3). После чего на всем космическом снимке были выделены участки сельскохозяйственных угодий, которые подверглись процессу зарастания.

Оценочная цифровая карта-схема, создавалась также с помощью ГИС-продукта MapInfo Professional 12.5, и содержит следующие тематические слои: объекты гидрографии, населенные пункты, пашня, пастбища и сенокосы, лес и кустарник, болота, 1 стадия зарастания (земли, зарастающие кустарником), 2 стадия (земли, зарастающие мелколесьем), 3 стадия (земли, зарастающие лесом).

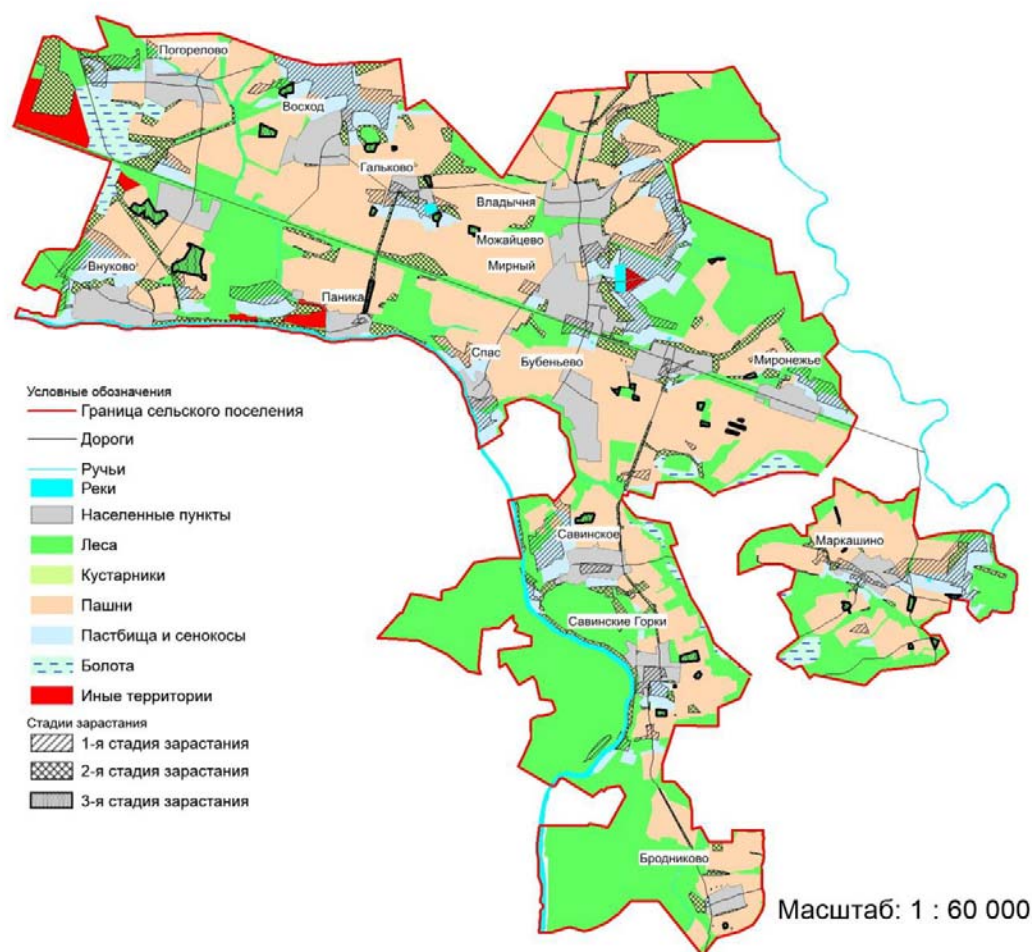
По данным космического снимка видно, что с 1980г. древесно-кустарниковой растительностью заросло меньше пашни, чем пастбищ и сенокосов. Из всех стадий зарастания сельскохозяйственных угодий древесно-кустарниковой растительностью преобладает 1 стадия зарастания. Количество пашни подверженной 1 стадии зарастания. На данной стадии зарастания сельскохозяйственных угодий еще возможно применение различных способов для возвращения сельскохозяйственных угодий в хозяйственный оборот. Обычно проводят культурно-технических мероприятий первой группы – мероприятия по подготовке земель к дальнейшей их обработке – корчевка леса и пней, расчистка кустарника, очистка пахотного горизонта от древесины и валунов, уничтожение кочек, уборка камней, планировка. Площадь сельскохозяйственных угодий, подвергнутых зарастанию 2-й и 3-й стадии вернуть в хозяйственный оборот колхоза «Мир» будет весьма трудно с экономической точки зрения.

Что же касается особенности развития процесса зарастания сельскохозяйственных угодий в колхозе «Мир» Торжокского района.

Смена сообществ - естественная часть биологии экосистем, поэтому все те территории, которые когда-то были заимствованы человеком от леса под пашни, будучи заброшены, постепенно возвращаются во владения дикой природы. Но далеко не всегда на полях просто заново вырастает лес. Некоторые низменные местности, будучи лишены корневого каркаса, постепенно заболачиваются, на других возникают природные луга с густым разнотравьем. В первую очередь все зависит от почвы и от окружающих лесных массивов, то есть откуда, собственно, начинается наступление леса. Система корневищ защищает лес от вымывания почв и заболачивания. На очищенных от леса полях этот процесс снова возобновляется, и, если не проводить специальных работ (которые обычно входят в земледельческий цикл), на месте заброшенного поля образуется низовое болото, появляются осоковые, выводится мошка, появляются земноводные, а с ними и околоводные птицы.

На сухих возвышенностях, где много света, если площадь полей была не слишком большой, бывшие поля просто зарастают лесом: сосняком, ельником или березняком. Ветер и птицы переносят семена и вырастает густой лес маленьких сосенок или елочек. Затем начинается жесточайшая борьба за выживание - кто первый вытянется и закроет свет другим деревьям. Но в сухие жаркие лета наиболее высокие погибают, и те, которых частично закрывали вытянувшиеся собратья, наоборот, выживают.

Анализируя выводы, полученные в результате работы с разновременными цифровыми картами, а также полученные в ходе полевых исследований,



намечаются (прослеживаются) (некоторые особенности, закономерности в будущем) основные тенденции (направления) развития процесса зарастания сельскохозяйственных угодий на территории колхоза «Мир»:

Рис. 4. Оценочная карта-схема зарастания сельскохозяйственных угодий колхоза «Мир».

Итак, необходимо отметить, что процесс зарастания сельскохозяйственных угодий кустарником и мелколесьем, судя по всему, будет продолжаться и дальше, это подтверждается как современные космические снимки, так и проведенные полевые работы. По результатам полевых исследований было выявлено, что культурно-технические мероприятия на части территории колхоза «Мир» не проводились уже много лет и этому свидетельствует возраст деревьев и степень зарастания сельскохозяйственных угодий. Следовательно, можно предположить, что эти участки в дальнейшем эксплуатироваться не будут, так как для вовлечения этих земель в сельскохозяйственный оборот потребуются значительные капитальные вложения.

Другой важной причиной выбытия земель сельскохозяйственного назначения является наблюдающийся интенсивный и плохо контролируемый их перевод в другие категории земель.

В земельном законодательстве Российской Федерации существует такое понятие, как «Охрана земель». Согласно Земельному кодексу (2001), собственники земельных участков, землепользователи, землевладельцы и арендаторы обязаны проводить мероприятия по сохранению почв и их плодородия, так как зарастание деревьями, кустарниками и сорными растениями приводит к ухудшению качественного состояния земель сельскохозяйственного назначения. Под сорной растительностью усиливается развитие подзолистого процесса, который ведет к снижению плодородия, ухудшается большинство его показателей. Кроме того, впоследствии, в случае возвращения заросших земель в сельскохозяйственное производство, при механической раскорчевке сильно нарушается верхний плодородный слой почвы, что также ведет к снижению уровня плодородия. Допуская зарастание земель и снижение качества плодородия почвы, землевладельцы не выполняют требования законодательства относительно защиты земель.

С помощью специальных возможностей ГИС-продукта MapInfo Professional 12.5, была посчитана площадь земель, подвергнутых процессу зарастания 1-й, 2-й, 3-й стадии; данные были занесены в таблицу 2.

Таблица 2.

Количественное соотношение площадей земельных угодий на 2014 г.
по оценочной карте-схеме

Земельные угодья	Площадь, км ²	Зарастания от общей площади колхоза «Мир», %
1-я стадия зарастание	5,27	7
2-я стадия зарастания	3,68	5
3-я стадия зарастания	1,05	1,5

За период времени с 1980 г. по 2014 год оказалось подвержено процессу зарастания кустарником и мелколесьем 13,5% территории от общей площади колхоза «Мир».

Таблица 3.

Количественное соотношение площадей пашни, подверженной процессу зарастания 1-й, 2-й, 3-й стадией

Количество пашни	Площадь, км ²	Зарастания от общего количества пашни, %
Общее кол-во пашни на 1980г.	19737090	100
Кол-во пашни, подверженной процессу зарастания 2014г.	2682959	14
Кол-во пашни, подверженной 1 стадии зарастания	1960143	10
Кол-во пашни, подверженной 2 стадии зарастания	590684	3
Кол-во пашни, подверженной 3 стадии зарастания	132269	1

Также в ходе работы, используя цифровую оценочную карту-схему нами были рассчитаны следующие показатели:

- площадь зарастания каждого вида сельскохозяйственных угодий (пашня, пастбища и сенокосы) 1-й, 2-й, 3-й стадией;
- процент зарастания каждого вида сельскохозяйственных угодий (пашня, пастбища и сенокосы) 1-й, 2-й, 3-й стадией, от общей площади каждого вида сельскохозяйственных угодий.

Таблица 4.

Количественное соотношение площадей пастбищ и сенокосов, подверженной процессу зарастания 1-й, 2-й, 3-й стадией

Количество пастбищ и сенокосов	Площадь, км ²	Зарастания от общего количества пастбищ и сенокосов, %
Общее кол-во пастбищ и сенокосов на 1980г.	15696236	100
Кол-во пастбищ и сенокосов подверженных процессу зарастания 2014г.	6967214	45
Кол-во пастбищ и сенокосов подверженных 1 стадии зарастания	4034709	26
Кол-во пастбищ и сенокосов подверженных 2 стадии зарастания	2294097	15
Кол-во пастбищ и сенокосов подверженных 3 стадии зарастания	640520	4

По данным таблиц 3 и 4 видно, что с 1980г. по 2014 г. древесно-кустарниковой растительностью заросло 14% пашни и 45% пастбищ и сенокосов. Из всех стадий зарастания сельскохозяйственных угодий древесно-кустарниковой растительностью преобладает 1 стадия зарастания. Количество пашни подверженной 1 стадии зарастания составляет 14%, а количество пастбищ и сенокосов составляет 26%. На данной стадии зарастания сельскохозяйственных угодий еще возможно применение различных способов для возвращения сельскохозяйственных угодий в хозяйственный оборот. Обычно проводят культурно-технических мероприятий первой группы – мероприятия по подготовке земель к дальнейшей их обработке – корчевка леса и пней, расчистка кустарника, очистка пахотного горизонта от древесины и валунов, уничтожение кочек, уборка камней, планировка. Площадь сельскохозяйственных угодий, подвергнутых зарастанию 2-й и 3-й стадии вернуть в хозяйственный оборот колхоза «Мир» будет весьма трудно с экономической точки зрения.

Таблица 5.

Оценка степени зарастания по соотношению площади сельскохозяйственных угодий, подвергнутых процессу зарастания, к общей площади сельскохозяйственных угодий

Зарастания категории с/х угодий от общей площади категории с/х угодий, %	Степень зарастания
Менее 10%	Слабая степень зарастания
10-30%	Средняя степень зарастания
30-60%	Сильная степень зарастания
Более 60%	Сверхсильная степень зарастания

Для характеристики состояния сельскохозяйственных угодий, подверженных процессу зарастания древесно-кустарниковой растительностью, нами был использован показатель степени зарастания сельскохозяйственных угодий (Доклад..., 2011). Количественным выражением степени зарастания является отношение площади зарастания различных категорий сельскохозяйственных угодий к общей площади каждой категории сельскохозяйственных угодий.

Согласно приведенной выше таблицы, в целом территория колхоза «Мир» подвержена средней степени зарастания (12,8% территории от общей площади колхоза «Мир» заросло древесно-кустарниковой растительностью, что соответствует средней степени зарастания). Если рассматривать процесс зарастания сельскохозяйственных угодий отдельно по видам сельскохозяйственных угодий, то территория, отведенная под пашни, подвержена также средней степени зарастания, поскольку общее количество пашни подверженной процессу зарастания составляет 14% от площади всех пашен. В свою очередь территория, занимаемая пастбищами и сенокосами, подвержена сильной степени зарастания сельскохозяйственных угодий, общее количество пастбищ и сенокосов подверженных процессу зарастания составляет 45% от площади всех пастбищ и сенокосов.

В рамках данной работы мы оценили зарастание сельскохозяйственных угодий колхоза «Мир» Торжокского района Тверской области, с помощью разновременных цифровых карт.

В ходе проведения полевых исследований были выделены основные направления распространения процесса зарастания сельскохозяйственных угодий:

- зарастание от кромки существующего леса;
- зарастание от придорожных канав в сторону сельхозугодий;
- зарастание в понижениях рельефа.

В ходе полевых работ было выделено 4 стадии процесса зарастания сельскохозяйственных угодий:

- нулевая стадия. Характерна для пашни, которая обрабатывается, а также к данной степени относится залежь;
- первая стадия. Данная стадия характерна для сельскохозяйственных угодий, зарастающих кустарником;
- вторая стадия. К этой стадии относятся сельскохозяйственные угодья, зарастающие мелколесьем (высота деревьев достигает 3-5 метров);
- третья стадия. Данная стадия характерна для сельскохозяйственных угодий, зарастающих лесом (высота деревьев достигает 5-7 метров и более).

В процессе работы были составлены и проанализированы цифровые разновременные карты-схемы за 1980 г., за 2006 г., и за 2010-2014 г.

На основе разновременных карт-схем были посчитаны площади сельскохозяйственных угодий за разные периоды времени и сформулированы следующие выводы:

➤ К 2014 г. площадь пашен уменьшилась с 50% до 39%, площадь пастбищ и сенокосов уменьшилась с 12% до 9%.

➤ Площадь лесов и кустарников увеличилась с 36% до 48%.

➤ С помощью визуального анализа, наложенных друг на друга картографических изображений, было выявлено, что увеличение площади лесов и кустарников происходит за счет сокращения площади земель, отведенных под сенокосы и пастбища, а также за счет пашен.

➤ Так же с помощью разновременных карт-схем было выявлено, что зарастание сельскохозяйственных угодий имеет определенную направленность с северо-востока на юго-запад.

➤ Построена цифровая карта-схема, на основе космического снимка и данных полевых работ была посчитана площадь земель, подвергнутых процессу зарастания 1-й, 2-й, 3-й стадии (сколько по процентам)

➤ Процент зарастания каждого вида сельскохозяйственных угодий (пашня, пастбища и сенокосы) 1-й, 2-й, 3-й стадией, от общей площади каждого вида сельскохозяйственных угодий

➤ Количество пастбищ и сенокосов подверженных 1 стадии зарастания – 26%

➤ Количество пастбищ и сенокосов подверженных 2 стадии зарастания – 15%

➤ Количество пастбищ и сенокосов подверженных 3 стадии зарастания – 4%

➤ За период времени с 1980 г. по 2014 г. заросло кустарником и мелкоколесьем 12,8% территории от общей площади колхоза «Мир».

В целом территория колхоза «Мир» подвержена средней степени зарастания (12,8% территории от общей площади колхоза «Мир» заросло древесно-кустарниковой растительностью, что соответствует средней степени зарастания). Если рассматривать процесс зарастания сельскохозяйственных угодий отдельно по видам сельскохозяйственных угодий, то территория, отведенная под пашни, подвержена также средней степени зарастания, поскольку общее количество пашни подверженной процессу зарастания составляет 14% от площади всех пашен. В свою очередь территория, занимаемая пастбищами и сенокосами, подвержена сильной степени зарастания сельскохозяйственных угодий, общее количество пастбищ и сенокосов, подверженных процессу зарастания составляет 45% от площади всех пастбищ и сенокосов.

Предположительно, процесс зарастания сельскохозяйственных угодий на изучаемой территории будет продолжаться и в дальнейшем, потому что, прослеживается тенденция увеличения с каждым годом количества территорий, заросших кустарником и мелкоколесьем, об этом свидетельствует, как анализ различных картографических разновременных источников, так и полевые исследования; экономическая ситуация в сельском хозяйстве в нашем регионе находится в не лучшем состоянии, несмотря на повышенное внимание государства к ситуации в этой отрасли в последнее время.

Список литературы

1. Земельный кодекс Российской Федерации от 25.10.2001 № 136-ФЗ (ред. от 28.12.2013) // Российская газета. - N 211-212. - 30.10.2001.
2. Белорусцева Е.В. мониторинг земель сельскохозяйственного назначения нечерноземья с применением ГИС-технологий: автореф. дис. на соискание ученой степени кандидата географических наук / Е.В. Белорусцева. – М., 2013. – 24 с.
3. Берлянт А.М. Картография: учебник для вузов / А.М. Берлянт. – М.: Аспект пресс, 2001. - 336 с.: ил.
4. Генеральный план Мирновского сельского поселения Торжокского района [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – [Б.м.] – Режим доступа: <http://do.gendocs.ru/docs/index-213260.html?page=3>. - Загл. с экрана
5. Геоинформационная система MapInfo: Уч-метод. Пособие [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – [Ставрополь: Изд-во СГУ, 2003. – 56 с.: ил]. – Режим доступа: <http://www.grinikkos.com>. – Загл. с экрана.
6. Ежегодный региональный доклад о состоянии и использовании земель в Тверской области. Тверь, 1996-2010 гг.
7. Ефимов И.Д. Земельные ресурсы Тверской области (состояние и проблемы: земельный кадастр, землеустройство, контроль за использованием и охраной земель) // Земельные ресурсы Тверской области. Информационный бюллетень № 4, Тверь, 2001.
8. Лазарева О.С., Ефимов И.Д. Мониторинг земель: оценка состояния и использование земельных ресурсов Тверской области // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. – 2010. - №9
9. Проблемы организации рационального сельскохозяйственного землепользования [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://rosnedvigimost.ru/publikaciya-polnaya/2281>. – Загл. с экрана
10. Создание и редактирование векторных карт для навигационно-информационной системы ГИС Русса [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – [Б.м.] – Режим доступа: <http://freemaps.ru/lessons/less04.php>. - Загл. с экрана

ОБ ОРГАНИЗАЦИИ ПАМЯТНИКА ПРИРОДЫ «КРАСНЫЙ БОР» В ОКРЕСТНОСТЯХ Г. СМОЛЕНСКА

Н.Н. Войтенкова
voitenkova@bk.ru

Смоленский государственный университет, Россия, г. Смоленск

Ключевые слова: памятник природы, ООПТ, г. Смоленск, природоохранная деятельность, Гнёздовские курганы, Красный Бор.

Степень антропогенного изменения городских и пригородных территорий в нашей стране весьма высока. Для сохранения природной среды и здоровья населения необходимо оптимизировать взаимодействие хозяйственной и природоохранной деятельности. Антропогенная нагрузка приводит к снижению биоразнообразия, потере коренных ландшафтов и снижению генетического и элементарного разнообразия территории. Возникающая нестабильность может являться серьёзной угрозой жизни и здоровью населения.

Самым простым и распространённым способом защиты природной среды служат запреты на использование того или иного объекта природы или создание особо охраняемых природных территорий различного ранга.

Создание ООПТ федерального значения – это очень сложная и часто не выполнимая задача, поэтому одним из основных направлений природоохранной деятельности становится организация региональных охраняемых природных территорий.

Город Смоленск и Смоленская область, в целом, являются исторически хорошо освоенной территорией со сложной ландшафтной и хозяйственной структурой. Территория области в настоящее время представляет яркий пример хозяйственных, социальных и экологических противоречий, обострившихся в процессе хозяйственного использования. Для снижения напряженности было принято решение организации в окрестностях города Смоленска памятника природы «Красный Бор».

«Красный Бор» - это памятник природы регионального значения расположенный в Заднепровском районе г. Смоленска и Гнёздовском сельском поселение Смоленского района Смоленской области. Он создавался с целью сохранения биологического и ландшафтного разнообразия, историко-культурного наследия в рамках охраны Гнёздовского археологического комплекса, а так же в рамках поддержания экологического баланса на включенной в границы ООПТ территории.

Профиль памятника природы «Красный Бор» комплексный. В него в соответствии с ФЗ РФ от 3 июля 2016 №353-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельных законодательных актов Российской Федерации в части создания лесопарковых зеленых поясов включены лесопарковый зеленый пояс города Смоленска, три озера: Кривое; Ключевое, Дубровенское, а также Гнёздовский археологический комплекс.

«Красный Бор» состоит из семи участков (кластеров). Шесть участков располагаются в западной части города Смоленска в Заднепровском районе. Седьмой участок расположен в границах Гнёздовского сельского поселения и включает в себя озеро Кривое с береговой полосой и часть прибрежно-защитной полосы, расположенной с юго-востока от озера.

Территория памятника природы характеризуется значительными антропогенными нарушениями связанными в основном с несанкционированным строительством и вырубками. Несмотря на это, его территория представлена хорошо и удовлетворительно сохранившимися естественными сообществами.

Мониторинг редких и охраняемых на территории Смоленской области видов животных показал, что на территории «Красного Бора» были обнаружены виды насекомых занесённые в Красную книгу РФ и Красную книгу Смоленской области. Так на пойменных лугах, регулярно отмечается *Parnassius mnemosyne* (Linnaeus, 1758). Это бабочка, занесенная в Красную книгу РФ. Данный вид очень консервативен к выбранному месту и слабо расселяется, достаточно уничтожить одну поляну и вид исчезнет из обширного региона. Среди насекомых охраняемых на региональном уровне можно отметить редкие виды бабочек: *Callimorpha dominula* (Linnaeus, 1758); *Catocala fraxini* (Linnaeus, 1758); *Papilio machaon* Linnaeus, 1758. А так же

редкие и охраняемые виды жуков: *Carabus coriaceus* Linnaeus, 1758); *Emus hirtus* (Linnaeus, 1758); *Hololepta plana* (Sulzer, 1776); *Ceruchus chrysomelinus* (Hochenwarth, 1785); *Sinodendron cylindricum* (Linnaeus, 1758), *Carabus nitens* Linnaeus, 1758, *Dytiscus latissimus* Linnaeus, 1758, *Lucanus cervus* Linnaeus, 1758.

Наличие озер, близость протекания р. Днепр, участки соснового леса, поляны, заливные луга объединены интересным ландшафтом. Это определяет его высокий природоохранный статус для города Смоленска и Смоленской области. Природный парк «Красный Бор» может стать важным функциональным ядром в формировании экологического каркаса Смоленской области. Так как природоохранная деятельность на его территории будет снижать антропогенную напряжённость от негативного воздействия промышленной структуры г. Смоленска на окружающую природную среду.

На территории предполагаемого памятника природы «Красный Бор», кроме природных объектов, имеющих важное природоохранное и рекреационное значение, будет располагаться Гнёздовский комплекс археологических памятников. «Красный Бор» частично расположена в границах:

- территории Центрального селища Гнёздовского комплекса археологических памятников;
- территории Глущенковской курганной группы Гнёздовского комплекса археологических памятников;
- территории Лесной курганной группы Гнёздовского комплекса археологических памятников;
- охранной зоны I группы памятников (центральная и восточная часть комплекса) Гнёздовского комплекса археологических памятников;
- зоны регулирования застройки Гнёздовского комплекса археологических памятников;
- территории Гнёздовского комплекса археологических памятников.

Данные природные и историко-культурные объекты будут весьма привлекательны для посещения туристами, исследователями природы, школьниками, студентами, рыболовами и иными группами жителей г. Смоленска. А так же могут стать стационарной площадкой для научных исследований динамики природных объектов, животного и растительного мира «Красного Бора». Территория доступна, так как находится в городской черте.

По итогам работы различных экспертных комиссий были определены следующие допустимые виды использования памятника природы «Красный Бор»:

- научное (мониторинг состояния окружающей природной среды, изучение функционирования и развития природных экосистем и их компонентов и т.п.);

- эколого-просветительское (проведение учебно-познавательных экскурсий, организация и обустройство экологических троп, фото- и видеосъемка и т.п.);
- рекреационное, с учетом регулирования рекреационной нагрузки (транзитные прогулки, отдых на водоёмах и специализированных учреждениях);
- природоохранное (сохранение, восстановление, изучение и обогащение разнообразия объектов животного и растительного мира и т.п.);
- иное не противоречащее задачам объявления данного природного объекта памятником природы.

Таким образом, создание памятника природы регионального значения «Красный Бор» решает не только вопросы сохранения важных природных и историко-культурных объектов, но и помогает снизить антропогенную напряжённость в городе Смоленске.

ОБ ОСОБЕННОСТЯХ НАЧАЛЬНОГО ЭТАПА КОЛЛАПСА КОНЕЧНОГО ОБЪЕМА ВОДЫ С ОТРИЦАТЕЛЬНОЙ ПЛАВУЧЕСТЬЮ НА СКЛОНЕ ДНА

А. Волкова, С. Шураев

*Балтийский федеральный университет им. И. Канта
Россия, г. Калининград*

Основной целью данной работы является изучение особенностей динамики начального этапа коллапса конечного объема более тяжелой, соленой воды на склоне дна в зависимости от его начальной формы при помощи нелинейной двумерной численной модели [1]. Исходная система уравнений модели имеет следующий вид:

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{g}{\rho_0} \frac{\partial \rho}{\partial z} + v_T \Delta \omega, \quad \frac{d\rho}{dt} = D_T \Delta \rho, \quad \Delta \psi = \omega, \quad \frac{dc}{dt} = D_T \Delta c,$$

где ω – завихренность, ψ – функция тока, $g=982 \text{ см/с}^2$, ρ_0 – плотность пресной воды, а ρ – соленой, $v_T = \nu_0 + c \cdot \nu_{ЭФ}$, $D_T = (Sc)^{-1} \nu_T$ – коэффициенты турбулентных вязкости и диффузии, $Sc = 2$ – число Шмидта, $\nu_{ЭФ} = \sqrt{Re} \cdot \nu_0$, $Re = u_0 \cdot h_0 / \nu_0$, при $t=0$ - $\nu_{ЭФ} = 0$; c - трассер водной массы течения. Конечно-разностные уравнения модели построены на сетке 701×121 ($\Delta x = \Delta z = 0.05$). Значения размерных параметров изменялись в диапазонах обычно присущих лабораторным экспериментам [2,3]: $\Delta \rho_0$ - от 0.0005 до 0.005 г/см³, h_0 - от 1 до 5 см, u_0 - от 1 до 5 см/с, $\nu_{ЭФ}$ - от 0.3 до 1.5 см²/с, уклон наклона дна α был неизменен и равнялся 10 градусам.

Выполнена серия расчетов для трех различных начальных форм плотностной неоднородности. Получены соответствующие количественные оценки скорости растекания плотностной неоднородности для каждого из выборов начального состояния. Как оказалось первоначальные различия движения фронта плотностной неоднородности сглаживаются по мере «включения» в процесс движения вдольсклоновой компоненты скатывающей силы.

Список литературы

1. Гриценко В.А., Юрова А.А. О распространении придонного гравитационного течения по крутому склону дна // Океанология. 1997. Т. 37. № 1. С. 44-49.
2. Самойлов Б.И. Придонные стратифицированные течения. М.: Научный мир. 1999. 464с.
3. Тернер Дж. Эффекты плавучести в жидкостях. М.: МИР. 1977. 431 с.

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ВЕЩЕСТВ В УСТЬЕВЫХ СТВОРАХ РЕК АБХАЗИИ

^{1,2}Я.В. Гицба, ^{1,2}Я.А. Экба

yan_a_kya@mail.ru; ekba-yan@yandex.ru

¹Абхазский государственный университет,

²Институт экологии Академии наук Абхазии

Республика Абхазия, г. Сухум

Рассмотрен химический состав устьевых зон рек Абхазии. Приведены данные по гидрохимическому составу и уровню загрязнения рек нитратами, фосфатами и тяжелыми металлами в летний период времени. Из всех исследованных рек наиболее загрязненными оказались реки, протекающие через густонаселенные пункты г. Сухум и их загрязнение может считаться следствием антропогенной нагрузки.

Прибрежные воды сухумской акватории Черного моря не испытывают хронического загрязнения, загрязнение носит локальный характер и воды способны к самоочищению.

Целью работы является исследование химического состава устьевых зон рек Абхазии и выявление степени влияния речного стока на загрязнение прибрежной сухумской акватории.

Состояние Черного моря в определяющей степени зависит от объема и химического состава вод материкового стока, поступающего в него. Морские воды в прибрежных, наиболее чувствительных зонах, подвержены значительной антропогенной нагрузке. На качество прибрежных вод Черного моря влияют береговые источники антропогенного загрязнения и в первую очередь большие населенные пункты на побережье.

Большое влияние на состояние прибрежных вод Черного моря в районах больших городов имеют дождевые осадки, которые из-за отсутствия централизованной ливневой канализации и очистки смывают в море с тротуаров, дорог и почвы в городах большое количество загрязняющих веществ, среди которых нефтепродукты, фенолы, биогенные вещества. Все это приводит к тому, что в период интенсивного таяния снегов и ливневых осадков образуется значительный объем поступления загрязненных вод в море, дающий нагрузку на экологические системы моря, вследствие чего самоочистительная способность морских вод резко падает.

Материал и методика исследований.

Список исследованных водных объектов: Басла, Сухумка, Гнилушка, Гумиста, Шицкуара, Гуандра, Мааникуара, Кудры, Кяласур, Мачара, Агудзера, Пшп, Аапста, Гудоу, Хыпста, Мчишта, Псырцха, Аалдзга, Бзып,

Репруа, Хашипсы, Псоу, Мыку, устьевой приток р. Дгамш прибрежная сухумская акватория.

Вода отбиралась в полиэтиленовые фляги объёмом 1 л. Непосредственно на водоёме измерялись следующие показатели: прозрачность, температура, содержание растворённого кислорода, удельная электропроводность. Отбор и химический анализ проб устьевых зон рек и поверхностных вод сухумской акватории проводятся сотрудниками Абхазского государственного центра экологического мониторинга по общепринятым методикам.

Для оценки качества воды использовался основной принцип, применяемый в водоохранной практике, состоящий в сопоставлении результатов определения с нормативными величинами. Использовались предельно допустимые концентрации, предусмотренные для рыбохозяйственных водоёмов. Кроме того, использована эколого-санитарная классификация, по которой на основе 4 и 8 гидрохимических показателей можно отнести воду изучаемого объекта к определённому классу и разряду качества воды с соответствующими ранговыми показателями (РП).

Расчитаны также индексы загрязнения воды (ИЗВ), рекомендованные для формализованной комплексной оценки качества воды по 6 гидрохимическим показателям. В число этих 6 показателей в обязательном порядке входят БПК и растворенный кислород. Показатели выбираются независимо от лимитирующих показателей вредности (ЛПВ), а при равенстве концентраций, предпочтение отдается веществам, имеющим токсикологический ЛПВ. В зависимости от значения ИЗВ, водному объекту присваивается определенный класс качества [6].

Основным методом, используемым для определения солёности в морской воде, является аргентометрический [5]. Для определения содержания растворенного кислорода используется классический химический метод Винклера. Определение фосфатов в морской воде основано на реакции с молибдатом аммония в кислой среде. Образующаяся при этом желтая гетерополикислота молибдата фосфора под действием восстановителей (хлорид олова (II)) превращается в интенсивно окрашенное синее соединение. Определение нитритов в морской воде основано, на способности нитритных ионов давать интенсивно окрашенные диазосоединения с первичными ароматическими аминами. При определении используется реакция с сульфаниловой кислотой и альфа – нафтиламином (реактив Грисса) с образованием розовой окраски, интенсивность которой пропорциональна содержанию нитритов в воде [5].

Измерение гидрохимических параметров в прибрежной морской акватории Абхазии проводится Абхазским государственным центром экологического мониторинга (АГЦЭМ) 2 раза в месяц: в начале и середине. Наблюдения ведутся с 1998 года в следующих пунктах Сухума: район аварийного сброса «Эльбрус», Большой причал, Айтар, ГИАНА (Сухумский мыс) и Новый Афон.

Результаты исследований. В составе воды большинства изученных рек преобладающими анионами являются гидрокарбонаты и кальций. В воде рек Шицкуара, Маникуара и Пшاپ среди анионов преобладали сульфаты, среди катионов – калий в сумме с магнием (табл.1).

Таблица 1

Ионный состав речных вод

№	Название реки	Анионы,%			Катионы,%			Минерализ., мг/л	Жестк., мг-экв./л	Уд.эле ктр., мкС/см
		HCO ₃	SO ₄	Cl	Ca	Mg	Na+K			
1	Псоу	83	9	8	72	11	17	228	2,4	250
2	Репруа	89	4	7	69	18	13	265	2,8	260
3	Бзып	81	11	8	67	17	16	161	1,6	170
4	Мчишта	89	6	5	72	16	12	279	3,1	310
5	Гудоу	81	13	6	69	20	11	375	4,2	460
6	Псырцха	64	6	30	63	7	30	331	3,1	460
7	Гумиста	87	5	8	71	13	16	203	2,1	180
8	Басла	41	45	14	44	6	50	287	1,8	170
9	Кяласур	52	41	7	45	3	52	156	0,9	80
10	Мачара	84	10	6	77	10	13	246	2,7	310
11	Кудры	74	10	16	39	30	31	93	0,64	-
12	Гуандра	49	11	40	70	11	19	474	5,5	740
13	Мыку	84	10	6	63	13	24	182	1,6	250
14	Галидзга	78	16	6	71	13	16	221	2,4	400
15	Дгамш	90	5	5	76	12	12	290	3,0	320

Минерализация воды большинства рек является «средней»; минерализация рек Хашипсы, Мыку, Бзып, Кяласур является «малой» - ультрапресные воды, минерализация р. Кудры – «очень малой». Значения жёсткости характеризовали воду рек Кяласур и Кудры как «очень мягкую», вода остальных рек «мягкая» или «умеренно жёсткая» (Гуандра, Гудоу).

Что касается качества воды в плане её загрязнения соединениями биогенных элементов, органическими веществами, тяжёлыми металлами и нефтепродуктами, следует сказать, что большинство из исследованных рек являются чистыми (2 класс качества). Превышений ПДК аммония, нефтепродуктов, кадмия и свинца не отмечалось. Тем не менее, в воде рек Гнилушка, Бзып, Дгамш, Мыку, Репруа, Хашипсы содержание нитратов соответствует классу «загрязнённых» и «грязных вод» (табл. 2). Превышение ПДК фосфатов наблюдалось в воде рек Сухумка, Гнилушка и Гумиста (табл. 2).

Величины перманганатной окисляемости, являющейся показателем содержания в воде органических веществ, достигали наибольших значений в воде р. Гнилушка и устьевом притоке р. Дгамш (к сожалению, этот показатель определялся только на 16-и водотоках). Значения БПК₅ (показатель содержания органических веществ, легко усваиваемых микроорганизмами) достигали 8,7 мгО₂ на р. Агудзера; 5,7 мгО₂ на р.

Мчишта и 5,5 мгО₂ на р. Апста; на остальных водотоках этот показатель был значительно ниже.

Таблица 2

Гидрохимический состав речных вод

Реки	Содержан. кислорода, % / мг/л	Температура °С	Величина рН	БПК ₅ мг О ₂ /л	Перманганатная окисляемость, мгО ₂ /л	PO ₄ ³⁺ Общ. мг/л	NH ₄ ⁺ мг/л	NO ₃ ⁻ мг/л
Псоу	117,5 / 10,8	21	8,12	1,76	1,33	0,114	0,5	0,06
Репруа	98,4 / 10,8	10,5	7,97	0,57	-	0,068	<0,05	12,0
Бзып	120 / 11,6	16,4	8,16	3,1	0,39	0,002	<0,05	10,0
Мчишта	124 / 11,6	17	7,48	5,7	-	0,048	0,1	2,0
Гудоу	105 / 8,7	24	8,7	2,5	1,25	0,062	0,3	7,6
Псырцха	100 / 10,1	11,5	7,2	4,1	-	0,066	0,3	4,8
Гумиста	112,7 / 9,7	19,5	8,04	0,8	-	0,388	0,1	4,0
Басла	103 / 9,1	21,3	7,3	2,1	1,33	0,090	0,4	3,6
Агудзера	190 / 15	26	8,81	8,7	1,88	0,010	<0,05	0,4
Хашипсы	121,5 / 10,8	10,28	7,23	0,87	-	0,026	<0,05	10,0
Устьевой приток р. Дгамш	53 / 4,6	20,5	8,15	3,6	11,29	0,190	0,5	4,0
Мыку	113,5 / 10,2	18,5	8,12	1,96	-	0,076	<0,055	15,2
Аапста	116 / 9,42	22	8,14	5,5	0,47	0,052	0,1	6,0
Дгамш	75 / 5,9	27	8,11	0,9	-	0,042	<0,055	14,4
Сухумка	112 / 9,6	23,2	8,3	2,9	3,29	0,506	0,3	6,4
Гнилушка	45 / 4,0	21,5	7,6	3,9	34,1	0,634	0,3	8,8

Из определяемых соединений тяжёлых металлов медь характеризовалась концентрацией, превышающей норму во всех пяти реках. Самое высокое значение отмечалось на р. Басла, где содержание меди достигало 18 ПДК (табл. 3).

Таблица 3

Содержание в воде загрязняющих веществ

Реки	Медь (Cu), мг/л	Свинец (Pb), мг/л	Кадмий (Cd), мг/л	Нефтепродукты, мг/л
Басла	0,0183 (18 ПДК)	0,0032	0,0002	0,0010
Сухумка	0,0035 (3,5 ДК)	0,0008	0,0000	0,0002
Гнилушка	0,0056 (5,6 ПДК)	0,0009	0,0000	0,0001
Кудры	0,0051 (5,1 ПДК)	0,0015	0,0002	-
Гудоу	0,0045 (4,5 ПДК)	0,0008	0,0001	-

Очень чистой по обоим показателям является река Аалдзга. «Очень чистыми» по ИЗВ и «вполне чистыми» по средним РП являются также реки Репруа, Гуандра, Хашипсы. Наиболее загрязнёнными оказались реки Гнилушка, Сухумка и приток р. Дгамш. Вода остальных рек характеризуется как «чистая» по ИЗВ.

Кислород, является одним из важнейших гидрохимических показателей состояния морской среды. Он обеспечивает существование водных организмов и определяет интенсивность окислительных процессов в морях и океанах. Изучение гидрохимических параметров в прибрежной зоне сухумской акватории является необходимой задачей для оценки качества воды и использования ее в целях рекреации.

Наибольшая среднемесячная концентрации кислорода в сухумской акватории наблюдается в марте (11,1 мг/л), что объясняется увеличением речного стока с суши и усилением процесса фотосинтеза (табл. 4). Минимальная среднемесячная концентрация кислорода наблюдалась в октябре и составила 9,5 мг/л. Среднемесячное распределение кислорода в Сухумской акватории Черного моря имеет тенденцию к повышению в зимне-весенний период и уменьшению в летне-осенний период. Между концентрацией кислорода и температурой воды сухумской акватории Черного моря выявлена отрицательная корреляционная связь, $r=-0,71$ [1]. Многолетняя средняя концентрация растворенного кислорода в прибрежных поверхностных водах Сухумской акватории Черного моря составляет 10,2 мг/л.

Таблица 4

Среднемесячное распределение гидрохимических параметров сухумской акватории Черного моря 1998-2010 гг.

Месяц	Темпер °С	pH	Раств. кислород мгО ₂ /л	Насыщение кислородом %	БПК мгО ₂ / л	Перман окисл. мгО ₂ /л	Соленос ть ‰
I	10	8,2	10,24	96,8	1,64	1,3	15,3
II	8,9	8,19	10,3	95,3	1,65	1,7	12,88
III	9,4	8,16	11,1	100,2	1,83	1,6	12,57
IV	11,8	8,14	10,5	101,7	2,04	1,8	12,05
V	15,2	8,22	10,6	112,4	1,78	1,8	12,3
VI	20,2	8,34	10,4	119,5	1,82	1,8	12,41
VII	24,2	8,24	9,8	118,6	1,69	1,6	13,24
VIII	26,0	8,25	9,7	123,5	1,85	1,8	14,34
IX	24,1	8,3	10,1	123,2	1,86	1,9	15,07
X	20,2	8,24	9,5	110,3	1,45	2,1	14,72
XI	16,1	8,25	10,2	109,1	2,06	2,0	14,74
XII	12,6	8,12	10,1	102,2	1,70	1,8	14,89
min	8,9	8,14	9,5	94,3	1,45	1,3	12,05
max	26,0	8,4	11,1	123,5	2,06	2,1	15,3
сред.	16,6	8,2	10,2	109,8	1,78	1,8	14,1

Оценка баланса органического вещества имеет исключительно особое значение для понимания динамики биологических процессов абхазской акватории Черного моря. Повышение концентрации органического вещества в морской воде приводит к усилению биохимической потребности кислорода. Наибольшая среднемесячная величина БПК₅ для поверхностного слоя составила 2,06 мгО₂/л и наблюдалась в апреле. Наименьшее среднемесячное значение БПК₅ наблюдалось в октябре (1,45 мгО₂/л) (см.

табл. 4). Значение БПК₅ в поверхностных водах морской акватории Сухума имеет тенденцию к повышению в весенний период (1,89 мг/л), обусловленные поступлением в воду некоторой части органического вещества, фотосинтезируемого фитопланктоном. Наименьшее сезонное значение БПК₅ наблюдается в зимний период (1,66 мг/л).

Зимой окисляемость в сухумской акватории среднем равна 1,6 мг/л, а в летний период, т.е. в период наибольшей интенсивности фотосинтеза, достигает 2,06 мг/л, в отдельные сроки несколько больше. Суточные изменения величин перманганатной окисляемости соответствуют колебаниям суточной фотосинтетической продукции кислорода. Наибольшая окисляемость приурочена к районам с наиболее высокой степенью насыщенности воды растворенным кислородом, что соответствовало наибольшей интенсивности фотосинтеза. Ниже кислородной зоны изменения окисляемости воды обуславливаются в основном динамическими процессами. Данные по окисляемости свидетельствуют о меняющейся по годам интенсивности биологической продуктивности в фотическом слое Черного моря. Сезонные изменения окисляемости отчетливо проявляются в прибрежной зоне и в акватории [1].

Измерение солености моря, особенно возле самого берега особенно актуально, так как результаты исследования необходимы для решения ряда задач, стоящих перед оптимальным использованием рекреационных ресурсов, развитием кормовой базы для промысловых морских организмов, улучшения бальнеологических ресурсов.

Средняя многолетняя величина солености в сухумской акватории составляет 13,52‰. Солёность поверхностных вод сухумской акватории Черного моря увеличивается с 11,8‰ в мае до 15,3‰ в декабре (рис.3).

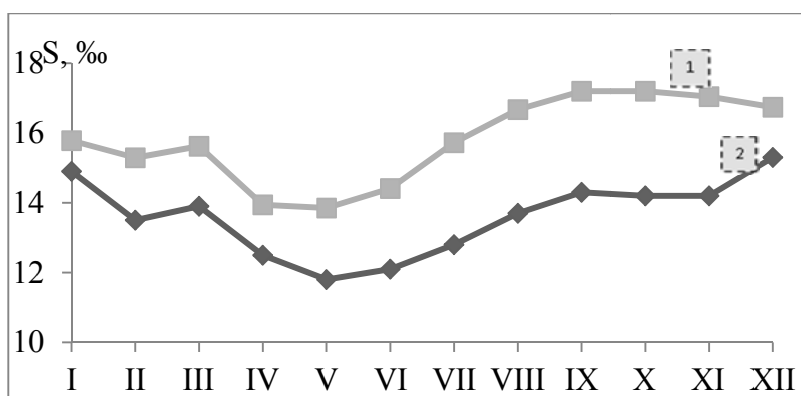


Рис. 3. Сравнение среднемесячных значений солености за 1998-2010 гг. (2) с предыдущим 1960-1985 гг. (1) периодом.

Из сезонного распределения солености следует, что в весенний период наблюдается наименьшее значение солености (12,7‰), что связано с повышением поступающего в море речного стока и осадков. В зимний период значительно уменьшаются количество речного и поверхностного стока, следствием чего является повышение солесодержание в прибрежных водах (17,6‰).

Из сравнительного анализа среднемесячных значений солености за 1998-2010 гг. с 1960-1985 гг. (см. рис.3) следует, что за последний период солесодержание в морской воде уменьшилось по сравнению с предыдущим в среднем на 2,3‰. Наибольшее снижение солености характерно для осеннего периода, что, скорее всего, связано с повышением количества осадков этот период времени.

Многолетнее распределение солености за последние с 1998 по 2010 гг. в сухумской акватории имеет тенденцию повышения на 4,56‰ (рис. 4).

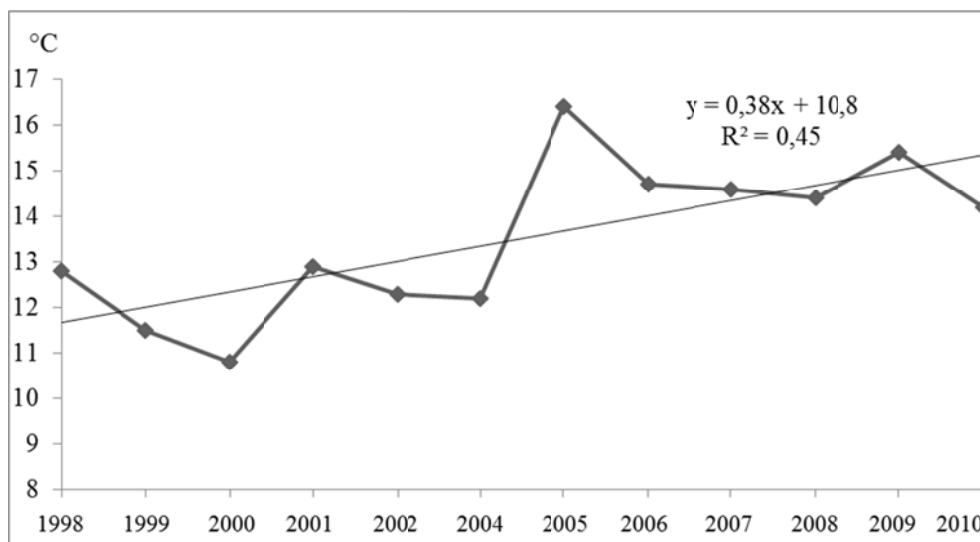


Рис. 4. Многолетние значения солености в сухумской акватории Черного моря.

Максимальное значение солености в 2005 г (16,4‰) объясняется наименьшим количеством осадков и речного стока в данном году, по сравнению с другими годами [2].

Концентрации биогенных веществ группы азота в прибрежных морских водах имеют сезонные колебания, не достигая уровня ПДК. Однако, в зонах влияния сброса сточных вод нередко наблюдается повышенный уровень биогенных веществ. Избыток биогенных элементов приводит к *эвтрофикации* морских вод – это вредное, губительное для морской экосистемы явление.

Из пространственного распределения биогенных элементов следует, что наибольшая среднегодовая концентрация азот нитратов (2,39 мг/л) и фосфор фосфатов (18,13 мкг/л) наблюдается в прибрежной зоне, т.к. в этой полосе происходит непосредственное загрязнение стоком впадающих в море рек. С удалением от береговой зоны, концентрация нитратов уменьшается до 0,36 мг/л, концентрация фосфатов - до 6,75 мкг/л [3]. Наиболее загрязненным биогенными элементами является п. Большой причал.

Динамика среднемесячного колебания концентрации азот нитратов показывает, что в мае их содержание в морской воде наибольшее и достигает значения 3,28 мг/л, минимальное содержание концентрации азот нитратов наблюдается в октябре (1,0 мг/л) (рис. 5).

В весенний период за счет применения минеральных удобрений в сельском хозяйстве происходит их вынос в море с речным стоком. Этим

можно объяснить, что в данный период времени наблюдается максимальная сезонная концентрация азот нитратов (2,7 мг/л). Минимальная концентрация азот нитратов наблюдается в осенний период (1,71 мг/л). Сезонное колебание концентрации фосфор фосфатов таково, что их содержание в летний период наибольшее (21,2 мкг/л), максимум наблюдается в июле (24,2 мкг/л). Максимальная концентрация фосфатов летом видимо, связана с интенсивным таянием ледников в горах и попаданием фосфора вместе с речным стоком в море. Наименьшее сезонное значение наблюдается осенью (14,11 мкг/л), минимум наблюдается в октябре (10,4 мкг/л).

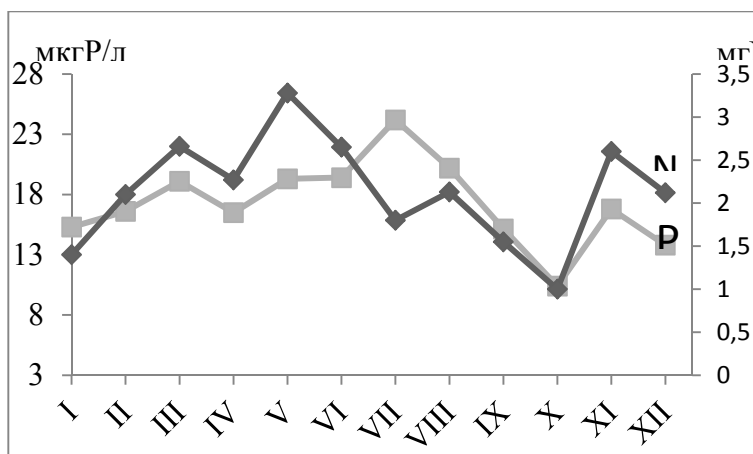


Рис. 5. Среднемесячное распределение биогенных элементов в сухумской акватории.

Следовательно, между распределением концентрации азот нитратов и фосфатов не наблюдается четко выраженной сезонной зависимости, однако по среднемесячному распределению в основном прослеживается синхронизация. Концентрация биогенных элементов сухумской акватории Черного моря не превышает предельно допустимой нормы [3].

ВЫВОДЫ

- Минерализация большинства рек является средней. По значению жесткости воды рек Абхазии можно охарактеризовать «мягкая» или «умеренно жёсткая».

- Из загрязняющих веществ, предельно допустимая концентрация нитратов и фосфатов превышена в девяти устьевых зонах рек и концентрация меди на всех шести реках, где этот показатель определялся.

- Для более глубокого изучения и выявления тенденции изменения гидрофизических и гидрохимических параметров целесообразным является проведение регулярных исследований.

- Среднее многолетнее значение солёности в сухумской акватории составляет 13,52 ‰. Экологическая роль солёности определяется видовым разнообразием рыб.

- Сезонные колебания содержания кислорода в верхнем слое моря, обусловлены как различной интенсивностью развития фитопланктона, так и различием температуры воды.

- Концентрация азот нитратов и фосфатов по сравнению с 80-годами, в абхазской акватории Черного моря сократилась в 2-3 раза и не превышает ПДК.

- Для снижения экологического вреда от воздействия речного стока необходимо строительство в городах централизованной ливневой канализации с очисткой ливневых вод.

Список литературы

1. Гицба Я.В. Температурный режим поверхностных вод и его влияние на окислительные процессы в сухумской акватории Черного моря. Труды VI Международной научно-технической конференции, Москва, 2011. С. 78-86.

2. Гицба Я.В., Эмба Я.А. Влияние регионального потепления климата на изменение температуры и солености поверхностных вод сухумской акватории Черного моря. Вестник Академии наук Абхазии, №3, Сухум, 2011. С. 201-207.

3. Гицба Я.В., Эмба Я.А. Динамика биогенных элементов сухумской акватории Черного моря. Доклады российского научно-технического общества радиотехники, электроники и связи им. Попова. Выпуск VII. Москва, 2013. С. 89-93.

4. Гицба Я.В., Эмба Я.А. Динамика гидрофизических параметров абхазской акватории Черного моря. // Материалы одиннадцатого международного симпозиума «Проблемы экоинформатики». МНТОРЭС им. А.С. Попова. Москва, 2014. С.76-80.

5. Наставление по гидрометеорологическим станциям и постам. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – Вып. 9. – ч. 1. – 312 с.

6. Семенов А.Д. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши.- Л., Гидрометеиздат, 1977.- 541с.

ФИЗИКО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ

А.Р. Гогия, А.К. Ахсалба

asida_cen@mail.ru

Абхазский государственный университет, Республика Абхазия, г. Сухум

Цель работы: изучить физико-экологические характеристики магнитно-резонансной томографии (МРТ) и измерить импульс электромагнитных полей, создаваемых МРТ.

Результаты и обсуждение

На сегодняшний день достигнут высокий уровень комплексного обследования человеческого тела за счет использования современных высокотехнологичных методов диагностики, основанных на разных функциональных возможностях. Как бы там ни было, но различные по принципу действия, все виды томографического сканирования имеют свои сильные стороны.

Существует большое множество всевозможных способов исследования, среди которых в медицине МРТ диагностика занимает лидирующее место по многим показателям. В ходе диагностического исследования пациенту предоставляется возможность получения точных и достоверных данных, содержащих полную информацию о состоянии его здоровья.

Благодаря инновационным технологиям, человек получает шанс на полное излечение от тяжелых заболеваний и полученных травм, врожденных

патологий и аномальных образований, ранее сложно диагностируемых и плохо поддающихся лечению ввиду позднего обнаружения, когда болезнь достигает своего превышения [3, с. 91; 5, с. 121].

В МРТ-диагностике данные получают с применением мощного магнитного поля (ядерно-магнитного резонанса), благодаря которому атомы водорода в организме человека начинают менять свое положение. Томограф посылает электромагнитные импульсы, а возникающий в организме эффект, улавливается оборудованием и перерабатывается в трехмерные изображения [1, с. 4].

Магнитно-резонансная томография — один из самых перспективных и быстро совершенствующихся методов диагностики. Опираясь на последние достижения электроники, новейшие информационные технологии, МР-томография позволяет за несколько минут получить изображения, сравнимые с анатомическими срезами (рис.1).



Рис.1 Аппарат для проведения МРТ в городской больнице г. Сухум.



Рис.2. Прибор SOEKS для измерения ЭМП.

Для того, чтобы понять метод МРТ, нужно разобраться в процессах, которые происходят с ядрами, помещенные в магнитное поле. Ключевые слова в раскрытии темы МРТ – магнит и ядро. Каким должно быть магнитное поле, чтобы заставить ядра атомов работать на науку? Какие атомы, каких молекул дают информацию о строении человека?

Следует начать с самого человеческого организма. Наше тело состоит из 1,5 десятков различных химических элементов: К, F, Mg, Cl и т.д. список можно продолжать, но нас в первую очередь интересуют доминирующие элементы, кислород и водород. Известно, что человеческий организм состоит из 75% воды, формула которой H_2O . Именно вода, а точнее один из ее составляющих элементов водород, главное действующее лицо в методе магнитно-резонансной томографии. Кислорода в организме человека даже больше чем водорода. Не будем забывать, что кислород входит в состав воздуха, которым мы дышим. Но атом кислорода более уравновешен, чем водород, поэтому в методе МРТ он не применим. Ядро водорода состоит из одного протона, который имеет магнитный момент, называемый спином.

Ядро может менять свою пространственную ориентацию в мощном магнитном поле и при воздействии внешних радиочастотных импульсов. На столь параметров протона его векторном направлении, а также привязанности к магнитному моменту протона можно установить в каких именно тканях организма находится тот или иной атом водорода. Проще всего представить атом водорода в виде магнитной стрелки компаса с плюсом и минусом.

Существует два положения магнитной стрелки атома водорода в пространстве и эти два положения характеризуются энергией, которую имеет этот атом – это низкое и высокое энергетическое положение. Соответственно хаотичное распределение стрелок атома на которое не воздействует внешнее магнитное поле, он находится в низко энергетическом состоянии. Когда он попадает во внешнее магнитное поле и выстраивается вдоль линии напряженности, он находится в высоком энергетическом состоянии.

Выстроить атомы водорода вдоль силовых линии магнитного поля, половина дела, даже треть. Необходимо качнуть каждый атом, заставить его прецессировать, а потом еще зафиксировать в момент возвращения атомов в стабильное состояния. Для понимания этого явления нам понадобится обыкновенная юла. Раскручивая юлу представим, что это атом водорода. Юла вращается, положение ее стабильное. Качнем разок юлу в сторону, чтобы вращение ее пошло не по вертикальной оси. Это и есть прецессия.

Подобно этому волчку, атомы водорода, попадая в магнитное поле, они не расположены строго вдоль линии напряженности. Они прецессируют вокруг этой линии.

Юлу мы заставляем прецессировать своей рукой, а для атома водорода толчком служит импульс электромагнитной волны.

Мы можем заставить на какое то время отклонить стрелку атома от линии напряженности магнитного поля, т.е. сообщив энергию из вне этим радиоимпульсам, мы отклоняем стрелку атома. Стрелка постепенно начинает терять свою энергию и начинает возвращаться в свое первоначальное положение. В момент возврата атома водорода к своему стабильному состоянию, определяется магнитно-резонансной томографией. Дело в том, что все атомы водорода в организме человека реагируют на внешний электромагнитный импульс по разному. Одни отклоняются сильнее, другие в меньшей степени. Соответственно одни теряют больше энергии, другие меньше. Эту разницу регистрирует аппаратура томографа.

Они по сути представляют из себя антенны, т.е. это такие замкнутые контуры, состоящих из различных проводников и блоки усиления и регистрации сигнала.

Посмотрим как теоретически как основы ядерного магнитного резонанса представлено на практике. Исследуемый на томографе пациент помещается в постоянное магнитное поле. Радиоизлучатели посылают электромагнитные импульсы, катушки фиксируют электродвижущую силу возникающие при возвращении атома водорода в равновесное состояние. Вся исследуемая область, например головного мозга, представлена в виде

трехмерной матрицы, каждый ячейке которой соответствует свой радио сигнал и своя регистрационная часть. Каждый участок исследуемой области на экране представлена в виде темных и светлых областей. Градация серого цвета и дают точную картину состояния внутренних органов человека. Врач, который рассматривает эти изображения, он сравнивает с представлением о норме и все что отличается от нормы он должен интерпретировать. Здоровая ткань отличается от N-ых цветом, причем эти различия они различны в зависимости от используемой импульсной последовательности радиочастотной, т.е. где то одна ткань светлее чем другая, где то наоборот [5, с. 210].

Метод МРТ позволяет вести диагностику с точностью от 1-2 мм. Это гораздо точнее чем привычных нам рентгеноскопии и узи. Но у МРТ есть свои ограничения. Молекулы воды, а следовательно водорода в человеке много, но есть ткани и области, где воды нет совсем. Те ткани, которые не содержат молекулы воды они практически не дают радиочастотных импульсов, это воздух и твердые ткани, где содержится много кальция или плотная костная ткань. Там содержание воды отсутствует, поэтому, допустим, чтобы увидеть изображение легких метод МРТ не подходит. Понятное дело, что процедура МРТ не подходит обладателям металлических имплантантов или пациентов с кардиостимуляторами. Магнитное поле в современных томографах очень сильное. Величина индукции магнитов составляет от 1,5 до 7 Тл. Человек может теоретически сутки пролежать на магните и это не повлияет на него. Может быть это и так, ведь мы живем в магнитном поле Земли и ничего. Тем не менее из первоначального метода ядерного магнитно-резонансного томографии слово «ядерное» убрали. Как говорят сами создатели МРТ, для того, чтобы не смущать людей, страдающих радиофобией. Оно и к лучшему. Все что нам нужно это элементарно его намагнитить, развернуть и снять показания [2, с. 67].

Для получения более четкого изображения патологически измененных участков в головном мозге применяют эффект усиления контрастности, которых достигается внутривенным введением рентгеноконтрастного вещества. Контрастное вещество вводится рентгенологом внутривенно в необходимый участок тела.

Увеличение плотности изображения на компьютерной томограмме после внутривенного введения контрастного вещества объясняется внутри- и внесосудистыми компонентами. Внутрисосудистое усиление находится в прямой зависимости от содержания йода в циркулирующей крови. При этом увеличение концентрации на 100 мг йода в 100 мл обуславливает величины абсорбции на 26 ед.Н. (ед.Н. - единицы Хаунсфильда или числа компьютерной томографии). При компьютерно-томографических измерениях венозных проб после введения 60% контрастного вещества в дозе 1 мл на кг массы тела, плотность потока повышается в среднем в течение 10 мин после инъекции, составляет 39,2 плюс-минус 9,8 ед.Н. Содержание контрастного вещества в протекающей крови изменяется в результате того, что относительно быстро начинается выделение его почками. Уже в течение

первых 5 мин после болюсной инъекции концентрация вещества в крови в среднем снижается на 20%, в последующие 5 мин - на 13% и еще через 5 мин - на 5%.

Нормальное увеличение плотности мозга на компьютерной томограмме после введения контрастного вещества связано с внутрисосудистой концентрацией йода. Можно получить изображение сосудов диаметром до 1,5 мм, если уровень йода в крови составляет примерно 4 мг/мл и при условии, что сосуд расположен перпендикулярно к плоскости среза. Наблюдения привели к выводу, что контрастное вещество накапливается в опухолях [4, с. 89].

Главные преимущества МРТ — точность. Современные высокопольные томографы позволяют проводить обследование исследуемой области тонкими срезами, в трех проекциях, с получением высококачественных изображений.

МРТ - абсолютно безвредная процедура для организма пациента. В этом она превосходит компьютерную томографию, использующую в своей работе рентгеновское излучение. Следует отметить, МРТ не только безопасный, но и полностью безболезненный метод лучевой диагностики.

Нами было проведено измерение импульса электромагнитного поля (ЭМП) МРТ. Измерение производили с помощью прибора SOEKS (рис.2). Режимы измерения ЭМП в жилом помещении, жилой зоне и от ПЭВМ имеют предустановленные в соответствии с нормами пороги срабатывания звукового, цветового и текстового предупреждения.

Результаты измерения представлены в табл.1.

Таблица 1

Измерение импульса электромагнитного поля во время проведения МРТ в кабинете оператора

	Электрическое поле	Магнитное поле
ЭМП от МРТ	превышает	превышает
Просмотр прибора		
Ex	54,3	V/m
Ey	95,1	V/m
Bx	0,004	uT
By	1,07	uT
Bz	0,31	uT

Таблица 2

№	Ф.И.О. пациента	пол	возраст	исследуемая область	артериальное давление <u>до/после</u>	сердечное давление <u>до/после</u>
1	Сабуа М.А.	жен	7.12.46г.	ГОП –грудной отдел позвоночника	130/140	80/80
2	Хишба Д.А.	муж	6.10.80г.	ГМ – головной мозг	220/220	110/110
3	Кове В.П.	муж	19.12.48г.	ГМ – головной мозг	120/135	80/90

Примечание: ранее хронических заболеваний у пациентов врачом обнаружено не было

Из таблицы 1 видно, что МРТ является источником ЭМП с превышением уровня как электрического, так и магнитного поля.

С целью выяснения влияния ЭМП МРТ на пациентов нами были измерены давления некоторых пациентов до/после проведения МРТ (табл.2).

Из таблицы 2 видно, что превышение артериального и сердечного давления у пациентов незначительное.

Список литературы

1. Антонов А.О., Антонов О.С., Лыткин С.А.//Мед.техника.-1995.- № 3. - С.3-6.
2. Михайленко А.А. Клиническая неврология (семиотика и топическая диагностика): учебное пособие. - 2-е изд., перераб. и доп. - СПб: ООО «Издательство ФОЛИАНТ», 2012. - 432 с.
3. Марусина М.Я., Казначеева А.О. Современные виды томографии. Учебное пособие. - СПб: СПбГУ ИТМО, 2006. - 132 с.
4. Помозгов А.И., Терновой С.К., Бабий Я.С., Лепихин Н.М. Томография грудной клетки / -К.:Здоровья,1992.- 288 с.
5. Уэбба С. Физика визуализации изображений в медицине: В 2-х томах. Т.1:Пер. с англ./Под ред.-М.:Мир, 2000.- 408 с.

О ПРОЦЕССЕ ФОРМИРОВАНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КАРКАСА СМОЛЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

Е.В. Денченкова

denchenkova81@mail.ru

Смоленский государственный университет, Россия, г. Смоленск

В статье рассматривается необходимость создания полноценного экологического каркаса территории Смоленской области. Представлено состояние проблемы на текущий период, предложены направления исследований для оптимизации усилий по разработке экологического каркаса Смоленской области.

Ключевые слова: экологический каркас, Смоленская область, региональный экологический каркас, рациональное природопользование.

Поддержание и сохранение устойчивости среды обитания человека в настоящее время является одним из наиболее актуальных вопросов. На всем протяжении своей истории человечество изменяло окружающий его мир, и воздействие это росло и продолжает расти с ростом человеческой цивилизации. В результате этого многие природные объекты полностью или частично утратили свою устойчивость способность к самоподдержанию.

Антропогенное воздействие на территорию увеличивает свою интенсивность и характеризуется достаточно большим разнообразием (распашка, застройка, добыча полезных ископаемых и т.д.), что приводит к снижению биоразнообразия, потере коренных ландшафтов и снижению генетического и элементарного разнообразия территории в целом. Возникающая нестабильность природной среды на фоне растущего негативного антропогенного воздействия являются серьезной угрозой жизни и здоровья людей, населяющих данную территорию. Кроме того возникшая нестабильность природных ландшафтов может пагубно сказаться и на

развитии техногенной сферы (удорожание строительства и производства, дополнительное воздействие на конструкционные материалы, потеря транспортных путей из-за обмеления рек и т.д.).

Самым распространённым способом защиты природной среды являются узконаправленные запреты на использование того или иного объекта природы или создание особо охраняемых природных территорий различного ранга. Данная практика, несомненно, имеет огромное значение в сохранении природы, однако не может полностью выполнить поставленную перед нами задачу поддержания стабильного функционирования природных систем на всей территории обитания человека. ООПТ – это всего лишь часть территории с особой системой природоохранной деятельности. Они представляют мозаику из ландшафтов или объектов природы, зачастую не имеющих возможности соприкасаться и взаимодействовать друг с другом. Без их объединения с помощью специальных коридоров по которым возможно свободное перемещение живых организмов, вещества и энергии невозможно добиться той эффективности, которая необходима в современном мире.

Логичным представляется объединение элементов охраны природы всех уровней в одну спланированную, эффективно функционирующую структуру, представляющую пространственно связанную сеть природных и полуприродных территорий.

Проекты «экологических сетей» впервые появились в региональном планировании, которые были направлены на охрану мест обитания редких животных и растений и преодоление изоляции разорванных ареалов. По определению экологическая сеть – это сформированная система территорий, которые пространственно и функционально связаны и ранжированы по значению для сохранения ландшафтного и биологического разнообразия и поддержания экологического равновесия. Экологические сети объединяли отдельные резерваты и уникальные биоценозы с помощью «зелёных коридоров», по которым мог происходить миграционный обмен между изолированными биотопами (Чибилев А. А., 1994; Мизеханова З.Р., Шлотгауэр, 1998). Именно концепция взаимосвязанных резерватов послужила методической основой создания региональных экологических каркасов, суть которой – в сопоставлении охраняемых территорий основным каркасным элементам (Кулешова М.Е., 1999).

Одним из первых начинаний в этой области в России стала программа НПО «Сердце России», разработанная в 1994 г. (Соболев, 1998). По состоянию на 2003 г. Центр охраны дикой природы (ЦОДП) и ЗАО «Институт геоэкологии» совместно с региональными партнёрами подготовили проект Экологического каркаса Центра Русской равнины (Владимирская, Калужская, Московская, Рязанская, Смоленская, Тверская, Тульская, Ярославская области и город Москва). К 2005 г. в качестве природоохранного приоритета территориального развития должен был быть выявлен и определён Экологический каркас Российской Федерации (РУСЭКОНЕТ). При этом на федеральном уровне должны осуществляться

функции общего надзора и межрегиональной координации, в то время как планирование, развитие и управление должны быть обеспечены органами власти субъектов Российской Федерации и органами местного самоуправления совместно с администрациями ООПТ, специалистами, неправительственными организациями, землепользователями и местным населением. Формирование Экологического каркаса Российской Федерации должно происходить в рамках естественных биорегионов, относительно однородных по структуре и составу биоты и по протекающим природным процессам. Антропогенные нагрузки на окружающую среду распределены по территории России неравномерно.

В современной географической литературе используются разные термины – «экологическая сеть» (Шварц Е.А., 1998; Соболев Н.А., 1999), «экологический каркас» (Кулешова М.Е., 1999; Елизаров А.В., 1999; Мирзеханова З.Р., 1998), «природный каркас» (Кавалюскас П., 1985; Реймерс Ф.Н., 1990), «природно-экологический каркас» (Преловский В.И., 1996), «природоохранный каркас» (Тишков А.А., 1994), «природно-заповедный каркас» (Чибилев А.А., 1997), «каркас устойчивости» (Тишков А.А., 1995; Шестаков А.С., 1995), «геоэкологический каркас» (Зархи-на Е.С., Сохина Э.Н., 1989), эколого-геосистемный каркас (Матис Э.Г., 1991) [1, с. 12].

В данной работе мы используем термин «экологический каркас территории» (ЭКТ). Представления о нем основаны на системе охраняемых природных территорий как пространственно и функционально взаимосвязанной совокупности участков различного назначения и использования. Экологический каркас понимается нами как компенсационная система, состоящая из взаимосвязанной сети участков с различными ограничениями на использование с целью обеспечения устойчивости циклов возобновления ресурсного потенциала, поддержания сложившегося биологического разнообразия. Основными функциями каркаса являются поддержание естественного режима природных процессов, определяющих существование ландшафтов, экосистем, биологических видов и популяций, экологизация хозяйственной деятельности. Создаваемая система не означает отказа от других форм охраны природы, а представляет собой их интеграцию и развитие [2, с. 46].

Таким образом, основная задача экологического каркаса территории заключается в грамотном сочетании источников негативного воздействия с территориями способными за счёт природоохранного режима ослаблять негативное воздействие на окружающую среду. В настоящее время, в рамках формирования ЭКТ, необходимо грамотно распределять по территории не только ООПТ, но и промышленные объекты приносящие вред природе. Все они будут ядрами каркаса или так называемыми крупноареальными элементами. Важным элементом ЭКТ требующим особого внимания при планировании являются линейные элементы или экологические коридоры. Это – оси экологической активности, обеспечивающие объединение разрозненных популяций. Они могут быть представлены как природными объектами – реки, так и природными элементами антропогенно-технических

объектов – лесополосы вдоль дорог, миграционные коридоры пересекающие крупные транспортные артерии.

На территориях с высокой активностью хозяйственной деятельности для этих целей выделяются зоны покоя, представляющие небольшие массивы леса (колки) среди пашни, позволяющие размножаться птицам, зайцам и другим мелким животным, озера и другие места остановки мигрирующих птиц, места массового размножения, токовища, нерестилища. Формирование системы транзитных «коридоров» играет ведущую роль в миграции животных, сохранении биоразнообразия. Точечные объекты позволяют также сохранить отдельные уникальные природные объекты, которые, как правило, не имеют площадных характеристик. По управлению они являются объектами целевой охраны [3, с. 196].

Объектом наших исследований является Смоленская область. Это – хорошо освоенная территория со сложной ландшафтной и хозяйственной структурой, позволяющая выделить все элементы экологического каркаса. Территория области в настоящее время представляет яркий пример хозяйственных, социальных и экологических противоречий, обострившихся в процессе хозяйственного использования.

Изучение и составление экологического каркаса на территории Смоленской области проводилось только в рамках Проекта Экологического каркаса Центра Русской равнины 2003 года. ООПТ области занимают 12,05 % от общей площади. Так же экологический каркас области включает в себя все водоохранные зоны крупных и мелких рек, лесозащитные полосы дорог и сельскохозяйственных угодий, зелёные зоны населённых пунктов области.

Основой экологического каркаса Смоленской области в таких условиях должны стать ООПТ не только федерального и регионального, а так же местного значения. По данным Департамента природных ресурсов и экологии Смоленской области на 2016 год утвержденный перечень действующих ООПТ области (исключая федеральные) включает в себя 131 объект. Из них 81 – регионального значения, а 50 ООПТ местного. Наибольший интерес для нас представляют региональные территории подведомственные Департаменту природных ресурсов и экологии Смоленской области, они включают 51 памятник природы и 1 заказник. [4, с. 58].

В наших исследованиях мы хотим определить все имеющиеся в области элементы ЭКТ и на их основе определить существующий экологический каркас области, что бы в дальнейшем рационально сформировать наиболее эффективную структуру каркаса.

Первым шагом стало пространственное распределение ООПТ области и основных промышленных объектов (как ядер каркаса) в сопоставлении с линейными объектами. Полученные данные можно представить в виде карты-схемы рис. 1.

Анализ карты показывает, что ООПТ размещены неравномерно, однако покрывают всю территорию области. Большая их часть располагается на севере и северо-западе области, что объясняется не только высокой степенью

освоенности данной территории, но и наличием здесь большого числа уникальных природных объектов. Данная территория подверглась воздействию Днепровского оледенения, что стало причиной появления причудливых форм рельефа в зоне краевых образований ледника.

Скопление ООПТ далеко не всегда соответствует расположению хозяйственных объектов, что снижает эффективность работы каркаса. Расположение линейных объектов так же не достаточно равномерно. Таким образом, можно сделать вывод, что основа ЭКТ Смоленской области требует более детального изучения и внесения предложений по его формированию, основанных на проведении комплексных исследований территорий. Также необходимо объединение усилий не только ученых экологов, но и биологов и географов, что позволит всесторонне оценить состояние ЭКТ и учитывать полученные данные при планировании народно-хозяйственной и природоохранной деятельности.

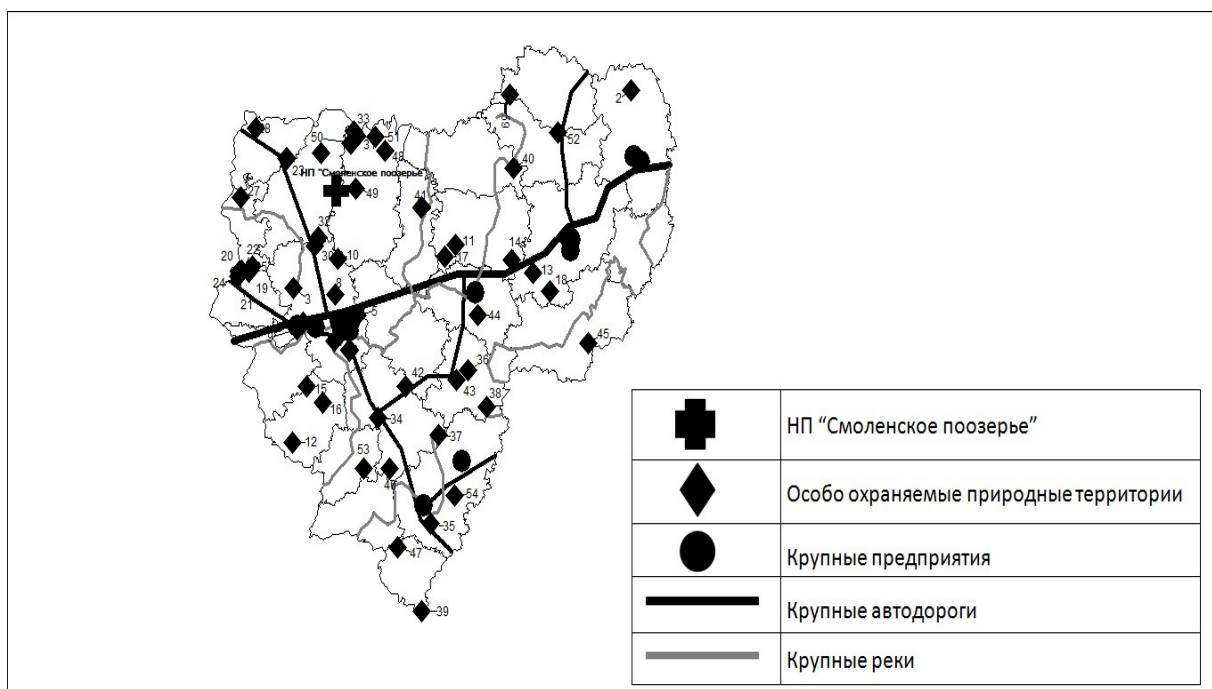


Рис. 1. Основа экологического каркаса Смоленской области.

В настоящий момент совместно с Департаментом природных ресурсов и экологии Смоленской области мы разрабатываем план мониторинговых мероприятий региональных ООПТ области, что поможет нам в дальнейшем планировать корректирование самого каркаса территории.

Список литературы

1. Концепция системы охраняемых природных территорий России (Проект): Рабочие материалы. М.: Изд-во РПО ВВФ, 1999. 30 с.
2. Мирзеханова З.Г. Экологический каркас территории: назначение, содержание, пути реализации // Проблемы региональной экологии. 2000. № 4. С. 42-55.
3. Панченко Е.М., Дюкарев А.Г. Эколого-функциональное зонирование Обь-Томского междуречья и охрана окружающей среды // Вестник Томского государственного университета. 2007. Вып. 305. С. 197-202.

4. Петров И.С. Формирование экологического каркаса Смоленской области Геопоиск-2016: Материалы I Всероссийского конгресса молодых ученых-географов, Тверь, 3-9 октября 2016 г. Тверь: Изд-во ТвГУ, 2016 С. 55-58.

ЭТНОКУЛЬТУРНЫЙ ТУРИЗМ И ПРЕДПОСЫЛКИ ЕГО РАЗВИТИЯ В РЕСПУБЛИКЕ АБХАЗИЯ

А.А. Зарандия, И.В. Тания

zarandiya1995@mai.ru

Абхазский государственный университет, Республика Абхазия, г. Сухум

В последнее время основной акцент многих исследователей смещается в сторону этнической тематики. Этнический фактор во многом определяет ценность того или иного объекта туристского интереса. В частности, выбор путешественником конкретных экскурсионных объектов для посещения чаще всего продиктован к культурно – историческому наследию страны или региона в целом. Культурный эволюционизм служит важной теоретической основой развития туризма образа жизни – одного из самых динамичных в долгосрочной перспективе подвидов путешествий с этнокультурными целями. Особое внимание этнокультурного туризма обусловлено глобальной тенденцией к росту интереса к этнокультурной сфере со стороны рынка путешествий. В ряде стран этнокультурный туризм или отдельные его подвиды стали визитной карточкой туристской индустрии – позволят улучшить деловую репутацию территорий [2; 3; 4, с. 17]. В связи с этим изучение этнокультурного туризма становится актуальной.

Для становления этнокультурного туризма, большое значение для его последующего развития приобретают богатство и разнообразие ресурсной базы. Этнографическое наследие включает системы природопользования, жизненные уклады, обычай, язык, кухню, планировку и вид поселений и строений, формы народного творчества, религиозные и прочие явления духовной культуры [1, с. 10]. Рассмотрение теоретических основ развития этнокультурного туризма, особенно таких его подвидов, как антропологический, этнопознавательный и ностальгический туризм, предполагает необходимость обращения к теории пространственной организации населения, или расселения населения.

Этнокультурный туризм – совокупность различных форм туристской активности, обусловленных стремлением к познанию многообразия феноменов этнокультурной сферы. В пользу необходимости признания самостоятельного и комплексного характера этнокультурного туризма свидетельствует специфика используемых в его рамках туристских ресурсов, мотивации его участников, квалификационных требований к кадрам и менеджменту. По аналогии с этнотуризмом, становление которого как полноценного феномена туристской индустрии заняло не одно десятилетие, избрание этнокультурного туризма, вероятно, произойдет лишь после его организационного оформления в школах высшего и профессионального туристского образования. Выраженную этнокультурную окраску имеет и такой подвид этнокультурного туризма, как эколого – этнографический –

путешествие с целью приобщения к самобытной культуре различных этно-территориальных сообществ в привычной среде их проживания.

Эколого-этнографический туризм в научной литературе на протяжении многих десятилетий продвигался в качестве подвида другого, не менее известного вида «мягкого туризма» - экологического. Основанием для отнесения эколого – этнографических путешествий к разряду этнокультурного туризма служит сложившаяся на отечественном рынке модель восприятия экологических путешествий.

Экотуризм рассматривает в неразрывной связи природы и человека, точнее, результатов его тысячелетнего воздействия на окружающую среду. К категории памятников культуры, несомненно, следует отнести широкий спектр объектов религиозного характера. Само определение экотуризма предполагает возможность включения в перечень объектов туристского показа и тех, что имеют определенное культурное значение. Недаром в последние десятилетия такой подход получил широкое признание среди профессиональных организаторов и участников туристского движения [4, с. 164].

Следует различать культурно – познавательный и этно-познавательный туризм (рис.1.) Принципиальное различие между этими подвидами туризма заключается в отношении к культурным ландшафтам. Как разновидность культурных ландшафтов этнокультурные ландшафты являются объектами исследования, в первую очередь со стороны этнографии, этногеографии, культурологи. В рамках устоявшейся модели познавательного туризма внимание путешественника акцентируется, прежде всего на памятниках истории и культуры, особенно мирового или хотя бы национального значения.



Рис. 1. Подвиды этнокультурного туризма

Большой потенциал таит в себе и такой подвид этнокультурных путешествий, как антропологический туризм, под которым понимает поездки, обусловленные желанием приобщиться к образу жизни тех или

иных этнокультурных групп. По оптимистическим прогнозам, уже спустя два-три десятилетия почти 30% всех международных туристских поездок на земном шаре будут обусловлены соответствующей мотивацией. Огромное преимущество туризма образа жизни заключается в том, что воспроизводство ушедших этнических культур и сохранение традиций ныне существующих народов не обязывают организаторов от туризма, включать в программу тура обширные территории. Напротив, рамки тура могут охватывать не большие территории – административный район и даже местность.

Исходя из выше изложенного, целью исследования является, изучение этнокультурного туризма и предпосылки его развития в Абхазии. В рамках поставленной цели решались следующие задачи:

- изучение этнокультурной туристики и этнокультурных видов туризма;
- изучение ресурсного потенциала этнокультурного туризма;
- изучение этнокультурного туризма и предпосылки его развития в Абхазии

Для разработки и описания этно-познавательной экскурсии нами было выбрано село Отхара Гудаутского района. В селе Отхара в течении многих лет, ведутся историко – археологические раскопки. В результате чего обнаружено дольменное городище – кромлехи, свидетельствующие о населенности этой территории с древних времен (рис. 2.). Здесь до сих пор сохранились традиционные обряды, праздники. Село знаменито своими сказителями, долгожителями. Женщины этого села знамениты рукоделием и ткачеством. Материалы, собранные из этого села, хранятся в Абхазском Государственном музее.



Рис. 2. Дольмен в с. Отхара

Богатая природа, исключительные климатические условия, историко-археологические памятники, все эти условия дают возможность привлечь множество туристов и отдыхающих из разных стран, а также для создания «Этнокультурного села». И это не случайно так как имелся проект представленный в Абхазский государственный музей по созданию этнокультурного парка в пределах данного села. При изучении представленного проекта нами было установлено, что создатели проекта хотя и руководствовались существующими подходами, многие важные моменты и положения были упущены. Поэтому нами предлагается методическая разработка авто-пешеходной этно-познавательной экскурсии в пределах села

Отхара на тему: «Этнические особенности абхазов». Актуальность: Изучение, сохранение духовного творчества народа, живущих на данной территории, служить духовному объединению людей и быть местом общения. Цель экскурсии: Воспитание любви к Родине и бережное отношение к духовной культуре. Задача экскурсии: Знакомство с историческим прошлым, с колоритом образа жизни местных людей и уникальным природным комплексом села. Продолжительность экскурсии: 7 часов. Способ передвижения: авто-пешеходная. По содержанию: Познавательная. Форма проведения: Обзорная. По месту проведения: Городская – пригородная – сельская. Группа экскурсантов: 20-25 человек.

На территории «Этнокультурного села» будут расположены следующие объекты (рис. 3.):

1. Деревянный дом (Акуаскья) и Апацха, расположенная в самом центре «Села».
2. Кузнечная, оружейная и гончарная мастерские.
3. Медовая пасека. Винодельня. Водяная мельница.
4. Дом с музыкальными инструментами.
5. Загон для скота. Сады и огороды.



Рис. 3. Этнокультурное село

На основании собранного материала было установлено: что в настоящее время имеется проект «Этнокультурного села». Всесторонний анализ проекта «Этнокультурное село» говорит о серьезной пользе всем принимающим участие в его реализации. Село Отхара станет одним из самых посещаемых в Абхазии, будет создано более ста новых рабочих мест при этом остальные объекты, расположенные на территории села обретут значимость. Получит развитие ремесло и Республика Абхазия прославится не только красотами природы, но и благодаря глубокой духовности и высокой культуре абхазов, выдающемуся мастерству местных умельцев.

Это будет не просто село, и не просто парк, это выставка достижений народного хозяйства! Площадка для обмена опытом и знаниями! Сцена для проведения всевозможных национальных и народных празднеств!

Жилище – одна из важнейших сторон быта и культуры любого народа. Изучение жилища способствует решению многих проблем истории народов. История жилища восходит к до человеческого периоду (рис. 4).



Рис. 4. Плетеный дом, «Апацха».

Самое распространенное жилище этого типа — плетеное или турлучное называется в Абхазии «апацха» [1, с 72]. Главное жилое помещение строилось в середине двора. Размеры и строительный материал жилища находились в зависимости от состоятельности хозяина. Рядом с главным жилым помещением располагалась небольшая постройка, выполняющая роль кухни. У зажиточных хозяев были и отдельные помещения для прислуги. Во дворе, позади дома, устанавливалось временное помещение для новобрачных (амхара).

Народная одежда представляет собой богатый источник, характеризующие творчество народа, его искусство, вкусы и эстетические потребности. Представляя собой один из элементов материальной культуры, она принадлежит к числу наиболее устойчивых этнических признаков. Рядом советских исследователей отмечено, что формы народной одежды, сложившись в глубокой древности, не остаются неизменными на протяжении истории. Они изменяются как на основании внутренних процессов развития общества, так и в результате культурного взаимодействия народов. Однако в своих формах и деталях одежда на протяжении сотен лет хранит следы своего происхождения (рис. 5.).



Рис. 5. Традиционная одежда абхазов

За годы советской власти значение кузнечного ремесла несколько снизилось. В настоящее время кузнецы занимаются ремонтными и восстановительными работами, ремонтируют поломки сельскохозяйственной техники. Четырехугольные плетеные помещения для кузни на территории Абхазии стали появляться только в XIX в.

Абхазы традиционно в процессековки используют молот, клещи и наковальню, и называют их «ахнышна», что в переводе означает «три руки» (рис 6). В Абхазии существует такая традиция, что заказчик не должен торговаться с кузнецом по цене, а платить ту сумму, которую он скажет. В свою очередь мастер не должен завышать цену на свой товар, поскольку кузница место святое и не прощает таких вещей. Особым спросом пользуются национальные ножи. Работу над таким изделием выполняет один мастер. Все делается вручную, и сам процессковки, и обработка клинка, и создание рукоятки [1, с 54].



Рис. 6. Кузнечное ремесло



Рис. 7. Виноделие

Абхазия - страна с древней историей виноделия. Оно появилось здесь за несколько тысячелетий до нашей эры. Это вторая после Ближнего Востока территория, где обнаружены следы древней цивилизации, знакомой с виноделием. Об этом свидетельствуют археологические находки. Среди них кувшины с остатками косточек винограда, которые были найдены в дольменах III-II тысячелетий до н.э.

И в античности и в наши дни вино остается божественным даром: оно радует, лечит, поднимает настроение и, если это хорошее вино, то оно "бальзам" и для души. Вино является традиционным напитком абхазов (рис. 7.). При обычной трапезе и на пиршествах предпочитают натуральное черное вино из винограда Изабелла, реже - из других местных сортов винограда. Зарывавшиеся в землю глиняные сосуды, использовавшиеся для консервирования и созревания вина, использовались на Западном Кавказе уже 8000 лет назад.

Музыка у абхазского народа преимущественно вокальная, игра же на музыкальных инструментах представляет лишь дополнение к ней. Тем не менее, абхазский музыкальный инструментарий очень развит и заслуживает большого уважения и внимания из-за сохранившихся в нем архаизмов. Он состоит из ударных, духовых, струнных и пневматических инструментов. В абхазском инструментарии наиболее многочисленно представлены струнно-щипковые инструменты — ачамгур, апандур, аюмаа, ахымаа (рис. 8).



Рис. 8. Музыкальные инструменты

Таким образом, всесторонний анализ проекта «Этнокультурное село» говорит о серьезной пользе всем принимающим участие в его реализации. Село Отхара станет одним из самых посещаемых в Абхазии, будет создано более ста новых рабочих мест при этом остальные объекты, расположенные на территории села обретут значимость. Получит развитие ремесло и Республика Абхазия прославится не только красотами природы, но и благодаря глубокой духовности и высокой культуре абхазов.

Список литературы

1. Аджинджал И.А. Из этнографии Абхазов. Изд-во «Алашара» 1969. С.258.
2. Александрова А. Ю. Международный туризм. - М.: Аспект Пресс, 2001. С. 324.
3. Калуцков В.Н. Основы этнокультурного ландшафтоведения. - М., 2000. С. 228.
4. Колбовский Е. Ю. Экологический туризм и экология туризма. - М., 2006. С. 325.

ПРОБЛЕМЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ В ЗАДАЧАХ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ МОРСКИХ СРЕД

Н.Б. Захарова

zakharova_nb@mail.ru

*Институт вычислительной математики Российской академии наук
Россия, г. Москва*

Настоящая работа посвящена обработке гидрофизических данных, которая включает как интерполяцию данных на расчетные сетки численных моделей термодинамики исследуемых акваторий, так и верификацию получаемых данных наблюдений. Обозначены проблемы, с которыми приходится сталкиваться при интерполяции данных наблюдений в задачах математического моделирования морских сред. Необходимость проведения дополнительной верификации данных обоснована на примере оперативных данных наблюдений о температуре поверхности Балтийского моря, получаемых со спутников. Приведен метод, реализованный для проведения дополнительной верификации данных, основанный на статистических подходах. Представлены результаты численных экспериментов.

Введение

Развитие дистанционных методов наблюдений морской поверхности с искусственных спутников Земли достигло совершенно нового уровня в течение последних двадцати лет. В эти годы произошел переход от экспериментов к опытной эксплуатации спутниковых систем наблюдения

Мирового океана и отдельных его акваторий. Современная аппаратура дистанционного зондирования позволяет проводить разнообразные регулярные наблюдения в широкой полосе и с высоким пространственным разрешением, что дает возможность обозревать одну и ту же область исследуемой акватории Мирового океана с высокой частотой во времени. Точность дистанционных измерений вполне соответствует требованиям океанологической практики. В силу этого дистанционное зондирование морских сред из Космоса рассматривается сейчас как основной источник непрерывной информации о Мировом океане и его изменчивости.

Наряду с увеличением информации о состоянии наблюдаемых сред, растет и качество математических моделей исследуемых акваторий [10], которое зависит также от ассимиляции данных наблюдений [5]. В связи с этим, задачи обработки получаемых данных наблюдений являются всё более актуальными, и наравне с ростом количества и качества поступающей информации, растут также методы обработки получаемых данных, позволяющие использовать новые возможности измерительных систем.

В задачах математического моделирования от качества данных наблюдений и точности построенных по ним полей наблюдаемых величин во многом зависит точность модельных расчетов, прогнозов и проводимых экспериментов [8]. Поэтому этап обработки данных наблюдений является неотъемлемой частью решения задач математического моделирования морских сред. Обработка данных включает интерполяцию данных на расчетные сетки численных моделей термодинамики исследуемых акваторий и верификацию получаемых данных наблюдений.

Интерполяция данных наблюдений

При реализации интерполяции данных на регулярные сетки приходится сталкиваться с целым рядом проблем.

Одной из таких проблем является асинхронность данных наблюдений по времени. Данные наблюдений с разных источников поступают с различной частотой по времени. Так, измерения со спутников температуры поверхности моря (ТПМ) производятся постоянно, «покрывая» акваторию Мирового океана до двух раз в сутки. Данные каждого буя системы ARGO обновляются с периодичностью в 10 суток. А температура на глубинах свыше 2000 м. практически не изменяется с годами. Таким образом, возникает проблема оптимального совмещения данных с различных источников для построения полных картин состояния морских сред с минимальными потерями по времени (максимальной частотой) и без значительных потерь точности. Синхронизация данных наблюдений с различных источников, поступающих с разными интервалами по времени, является одной из проблем при построении интерполянтов полей основных океанографических параметров.

Следующей проблемой, с которой приходится сталкиваться при решении задачи интерполяции гидрофизических данных, является хаотичность данных наблюдений по пространству. Данные дистанционного зондирования зачастую покрывают исследуемую акваторию не целиком, а

только частично. Оперативные данные наблюдений поступают в различное время на разных частях акватории, и их необходимо синхронизировать, чтобы построить на их основе поле наблюдаемого параметра, или усложнять и без того непростые алгоритмы ассимиляции данных в численных моделях термодинамики исследуемых морских сред. Таким образом, получаемые данные наблюдений нерегулярны (хаотичны) по пространству.

Для решения этой проблемы применяются и разрабатываются новые методы интерполяции данных, позволяющие учитывать специфику тех или иных данных наблюдений. Например, в работе [9] предлагается метод интерполяции данных наблюдений на регулярные сетки с учетом характеристик конвективных и адвективных течений. Основная особенность данного метода состоит в том, что он позволяет, путем введения «псевдо-наблюдений», увеличивать число исходных данных и, тем самым, частично решать проблему асинхронности геофизической информации.

Еще одной сложностью, которую стоит учитывать при построении интерполянтов полей основных океанографических параметров, является проблема учета кривизны поверхности. Одно из решений задачи состоит в построении кусочно-гармонических интерполяций на сферических поверхностях (которыми, как известно, аппроксимируются в первом приближении поверхность Земли и ее уровенные поверхности). Например, в работе [6] для этого решается задача построения многоугольной области на сферической поверхности, состоящей из сферических треугольников, трапеций и др., и построения на каждом элементе этой многоугольной области интерполянта, который был бы гармонической функцией. После построения таких интерполянтов можно получить информацию о гидрофизических полях в данном сферическом многоугольнике в любой точке, на любой регулярной сетке и т.д. Таким образом, построение интерполянтов на сферических поверхностях является одной из составляющих более общего этапа интерполяции данных наблюдений на регулярные сетки.

Верификация данных наблюдений

Для устранения ошибок и погрешностей измерений данные калибруют на основе параметров измерительных приборов и валидируют в центрах обработки информации. Но даже после проведения автоматических процедур калибровки и валидации данных, в них могут оставаться ошибки, заметить которые не всегда представляется возможным при автоматической обработке данных. Некоторые ошибки могут быть замечены только при детальном рассмотрении получаемых данных и анализе данных, основанном на физических свойствах исследуемой акватории [1].

Подчеркнем необходимость проведения дополнительной верификации данных на примере данных о ТПМ со спутников. При проведении мониторинга данных о ТПМ в акватории Балтийского моря автором были замечены значения, правдоподобность которых подверглась сомнению. Источник данных не приводится, поскольку настоящая работа направлена не на нахождение ошибок в данных или заявление об их наличии, а на

построение алгоритмов для верификации данных наблюдений, позволяющих определять ошибки и исключать некоторые ошибочные поля автоматически. Более детальное описание данных представлено в работе [3].

Исследование началось на основе мониторинга данных наблюдений, приведенных на рис.1. На рисунке представлены данные наблюдений о температуре поверхности Балтийского моря на разные моменты времени одного и того же дня - 2 февраля 2015 года (с периодичностью три часа). Из сравнения четырех последовательных полей ТПМ видно, что значения температуры на 6 часов утра указанной даты сильно отклоняются от соседних по времени значений температур, и в Финском заливе ТПМ превышает 14°C там, где в остальные моменты времени не достигает и 6°C . Возможность такого краткосрочного нагрева (и затем охлаждения) части акватории крайне маловероятна, поэтому анализу и проверке указанных данных наблюдений было уделено повышенное внимание.

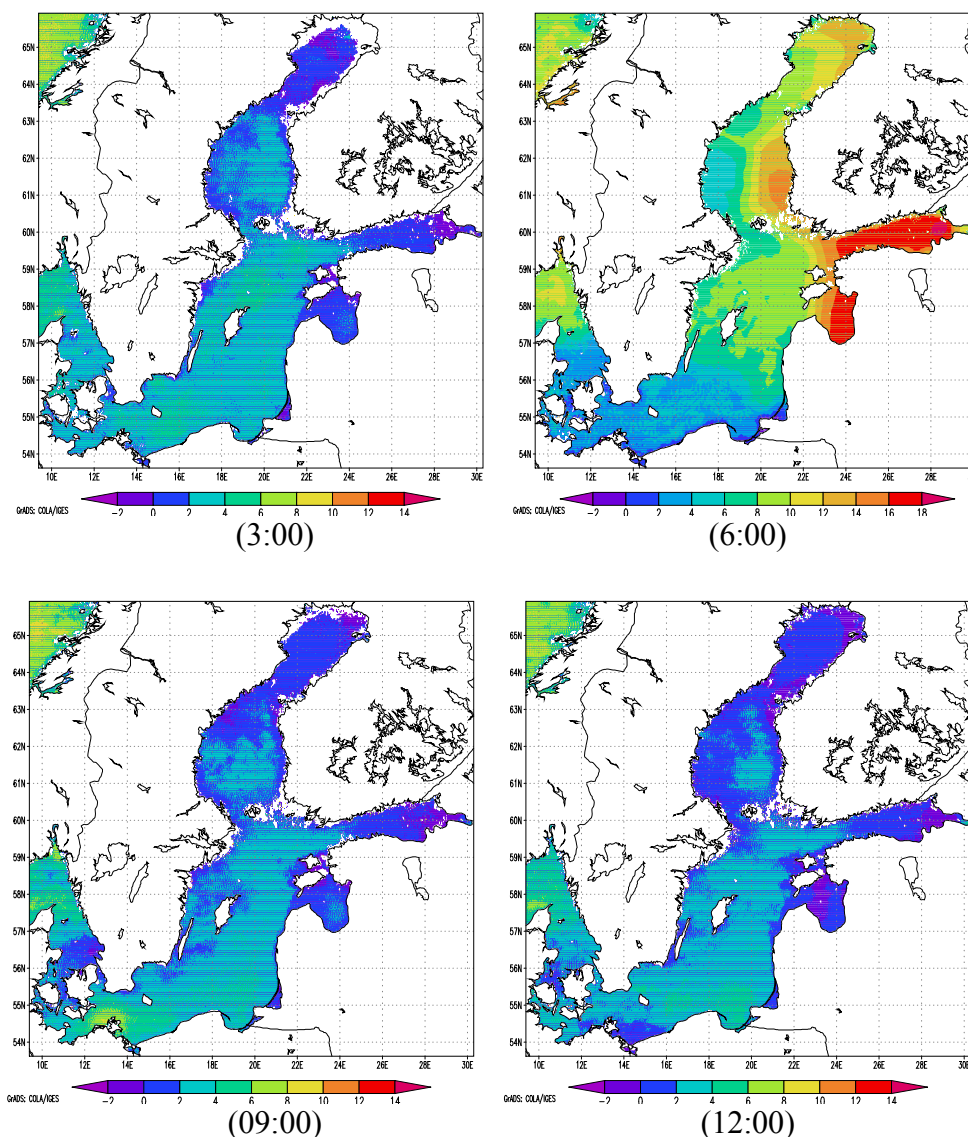


Рис.1. Температура поверхности Балтийского моря 18 февраля 2015 г. по данным наблюдений за разные моменты времени

После сравнения полученных полей ТПМ с данными с других источников, был сделан вывод о том, что исследуемые данные ошибочны. Более того, анализ данных выявил регулярные повторения данной ошибки, что говорит о возможной приборной составляющей выявленной ошибки.

Для дополнительной верификации данных наблюдений о ТПМ был реализован статистический подход. Это позволило вместо исследования индивидуальных свойств отдельно взятых полей, путем рассмотрения их статистических характеристик, установить общие особенности, характерные для всего набора реализаций полей температур. Эти общие особенности принято называть статистической структурой случайного поля.

Для применения выбранного подхода вводится статистическое осреднение \bar{f} , которое характеризует среднее из возможных значений в данной точке в данный момент времени и определяется по формуле:

$$\bar{f}(r) = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N f^{(j)}(r),$$

где $f^{(j)}$ - j-ая реализация поля ТПМ, r – радиус-вектор точки (причем среди координат могут быть как пространственные координаты, так и время), N – число реализаций.

Теперь наибольший интерес представляет рассмотрение величин, описывающих отклонение f от среднего. Для оценки возможного разброса вводится величина, представляющая собой средний квадрат отклонения f от средней величины:

$$\sigma_f^2(r) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (f_i(r) - \bar{f}(r))^2 .$$

Величина σ_f называется средним квадратическим отклонением (среднеквадратичным отклонением) величины f .

Далее для верификации данных наблюдений (и исключения ошибочных значений и полей), можно ввести критерий на основе известного в теории вероятностей и статистике Правила трех сигм: «Если случайная величина распределена нормально, то абсолютная величина ее отклонения от математического ожидания не превосходит утроенного среднего квадратического отклонения» [2]. Проще говоря, и переходя к терминам нашей задачи, правило говорит, что вероятность того, что абсолютная величина отклонения ТПМ от среднего статистического превысит утроенное среднее квадратическое отклонение, очень мала.

Стоит отметить, что поля температуры поверхности моря, вообще говоря, нельзя считать нормально распределенной случайной величиной, но правило трех сигм может служить основой к методу дополнительной верификации данных и выполняется на большей части акватории. Для подтверждения этого был проведен ряд численных экспериментов.

Для проведения численных расчетов статистических значений использовались данные сервиса Коперникус по мониторингу и моделированию морских сред (<http://marine.copernicus.eu/>). По данным о температуре поверхности Балтийского моря за 25-27 лет были посчитаны

статистическое осреднение и среднее квадратическое отклонение, на основе которых проводилась верификация данных наблюдений со спутников о ТПМ за 2015 год согласно описанному выше подходу.

Статистическое осреднение \bar{T} поля температуры поверхности Балтийского моря было посчитано по данным реанализа о среднемесячном поле ТПМ с использованием данных со спутников за 1989 – 2013 года (Copernicus Product ID BalticSea_reanalysis_phys_003_008). На рис. 2 приведено вычисленное среднее статистическое поле ТПМ за февраль, от которого в дальнейшем высчитывалось отклонение значений полей температуры поверхности $T_i, i=1, \dots, n$, где n - число полей, правдоподобность которых проверялась.

Далее по данным реанализа о среднесуточной ТПМ с 1982 по 2009 гг. (Copernicus Product ID SST_Bal_SST_L4_rep_observation_010_016) было вычислено значение среднего квадратического отклонения (см. рис.3).

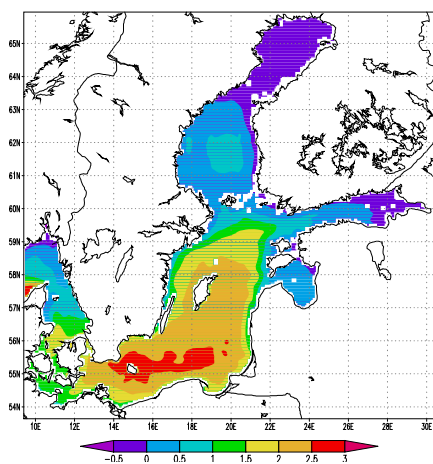


Рис. 2. Статистическое осреднение ТПМ по данным за 1989 – 2013 гг., февраль

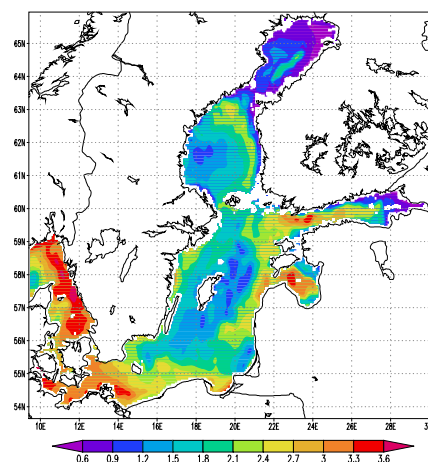


Рис. 3. Среднеквадратическое отклонение ТПМ Балтийского моря

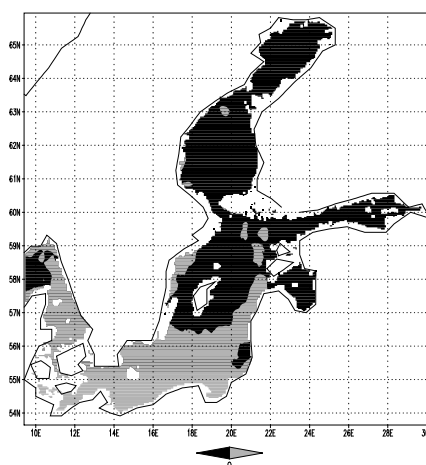
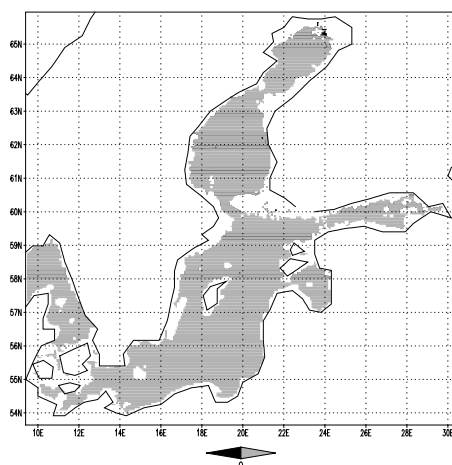


Рис. 4. Поле D_i , для данных наблюдений ТПМ Балтийского моря на 18.02.2015г. на моменты времени 6:00 (слева) и 9:00 (справа) часов.

Теперь, согласно правилу трех сигм, значения ТПМ на большей части акватории должны удовлетворять следующему критерию:

$$|T_i - \bar{T}| \leq 3\sigma.$$

Для большей наглядности полученных результатов перепишем этот критерий в следующем виде:

$$D_i \equiv 3\sigma - |T_i - \bar{T}| \geq 0,$$

т.е. поле D_i должно быть неотрицательно на большей части исследуемой акватории. На рис. 4 приведены поля D_i , вычисленные на основе оцениваемого поля ТПМ на различные моменты времени. Серым цветом на рисунке помечены положительные значения D_i , черным – отрицательные.

Из сопоставления рис.1 и рис.4 видно, что поле, не вызывающее изначально сомнения, имеет по большей части положительное поле D_i , что подтверждает выкладки, сделанные на основе правила трех сигм. В то же время поле ТПМ, которое не проходит проверку по внешним признакам, имеет в большинстве своем отрицательные значения поля D_i , что говорит о том, что данное поле наблюдений «не физично» для данного дня. Такое поле следует воспринимать ошибочным, а следовательно не ассимилировать его в численной модели во избежание внесения ошибок. Таким образом проводим верификацию данных наблюдений и отбрасываем поля, не прошедшие проверку, перед тем, как ассимилировать данные в численной модели для решения различных задач математического моделирования морских сред.

Представленные результаты демонстрируют, что описанный метод подходит для дополнительной верификации данных и исключения таким образом ошибочных полей температур.

Дополнительной сложностью применения такого метода является необходимость при вычислении статистических значений, задействованных в предлагаемом методе, постоянно дополнять базу данных также актуальными значениями. Это означает, что для верификации оперативных данных следует не только, используя статистику, посчитать требуемые осреднения, участвующие в критерии отбора полей температур (что было сделано в настоящей работе), но и перманентно вести базу данных для расчета более актуальных осреднений и проводить мониторинг изменчивости исследуемых акваторий [4, 7]. Также остается вопрос, как не пропустить при таком подходе действительно происходящие сильные изменения исследуемой среды. Этот вопрос актуален в случаях чрезвычайных ситуаций и аномальных скачков температур.

Заключение

При решении задач математического моделирования морских сред большое влияние на получаемое решение оказывает качество данных, которые используются в численных моделях. Данные наблюдений ассимилируются в численных моделях термодинамики исследуемых акваторий для модельных и прогностических расчетов, для решения обратных задач, а также для валидации самих численных моделей. Поэтому обработка данных наблюдений является важной частью решения таких задач. Обработка данных включает как процесс интерполяции данных наблюдений

на расчетные сетки численной модели исследуемой акватории, так и верификацию получаемых данных.

Интерполяции данных посвящено много работ, и с ростом числа и качества современных наблюдательных систем, растет набор методов и алгоритмов для интерполяции получаемых данных на регулярные сетки, с учетом их специфики. В работе указаны основные проблемы интерполяции данных, к которым можно отнести асинхронность получаемых данных по пространству и по времени, а также учет кривизны поверхности при пересчете данных на прямоугольные расчетные сетки. Представлены кратко некоторые варианты решения таких проблем.

Для дополнительной верификации получаемых данных можно использовать статистические подходы, которые позволяют вместо исследования индивидуальных свойств отдельно взятых полей, путем рассмотрения их статистических характеристик, установить общие особенности, характерные для всего набора реализаций полей исследуемых параметров. Эти общие особенности принято называть статистической структурой, на основе нее можно судить о правдоподобности получаемых полей. Один из таких статистических подходов применен для верификации данных наблюдений о ТПМ в настоящей работе.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 15-01-01583, в рамках которого проводилось исследование ошибок данных наблюдений) и Российского научного фонда (проект 14-11-00609, в рамках которого проводилась работа по интерполяции и верификации данных наблюдений).

Список литературы

1. Гандин Л.С., Каган Р.Л. Статистические методы интерпретации метеорологических данных. -Л.: Гидрометеиздат, 1976. 359 с.
2. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. – М.: Высш.шк., 2003. 479 с.
3. Захарова Н.Б. Верификация данных наблюдений о температуре поверхности моря // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2016. Т. 13. № 3. С. 106–113
4. Лебедев С.А. Климатические изменения температуры поверхности и уровня Балтийского моря по данным дистанционного зондирования // Янтарный мост. Журнал региональных исследований. 2014. №1(1). С. 78–95.
5. Agoshkov V.I., Parmuzin E.I., Zakharova N.B., Zalesny V.B., Shutyaev V.P., Gusev A.V. Variational assimilation of observation data in the mathematical model of the Baltic Sea dynamics // Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling. 2015. V. 30. Issue 4. P. 203–212.
6. Agoshkov V.I., Zakharova N.B., The creation of piecewise - harmonic interpolation on spherical surfaces. Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling. 2012. V. 27. Issue 6. P. 523–538.
7. Karagali I., Hoyer J., Hasager C.B. SST diurnal variability in the North Sea and the Baltic Sea // Remote Sensing of Environment. 2012. V. 121. P. 159-170.
8. Shutyaev, V.P., Le Dimet, F.-X., Gejadze, I.Yu., Copeland, G.J.M. Optimal solution error covariance in highly nonlinear problems of variational data assimilation // Nonlinear Processes in Geophysics. 2012. V.19. P. 177-184.

9. Zakharova N.B., Agoshkov V.I., Parmuzin E.I. The new method of ARGO buoys system observation data interpolation // Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling. 2013. V. 28. Issue 1. P. 67-84.

10. Zalesny V.B., Gusev A.V., Chernobay S.Yu., Aps R., Tamsalu R., Kujala P., Rytönen J., The Baltic Sea circulation modelling and assessment of marine pollution // Russian Journal of Numerical Analysis and Mathematical Modelling. 2014. V. 29. Issue 2. P. 129–138.

К ВОПРОСУ О СИСТЕМАХ РАННЕГО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ

^{1,2}**И.С. Зонн**

¹*Московский университет им. С.Ю. Витте*

²*ИНПЦ по водному хозяйству, мелиорации и экологии «Союзводпроект»,
Россия, г. Москва*

За последние годы значительно возрос интерес к раннему предупреждению всех видов традиционных, природных и антропогенных бедствий, поскольку многие страны мира страдают как от новых, недавно возникших, так и от уже известных бедствий. Среди новых выявленных бедствий и известных старых, которые возникают в новых местах, следует отметить глобальное потепление, солнечные бури, атипичную пневмонию (SARS) вирус Западного Нила, болезнь коровьего бешенства, глобальный терроризм и многие другие. Обществу надо постоянно быть готовым к принятию соответствующих мер, и системы раннего предупреждения (СРП) помогают ему всегда оставаться бдительным.

Пока не существует общепризнанного определения СРП. Однако существует множество определений СРП, которые используются для того, чтобы сориентировать действия отдельных людей, групп, правительств. Официальное определение, принятое ООН следующее: «Своевременное предоставление полезной информации через соответствующие организации, что позволит людям, над которыми нависла угроза бедствия, предпринять необходимые действия, чтобы избежать или снизить риск и подготовиться к эффективным ответным мерам» [1]. Интересно отметить, что двадцать пять лет назад в отчете Департамента ООН по гуманитарным вопросам [2] термин «раннее предупреждение» даже не фигурировал.

Причины, по которым могут существовать несколько определений СРП включают, но не ограничиваются следующим: различные перспективы относительно того, чем станет СРП; расхождение взглядов на то, какие задачи она будет выполнять; изменение со временем потребностей и ожиданий общества от СРП; характеристики бедствий, которые могут меняться со временем; неточное, а подчас и противоположное толкование СРП.

Насколько раннее является ранним (это относится ко времени выдачи предупреждения)? Что включает в себя предупреждение (мониторинг, экстраполяцию тенденции, предположение, прогноз)? Что подразумевается под системой (формальная, неформальная; количественная, качественная или невероятная)? Каковы будут ее официальные функции? Что еще она может делать, помимо мониторинга окружающей среды и предупреждения

общества о грозящей беде (обучать; подготавливать ответные меры общества)? Каковы уровни предупреждения (общий взгляд, наблюдение, предупреждение, объявление тревоги)?

Одно официальное раннее предупреждение не может удовлетворить все потребности общества. На каждой стадии процесса раннего предупреждения будут возникать этические проблемы и проблемы равенства, которые придется решать.

Бедствия и угрозы могут со временем изменяться, не только в том, что касается их интенсивности, повторяемости, местоположения и продолжительности, но также их важности и интереса.

Необходимо постоянно расширять понятие СРП, включая туда различные толкования, делать его гибким, учитывая возможное появление новых бедствий и новых технологий СРП.

Различные сценарии должны раскрыть потенциальные последствия бедствий, чтобы для специалистов, принимающих решения, это не было неожиданностью.

Многие ранние предупреждения, осознанно или нет, инициируют другие ранние предупреждения по мере того, как временной разрыв между предупреждением и началом бедствия сокращается. Этот процесс можно было бы назвать «каскадом ранних предупреждений». Независимо от того, насколько велика или сложна официальная СРП, существует еще более крупная сеть раннего предупреждения, которая охватывает гораздо большее число элементов общества, чем можно предположить.

Для медленно накапливающихся изменений также необходимы СРП, поскольку воздействия растущих и в то же время накапливающихся изменений на общество, в конечном итоге, могут оказаться более дорогостоящими и разрушительными, чем быстротечное бедствие. СРП также должны продемонстрировать достижения в изучении бедствий, разработке систем раннего предупреждения, а также показать новые технологии и методы, способствующие повышению эффективности существующих СРП.

Каждый этап процесса предупреждения, начиная от мониторинга и кончая ответным действием, должен быть интерактивным, чтобы обеспечить своевременное предупреждение, дать достаточно времени для осознания события и для принятия ответных мер. С появлением новых методов и технологий раннего предупреждения или новых методов мониторинга можно повысить эффективность СРП, увеличив их зону покрытия и обеспечивая большее время для принятия решений после получения предупреждения. Ввиду того, что многие страны испытывают нехватку ресурсов, как человеческих, так и финансовых, очень важно провести грань между тем, что желательно для повышения эффективности СРП и что необходимо.

СРП следует рассматривать как подсистемы, включенные и интегрированные в более крупные социально-экономические и политические системы. Заинтересованные лица должны принимать участие в разработке новых СРП или усовершенствования существующих.

Заинтересованные лица могут предоставить важные сведения о том, как лучше подготавливать предупреждения и передавать их населению, СМИ и даже правительствам на разных уровнях. Прозрачность является очень важным фактором, на котором основывается доверие к результатам, полученным с помощью СРП.

СРП, например, для обеспечения безопасности продуктов питания, должны использовать все виды информации, в том числе даже слухи, чтобы гарантировать самое раннее предупреждение относительно возможных проблем с продуктами питания.

Выбор показателей очень важен, поскольку на них основывается мониторинг. Выбор неправильных показателей приведет к напрасной трате времени, усилий и средств.

Психологический климат вокруг СРП имеет гораздо большее значение, чем обычно считается. То, как люди относятся к системам раннего предупреждения, впоследствии повлияет на эффективность этих систем. Недооценка информации оказывает отрицательное влияние – это доказывает опыт и многочисленные примеры прошлых бедствий и катастроф. Последствия бедствий не окажутся неожиданными при наличии соответствующих механизмов предупреждения.

Очень важно определить социальные процессы, которые могут повлиять на последствия бедствий (быстрые или медленно накапливающиеся), чтобы правительства и отдельные люди могли быть оповещены вовремя и подготовились к этим последствиям.

Насколько хорошо подготовлено общество к тому, чтобы проявить активность после получения раннего предупреждения о грядущем бедствии, определяет и то, насколько правильно люди могут повести себя во время бедствия. Климатические изменения вызовут последствия, которые пополнят перечень пока еще неизвестных процессов, которые могут повлиять на бедствия и на уязвимость общества к этим бедствиям. Создается впечатление, что СРП, скорее всего, подвергнутся критике из-за пропущенных или неправильных предупреждений, чем похвале за успешные предупреждения. Воспоминания об успешных предупреждениях живут недолго и легко отходят на второй план с наступлением нового бедствия. В предупреждениях должны использоваться самые разнообразные выражения. Предсказуемость следует рассматривать как еще одну форму раннего предупреждения возможного ущерба, даже если ее не используют как оперативное средство.

Очень важно изучать уроки прошлого для правильной оценки настоящего и будущего СРП. Очень важно выявлять, а затем использовать уроки прошлого, чтобы жертвы предыдущих бедствий не стали жертвами «без прошлого».

Стихийные бедствия забирают «львиную долю» внимания средств массовой информации по сравнению с «обычными» отрицательными воздействиями, являющимися следствием сезонных климатических изменений. Что касается ранних предупреждений, то очень полезно

поговорить о «сезонности бедствий». Сезонность таких бедствий в районах потенциального риска уже сама по себе является предупреждением для лиц, принимающих решения. Однако, предполагают, что значительное глобальное потепление атмосферы изменит характеристики сезонов, и еще предстоит узнать, что мы в результате получим. Приоритеты бедствий в каких-то регионах будут со временем меняться в связи с появлением новых бедствий, с проявлением старых забытых бедствий, а также в связи с неожиданным проявлением бедствий, характерных для одних районов, в совершенно новых районах.

Хотя люди могут и не разбираться в цифрах, характеризующих вероятность наступления бедствий, но они прекрасно понимают, что означает «использовать шанс» и «рисковать». СРП должны сделать важное дело, «предупреждая», что «нормальные условия» будут превалировать.

СРП являются важным инструментом правительственных программ, направленных на достижение устойчивого развития. В реальности перспективы устойчивого развития зависят, в значительной степени, от эффективности множества систем раннего предупреждения.

СРП должны брать на себя полную ответственность за предупреждение, если оно составлено в виде посланий общественности, средствам массовой информации и правительству.

Человеческий фактор существует во всех странах, поэтому необходимо желание и механизм для объединения людей и оказания им поддержки по мере того, как они способствуют повышению возможностей раннего предупреждения.

Список литературы

1. UNISDR Strategic Framework 2016-2021 (<http://www.unisdr.org/files/51557strategicframework.pdf>).
2. DHA UNDRO news /United Nations, Dept. of Humanitarian Affairs. 1992 <http://trove.nla.gov.au/version/11593245>.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ АКУСТООПТИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ В ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКЕ

¹И.А. Каплунов, ²В.Я. Молчанов, ¹А.И. Колесников, ²А.И. Чижиков,
¹С.А. Третьяков, ¹Р.М. Гречишкин, ¹Н.В. Айдинян, ¹Д.С. Кутузов,
¹П.В. Иванова, ¹С.С. Рыбина

kaplunov.ia@tversu.ru

¹Тверской государственный университет, Россия, г. Тверь

²НТИУЦ Акустооптики НИТУ МИСиС, Россия, г. Москва

Проанализированы возможности использования акустооптических устройств различных типов в геологических и геофизических исследованиях. Показано, что наиболее эффективными для данных приложений, способными быстро подтвердить свои преимущества, вытекающие из физических принципов акустооптического взаимодействия, являются электронно-перестраиваемые фильтры (АОФ). Приведены примеры успешного применения АОФ в спектрометрах излучений и изображений при решении

задач, близких по постановке и целям к задачам, связанным с поиском полезных ископаемых и определением их состава, а также с анализом газового состава атмосферы Земли. Рассмотрена конструкция и приведены численные оценки основных технических характеристик акустооптического спектрометра, предназначенного для экспресс-анализа химического состава образцов минералов и пород и обладающего массогабаритами и энергопотреблением, приемлемыми для полевых условий.

1. Введение. Дифракция света на ультразвуковых волнах в прозрачных конденсированных средах была предсказана в 20-е годы [1] и обнаружена экспериментально в 30-е годы XX века [2, 3], что спустя 40 лет положило начало новому направлению в физике – акустооптике. Появление лазеров, развитие пьезотехники и высокочастотной радиоэлектроники, а также результативный поиск материалов – кристаллов и стекол, в которых интенсивная дифракция света реализуется при относительно малых мощностях ультразвука, привели к бурному развитию акустооптики, продолжающемуся с 1960-х годов до настоящего времени [4]. На сегодня все известные типы АО (акустооптических) устройств, согласно принятой классификации – АОМ (модуляторы), АОД (дефлекторы), АОФ (фильтры), недавно разработанные АОДЛЗ (дисперсионные линии задержки), а также АО-процессоры, – нашли применение в самых разнообразных отраслях науки и техники [5–9]. Их соответствующие приложения – это медицинская диагностика, пищевая промышленность, лазерные резка и сварка конструкционных материалов, лазерные шоу и реклама, приборы экологического контроля, системы оптоволоконной связи, системы космического позиционирования (ГЛОНАСС), астрофизика и т.д. [4–16]. И хотя современное мировое производство акустооптических устройств составляет, по приблизительным оценкам, более 100 тыс. штук в год (при тенденции к удвоению за 3–4 года), еще остается немало технических сфер, практически не затронутых развитием акустооптики. Это связано с технической сложностью процессов изготовления АО устройств, с высокой стоимостью используемых материалов – монокристаллов, и в целом с относительно большой стоимостью АО устройств, препятствующей массовому проникновению акустооптики в производственную и бытовую технику. Следует отметить и недостаточную информированность специалистов из других областей науки и техники о принципах и возможностях акустооптики. В этом смысле не являются исключениями и геология с геофизикой и геоэкологией, в которых при измерениях и исследованиях пород применяются, в основном, более традиционные и хорошо освоенные методы и базирующаяся на них аппаратура. К ним относятся петрография и петрология, аналитическая химия, оптическая и электронная микроскопия, масс-спектрометрия, ИК и УФ фурье спектрометрия, хроматография, рентгеноструктурный, рентгенофазовый и рентгенолюминесцентный анализы, лазерная спектроскопия и т.д. Как правило, соответствующие приборы, в особенности, имеющие высокую точность и дающие наиболее ценную информацию о составе исследуемых

материалов, отличаются большими габаритами и массой, низким быстродействием, высоким энергопотреблением, жесткими специальными требованиями к условиям эксплуатации и очень высокой стоимостью, что делает практически невозможным их использование в полевых условиях и в составе бортовой, в том числе, космической аппаратуры. Между тем, некоторые типы акустооптических устройств могут оказаться как вспомогательными, так и широко применяемыми средствами, усиливающими аппаратный потенциал наук о Земле. Акустооптические устройства состоят из двух-трех малогабаритных блоков с общей массой не более 3–5 кг, для питания которых достаточен обычный аккумулятор с напряжением 24 В. Они могут эксплуатироваться в широком температурном интервале (от -50°C до $+50^{\circ}\text{C}$) и обладают высокими помехозащищенностью и стойкостью к механическим воздействиям.

Целями настоящей работы являлись анализ геологических задач, решаемых средствами акустооптики, установление наиболее подходящих типов акустооптических устройств, а также предварительное определение конструктивных и физических характеристик устройств геологического назначения.

2. Принципы работы спектральных акустооптических фильтров. Можно прогнозировать возможное использование акустооптических модуляторов, дефлекторов, процессоров и линий задержки при решении некоторых задач геологии и геофизики. Однако, скорее всего, круг таких задач узок и относится к частным, сопутствующим техническим вопросам, не лежащим в русле главных направлений этих наук и их производственных приложений. Например, АОМ-затворы для мощных оптоволоконных лазеров могут применяться в системах для расплавления и абляции материалов, для пробивания в образцах неглубоких отверстий, при маркировке образцов, для производства сварочных работ и резки металлов в условиях геологических партий и т.д. Могут, в принципе, найти применение и акустооптические дефлекторы – например, как коммутаторы в оптической связи.

Но есть тип акустооптических устройств, с очевидностью отвечающих по принципу действия и назначению основной задаче геологии – поиску полезных ископаемых и определению состава пробных образцов, добываемых при геологических изысканиях и бурении скважин. Такими устройствами являются акустооптические электронно-перестраиваемые фильтры.

Принцип действия акустооптического фильтра основан на эффекте дифракции света в оптически анизотропном кристалле на ультразвуковых волнах. В качестве акустооптического кристалла для неколлинеарного взаимодействия в фильтрах видимого и ИК диапазона обычно используется монокристалл парателлурита. Уникальная совокупность оптических, акустических, фотоупругих и материальных констант делает данный материал наиболее перспективным для создания акустооптических фильтров обработки изображений. Монокристалл парателлурита обладает сильной оптической и акустической анизотропией, и особенности акустооптического

взаимодействия, и параметры фильтра, в частности, угловая апертура в значительной мере зависят от ориентации призмы фильтра относительно кристаллографических осей. Схема неколлинеарного акустооптического фильтра изображений приведена на рисунке 1.

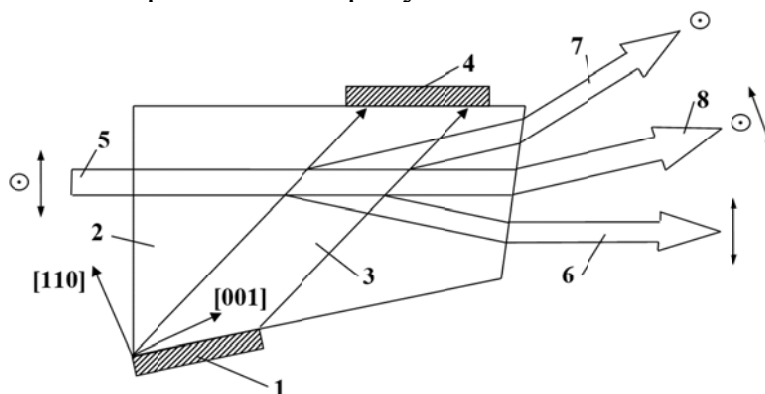


Рис. 1 – Схема акустооптического фильтра

Сдвиговая акустическая волна возбуждается пьезоэлектрическим преобразователем (1), присоединенным к грани призмы из парателлурита (2). Традиционно в акустооптике в качестве пьезопреобразователей используется ниобат лития, обладающий высоким коэффициентом электромеханической связи. Вследствие высокой акустической анизотропии в парателлурите имеет место снос значительный групповой скорости звука относительно нормали к фазовому звуковому фронту (3). Акустическая нормаль составляет некий угол с осью [110] величина которого в зависимости от технических требований к фильтру лежит в пределах 5° – 15° . Бегущая акустическая волна поглощается демпфером (4). Световой пучок (5) падает нормально на входную грань фильтра. Базовая ориентация кристалла парателлурита относительно кристаллографических осей показана на рисунке 1. Поляризация света, вообще говоря, может быть произвольной. Для определенности на рисунке 1 схематически показаны две ортогональные поляризации, соответствующие обыкновенному (электрический вектор лежит в плоскости, перпендикулярной дифракции) и необыкновенному (электрический вектор лежит в плоскости дифракции) лучам. Дифракция обыкновенного и необыкновенного лучей на акустических волнах, вообще говоря, происходит независимо, и в общем случае дифрагированное световое поле представляет собой два луча, каждый из которых имеет поляризацию, ортогональную соответствующим компонентам поляризации в падающем луче. Дифрагированные или отфильтрованные лучи (6) и (7), выходят из кристалла под углом в несколько градусов относительно направления распространения луча нулевого порядка (8) и по разные стороны от него – так, как это показано на рисунке 1. Схема, изображенная на рисунке 1, демонстрирует принципиальную особенность акустооптического фильтра одновременно со спектральным анализом проводить поляриметрический анализ изображений в реальном масштабе времени. Акустооптический фильтр является прибором последовательного спектрального анализа. Перестройка спектральной функции пропускания фильтра по длинам волн

осуществляется последовательным изменением радиочастоты управляющего сигнала.

Каждое твердое тело – монокристалл, поликристалл, смесь сложного состава – имеет свой собственный спектр отражения, определяющий в видимом диапазоне цвет вещества. Это означает, что в спектре отраженного от окрашенного вещества света имеются характерные для него линии поглощения. Поскольку с помощью АО фильтра можно чрезвычайно быстро получать спектры излучений УФ, видимого и ближнего ИК диапазонов, это устройство пригодно для экспресс-анализа спектров отражения от различных веществ и установления их состава путем компьютерного сравнения с известными спектрами отраженного света эталонных образцов.

Акустооптический спектрофотометр, помимо самого фильтра, представленного на рисунке 2, должен включать блок управления и систему



Рис. 2 – Внешний вид акустооптического фильтра

синхронизации, управляемые по частоте и мощности с помощью компьютера, а также систему регистрации с ПЗС-матрицей, на которую попадает отфильтрованное излучение, а интенсивности, зафиксированные пикселями, являются входными данными для компьютерного построения спектров отражения. Кроме того, устройство должно иметь формирующую оптику в виде объектива, собирающего отраженное образцом породы излучение и передающее его через входное окно на переднюю грань АО-кристалла фильтра.

Для измерений в темное время суток может быть предусмотрен специальный осветитель образцов – лампа белого света с известным спектром излучения.

Самым эффективным материалом для АО устройств ближнего УФ, видимого и ближнего ИК диапазонов являются монокристаллы парателлуриата – тетрагональной модификации диоксида теллура (α - TeO_2) [4, 7]. Их коэффициент акустооптического качества M_2 , определяющий интенсивность дифрагированного света независимо от акустической мощности, подаваемой на пьезопреобразователь, имеет рекордно высокое значение – примерно в 500 раз большее, чем у кварца. Большое относительное двулучепреломление, высокая прозрачность, нерастворимость в воде и мягкость при обработке, – все это делает монокристаллы парателлуриата оптимальным материалом для элементов АО фильтров геологического назначения. Поскольку один из важнейших параметров фильтра – спектральное разрешение – пропорционален глубине АО взаимодействия, т.е., практически, длине кристалла вдоль оптической оси устройства, для изготовления акустооптических элементов необходимо располагать не только максимально однородными, совершенными по структуре, но и весьма крупногабаритными кристаллами парателлуриата. Сравнительно недавно такие кристаллы, искусственно выращиваемые из расплава способами Чохральского и

Бриджмена, стали относительно доступными (рисунок 3), и из них были изготовлены элементы АО фильтров, имеющих рекордно высокое спектральное разрешение в видимом диапазоне [4, 10]. Один из таких акустооптических элементов из парателлурита с присоединенным методом интердиффузионной сварки в вакууме многосекционным пьезопреобразователем из ниобата лития представлен на рисунке 4. АО фильтр на основе этого элемента был использован при проведении спектральных астрофизических исследований [4].

Таким образом, имеются все предпосылки для создания акустооптического фильтра для геологических измерений и исследований состава образцов пород и минералов. Они включают хорошо разработанную теорию и большой научно-производственный опыт в области расчета, конструирования и изготовления близких по характеристикам и назначению устройств и их отдельных элементов.



Рис. 3 – Крупногабаритный монокристалл парателлурита диаметром 85 мм и высотой 79 мм, выращенный способом Чохральского на кафедре прикладной физики ТвГУ

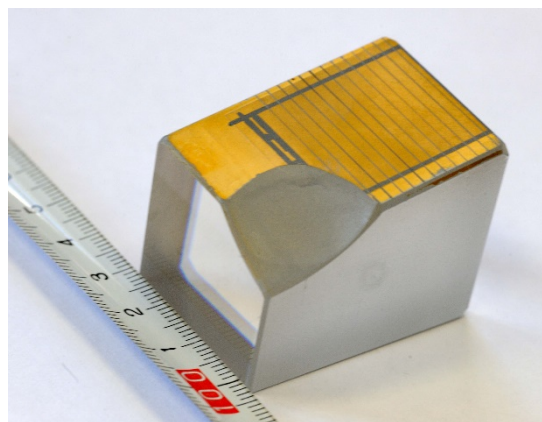


Рис. 4 – Крупногабаритный акустооптический элемент из кристалла парателлурита с секционным пьезопреобразователем из ниобата лития, изготовленный в НТИ УЦ НИТУ МИСиС и установленный в АОФ астрофизического назначения

3. Сфера применения современных АОФ. В настоящем разделе представлены основанные на данных работы [4] примеры применения спектральных акустооптических устройств для решения задач, близких по постановке к геологической задаче поиска и анализа состава полезных ископаемых.

Известно применение акустооптических фильтров в акустооптических мультиспектральных микроскопах, выпускаемых фирмой «Brimrose» (США). Функциональная схема микроскопа показана на рисунке 5. Сфера применения подобных устройств – криминалистика, искусствоведение, агрономия, медицинская диагностика, профилометрия шероховатых поверхностей.

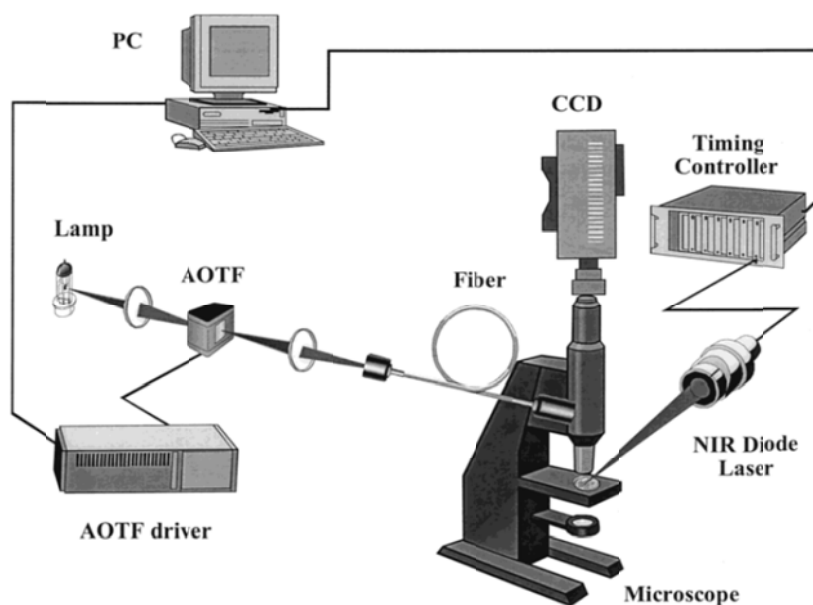


Рис. 5 – Функциональная схема быстродействующего мультиспектрального микроскопа. AOTF driver – драйвер акустооптического фильтра, Fiber – оптоволокну, CCD – ПЗС-камера, NIR diode laser – диодный лазер ближнего ИК диапазона, Timing controller – контроллер времени

Астрономические наблюдения с акустооптическим спектрометром, впервые в России созданным в НИТУ «МИСиС» совместно с ТвГУ, на основе кристалла парателлуриата регулярно проводятся с 2001 г. Спектрометр изображений размещается на фокальной платформе телескопа Zeiss-600 Южной станции МГУ (рисунок 6). С его помощью проводились исследования планетарной туманности NGC7027 и наблюдения Сатурна в полосе поглощения метана. На рисунке 7 представлены спектры Сатурна, а на рисунке 8 – изображения планеты с эффектом «исчезновения» самого Сатурна и сохранением его колец при приближении настройки фильтра к линии поглощения метана.

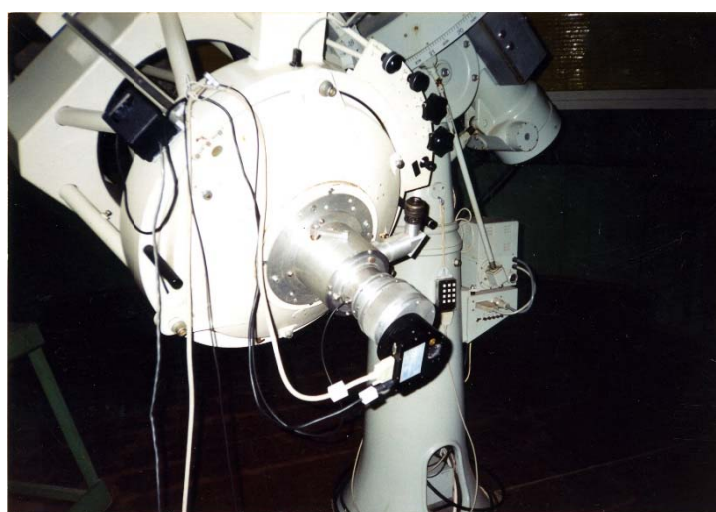


Рис. 6 – Акустооптический спектрометр изображений, установленный на телескопе Zeiss-600 Южной станции ГАИШ МГУ

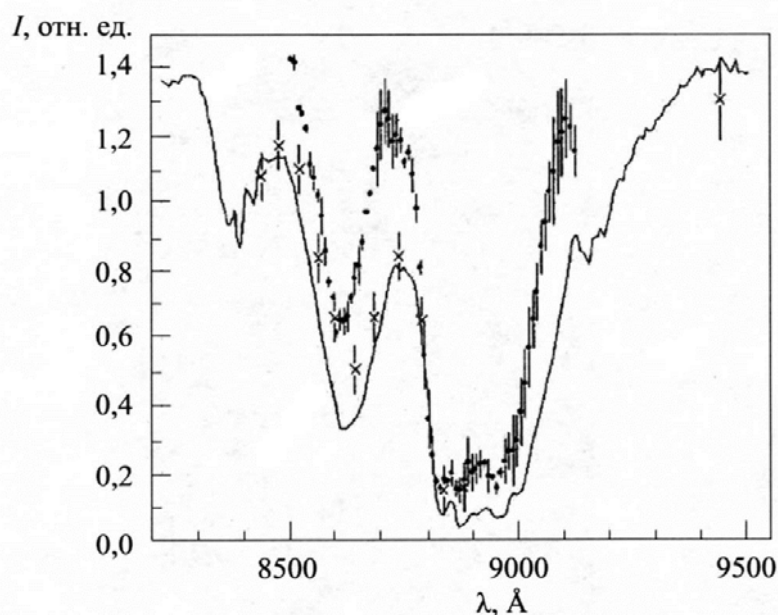


Рис. 7 – Спектр Сатурна вблизи абсорбционного комплекса метана

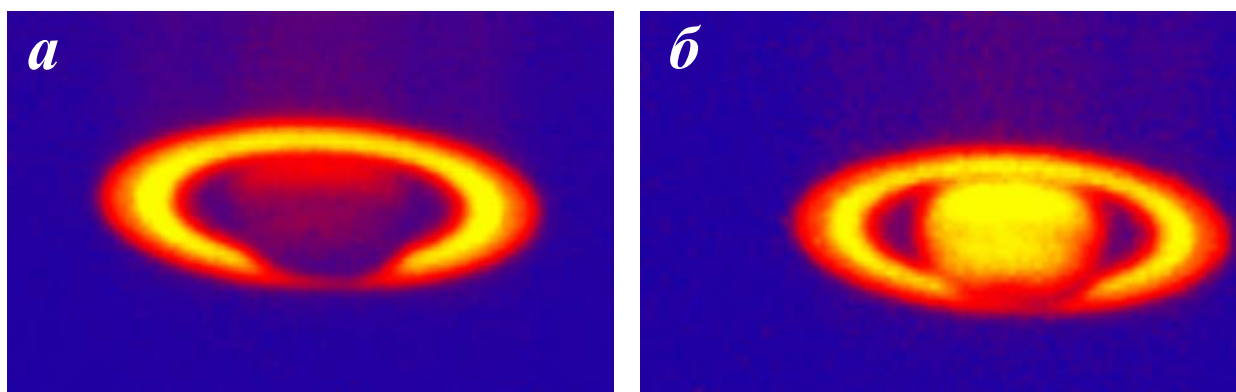


Рис. 8 – Фотографии Сатурна, сделанные с помощью акустооптического спектрометра на разных длинах волн: *а* – в полосе поглощения метана $\lambda = 887$ нм; *б* – вне полосы поглощения метана $\lambda = 850$ нм

Первые эксперименты в космосе с акустооптической спектральной аппаратурой выполнены в СССР в 1987 г. на борту спутника «Океан» с помощью спектрометра «Трассер НХМ». Его модификация – «Полас-128» предназначалась для размещения на борту летательного аппарата или судна. Наиболее ярким примером применения методов акустооптической спектрометрии в космосе, безусловно, следует считать современные исследования, выполняемые космическими аппаратами «Марс-экспресс» и «Венера-экспресс», на которых установлены акустооптические фильтры, созданные на основе кристаллов парателлурита и входящие в состав приборов СПИКАМ и СПИКАВ. На март 2015 г. с помощью прибора СПИКАМ было получено более миллиона спектров с разрешающей способностью более 1500 в различных режимах наблюдения: лимб, надир, солнечное просвечивание. С их помощью построены карты распределения водяного пара, озона, водяного и углекислотного льда в атмосфере и на поверхности Марса [13]. С помощью прибора СПИКАВ исследована атмосфера Венеры в области облаков [14, 15].

Впечатляющие успехи, связанные с применением акустооптических спектрометров в жестких условиях космоса, а также сообщения о ближайшей перспективе их применения при гиперспектральном и поляриметрическом анализе проб грунтов планет, получаемых автоматическими спускаемыми аппаратами, указывают на актуальность разработки акустооптических электронно-перестраиваемых фильтров для экспресс-анализа состава пород и минералов земного происхождения [16].

4. Технические характеристики предлагаемого АОФ геологического назначения. Расчеты, выполненные в соответствии с теорией, представленной в [4], дают следующие ориентировочные параметры АОФ, предназначенного для экспресс-анализа спектров отражения света от исследуемых образцов минералов и извлекаемых пород. Они находятся на уровне параметров наилучших современных АОФ, применяющихся при анализе спектров пропускания и отражения света биологическими и медицинскими объектами, в астрофизических исследованиях, а также для исследования атмосфер планет и космического мониторинга подстилающей поверхности.

Таблица. Сравнение характеристик предлагаемого АО фильтра и зарубежного аналога АО фильтра видимого диапазона

Наименование характеристик	Значения характеристик	
	Предлагаемый АО фильтр	Зарубежный аналог Crystal Technology (США) модель 97-017776-01
Акустооптический материал	парателлуриит	парателлуриит
Тип акустической моды	сдвиговая	сдвиговая
Тип акустооптического взаимодействия	неколлинеарное	неколлинеарное
Тип оптической поляризации	линейная	линейная
Оптическая апертура	10 x 10 мм	5 x 5 мм
Спектральный диапазон длин волн	500–900 нм	405–700 нм
Спектральное разрешение	2.0 нм; 656 нм	3.0 нм; 656 нм
Диапазон рабочих частот	определяется в процессе разработки	106–225 МГц
Эффективность дифракции	более 80%	85%

В таблице приведены сравнительные характеристики предлагаемого фильтра геологического назначения и ближайшего аналога такого устройства – зарубежного фильтра Crystal Technology для видимого диапазона. Результаты сравнения позволяют сделать вывод о том, что ожидаемые характеристики АО-фильтра геологического назначения близки к характеристикам лучших аналогов, а по светосиле и спектральному разрешению превосходят их. Следует подчеркнуть, что для успешной разработки АОФ, предлагаемого для анализа состава проб, обязательно проведение дополнительных исследований. Необходимо получение с помощью уже созданных АО фильтров банка спектрограмм отраженного

света для большого количества представляющих геологический интерес пород и минералов. Соответствующая база данных должна быть основой для компьютерной обработки результатов спектрального анализа в полевых условиях, т.е. в месте отбора проб.

5. Заключение. Показано, что наиболее перспективными для внедрения в геологоразведочную технику акустооптическими устройствами являются электронно-перестраиваемые фильтры на основе крупногабаритных, особо чистых монокристаллов парателлурита. С помощью фильтра за несколько секунд исследуется спектр излучения, отражаемого образцом породы, освещаемым солнечным светом или светом с известным спектральным составом от специальной лампы-источника. Рассчитанные технические характеристики предлагаемого АО фильтра должны обеспечивать эффективность дифракции, спектральный диапазон и спектральное разрешение, необходимые для определения имеющихся в образце минералов и их распределения, а также для установления типов, концентраций и распределения сопутствующих примесей в образце. Вследствие высокого быстродействия акустооптические спектрометры могут также оказаться чрезвычайно эффективными для анализа факелов сгорания образцов нефтепродуктов с целью исследования их химического состава и наличия примесей.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках Программы повышения конкурентоспособности НИТУ «МИСиС» (грант К2-2016-072).

Список литературы

1. Brillouin L. Diffusion de la lumiere et des rayons X par in corps transparent homogène // Ann. de Physique/ 1922. V. 17. P. 88.
2. Debye P., Sears F.W. On the scattering of light by supersonic waves // Proc. Nat. Acad. Sci. USA. 1932. V. 18. P. 409.
3. Lucas R., Biquard P. Nouvelles propriétés optiques des liquides soumis à de hautes ultrasones // C.R. Acad. Sci. 1932. V. 194. P. 2132.
4. Молчанов В.Я., Китаев Ю.И., Колесников А.И., Нарвер В.Н., Розенштейн А.З., Солодовников Н.П., Шаповаленко К.Г. Теория и практика современной акустооптики. М.: Изд. Дом МИСиС. 2015. 459 с.
5. Балакший В.И., Парыгин В.Н., Чирков Л.Е. Физические основы акустооптики. М.: Радио и связь. 1985.
6. Корпел А. Акустооптика: Пер с англ. М.: Мир. 1993.
7. Магдич Л.Н., Молчанов В.Я. Акустооптические устройства и их применение. М.: Сов. радио. 1978.
8. Goutzoulis A., Pape D. Design and Fabrication of Acousto-Optic Devices. New York: Marcel Dekker. 1994.
9. Xu J., Stroud R. Acousto-Optic Devices: Principles, Design and Applications. New York: Wiley. 1992.
10. Молчанов В.Я., Лютый В.М., Есипов В.Ф. и др. Акустооптический спектрофотометр изображений для астрофизических наблюдений // Письма в астрономический журнал. 2002. Т. 28. С. 713–720.
11. Molchanov V.Ya., Chizhikov S.I. Makarov O.Yu. et al. Adaptive acousto-optic technique for femtosecond laser pulse shaping // Appl. Opt. 2009. V. 48. №. 7. P. C118.

12. K.B. Yushkov, V.Ya. Molchanov, P.V. Belousov, and A.Yu. Abrosimov. Contrast enhancement in microscopy of human thyroid tumors by means of acousto-optic adaptive spatial filtering // J. Biomed. Opt. 2016. V. 21. № 1. P. 016003.

13. Кораблев О.И., Берто Ж.Л., Калинин Ю.К. и др. Исследование Марса в эксперименте СПИКАМ-ИК на борту КА МАРС-ЭКСПРЕСС. Акустооптический спектрометр СПИКАМ-ИК // Космические исследования. 2006. Т. 44. № 4. С. 292–307.

14. Титов Д.В. и др. Венера-экспресс: научные задачи, аппаратура и сценарий миссии // Космические исследования. 2006. Т. 44. № 4. С. 349–364.

15. Rossi L. et. al. Preliminary study of Venus cloud layers with polarimetric data from SPICAV/VEX // Planetary and Space Science/ 2015.

16. Belyaev D.A., Yushkov K.B., Anikin S.P., Evdokimova N.A., Potanin S.A., Dobrolenskiy Y.S., Korablev O.I., Molchanov V.Ya. Near infrared imager for spectral and polarization analysis of planetary surfaces. SPIE Remote Sensing 2017, (Warsaw, Poland, 11-14.09.2017).

ОРОГРАФИЧЕСКИЕ РИСКИ ДОННОЙ ТОПОГРАФИИ МОРСКИХ БЕРЕГОВ КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

¹А.В. Килесо, ²Е.М. Бурнашов

beregozaschita@mail.ru

¹*Балтийский федеральный университет им. И. Канта,
Россия, г. Калининград*

²*Государственное бюджетное учреждение Калининградской области
"Балтберегозащита", Россия, г. Светлогорск*

Для Калининградской области развитие своих рекреационных ресурсов жизненно необходимо. Вместе с тем именно берега Балтийского моря регулярно разрушаются в той или иной степени. Спорадически возникающее сочетание интенсивного насыщения взвесью прибрежных вод в зоне обрушения волн в штормовых условиях вместе с «плохим» рельефом дна может порождать возможность интенсивного размыва морских берегов и абразии склона дна. Такого рода опасности принято относить к геоэкологическим рискам. Физико-географическая содержательность такого рода возможного процесса позволяет классифицировать обозначенную опасность как орографический риск донной топографии.

Целью данной работы стала изучение потенциальных условий возникновения и предварительная оценка возможности существования орографического риска донной топографии для морских берегов Калининградской области.

Практически все доступные карты донной топографии [1, 4] имеют грубое пространственное разрешение для российской части Балтийского моря. Данный факт не позволяет использовать их для исследования мелкомасштабных неоднородностей рельефа, способных спровоцировать движение насыщенных взвесью вод поперек берегового склона. Поэтому в данной работе были рассмотрены результаты промеров однолучевым (и многолучевым) эхолотом первых трех километров от береговой линии Калининградской области, полученные в результате многолетних мониторинговых работ ГБУ КО "Балтберегозащита". Использование

репрезентативного для поставленной задачи массива данных позволило получить вдоль всего побережья картину рельефа дна с высоким пространственным разрешением по глубине в 0.5-1 м до изобаты в 30 м.

Анализ полученных данных показал значительную пространственную неоднородность всего донного рельефа. Однако на общем фоне побережья Калининградской области отчетливо выделяются районы с большой изменчивостью поверхности дна: Светлогорская бухта, мыс Гвардейский, мыс Таран и район поселка Синявино (у п. Янтарный). В данных районах на построенных графиках зафиксировано наличие систем подводных «каналов» на дне, для которых характерны повышенные значения углов наклона. Так максимальные значения углов наклона дна в отмеченных районах варьируются в диапазоне от 1.5 до 2 градусов. На других участках побережья у Куршской и Вислинской кос, в районе от п. Янтарный до г. Балтийск наблюдаются более пологие подводные склоны, с углами наклонов в среднем меньшими 0.7 градусов и отсутствием выраженных поперек изобат неоднородностей рельефа дна.

В районе Светлогорской бухты, который особенно важен для Калининградской области с точки зрения рекреации и туризма, можно выделить несколько потенциальных путей «ухода» пляжевого материала от берега на глубину. Углы наклонов дна в районах отмеченных каналов в среднем составляет 1 градус, на отдельных участках достигая 2 градусов. Как было показано в [5], для образования самоподдерживающегося взвесенесущего гравитационного потока достаточно угла наклона дна 0.5 градуса. В то время как наклон дна примерно в 3 градуса [3] может приводить к возникновению катастрофических придонных взвесенесущих течений.

Таким образом, во время штормового воздействия на берег и дно взвешенный со дна и смытый с пляжей материал (в том числе и песок разных фракций) может быть унесен в виде придонных взвесенесущих гравитационных течений на глубину за изобату 30 метров по отмеченным «каналам». Причем песок уносится безвозвратно и уже не может вернуться на берег, что приводит к его большим скоплениям на глубинах 30 метров [1]. Данный процесс, повторяющийся в каждый шторм приводит к дефициту песчаного материала у берега, интенсивному размыву и отступлению берегов в данных районах.

Косвенным подтверждением изложенного сценария могут служить результаты многолетних наземных береговых наблюдений [2], которые показали, что именно в районах с повышенными углами наклонов и изрезанностью дна, наблюдается наиболее сильный размыв берегов.

Структурно-функциональное исследование природы периодически возникающей опасности для прибрежной зоны Калининградской области показало на возможность возникновения и развития мощных коротко живущих придонных взвесенесущих течений. В условиях сочетания штормового насыщения взвесью прибрежных вод и наличия на дне поперечных к берегу морфологических особенностей в виде каналов течения

такого класса способны безвозвратно унести значительные объемы взвешенного в воде материала, в том числе и песка, в глубинную часть моря.

Работа выполнена при поддержке гранта Всероссийской общественной организации «Русское географическое общество», проект № 13-05-41374 РГО_а.

Список литературы

1. Атлас геологических и эколого-геологических карт Российского сектора Балтийского моря / Гл. ред. О.В. Петров.- СПб.: ВСЕГЕИ, 2010. 78 с.
2. Бобыкина В.П., Карманов К.В. К геоэкологии берегов Калининградской области (по результатам мониторинга) // Известия Калининградского государственного технического университета. № 35. 2014. С. 44-57.
3. Жмур В.В., Сапов Д.А., Нечаев И.Д., Рыжаков М.В., Григорьева Ю.В. Интенсивные гравитационные течения в придонном слое океана. Известия академии наук. Серия физическая, 2002, том 66, № 12, с. 1721-1726.
4. Baltic Sea Bathymetry Database [Электронный ресурс] // Baltic Sea Hydrographic Commission [Официальный сайт]. URL: <http://data.bshc.pro>
5. Hsu K.J. Physics of Sedimentology. Springer. 2004. 240 p.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ НАНОКОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ НИКЕЛЬ-ЦИНКОВОГО ФЕРРИТА ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

¹Г.В. Киреева, ¹М.Ю.Рябова, ¹В.Ю. Скудннев,

²В.Ю. Бузько, ²Д.А. Каликинцева

galina.kireeva.94@mail.ru

¹Кубанский государственный университет, Россия, г. Краснодар

²КВВУ имени генерала армии С.М. Штеменко,

Россия, г. Краснодар

Известно, что наноразмерные ферриты благодаря своим уникальным свойствам, происходящим из ультрамалого размера, крайне высокой площади удельной поверхности, высокоэффективному светопоглощению в ближнем УФ и видимом диапазоне, и высокой каталитической активности могут эффективно использоваться для очистки воды от растворенных газов (H_2S , SO_2 , Cl_2), ароматических соединений, ионов тяжелых металлов и их растворимых металлокомплексов. Нами была рассмотрена применимость наноразмерных никель-цинковых ферритов для очистки загрязненных вод.

Порошки наночастиц никель-цинковых ферритов состава $Ni_xZn_{1-x}Fe_2O_4$ синтезировались нами различными методами: золь-гель цитратным методом, золь-гель глицинатным методом и пирохимическим нитрат-мочевинным методом. Обнаружено, что золь-гель глицинатный метод позволяет получать порошки околосферических высокопористых наночастиц $Ni_xZn_{1-x}Fe_2O_4$ размером от 12 до 22 нм с магнитными свойствами характерными как для суперпарамагнитных так и однодоменных магнитных частиц. Модификация этого метода позволяет получать нитевидные магнитные наноструктуры толщиной 14-18 и длиной до 40 нм. Эти порошки наночастиц эффективно связывают и фотокаталитически окисляют фенол, толуол, нитро- и аминокаталитические производные. При этом наибольшей эффективностью

окисления ароматических соединений отличаются наноферриты состава $Ni_xZn_{1-x}Fe_2O_4$ ($0,15 < x < 0,85$).

Обнаружено, что золь-гель цитратный метод и пирохимический нитрат-мочевинный метод приводит к образованию наноразмерных низкопористых частиц ферритов со средним размером зерен от 40 до 80 нм в зависимости от соотношения металл/комплексобразователь. По возможности связывания ароматических соединений эти наноферриты уступают ультрадисперсным наночастицам $Ni_xZn_{1-x}Fe_2O_4$, полученным золь-гель глицинатным методом. Видимо это связано с меньшей площадью удельной поверхности и соответственно худшей адсорбционной емкостью и фотокаталитической активностью нанопорошков $Ni_xZn_{1-x}Fe_2O_4$, полученных золь-гель цитратным и пирохимический нитрат-мочевинным методами.

Нами обнаружено, что по критерию стоимость–эффективность наиболее подходящими для водоочистки являются наноферриты состава $Ni_xZn_{1-x}Fe_2O_4$ ($0,15 < x < 0,25$). Поскольку практическое отделение ультрадисперсных наноразмерных ферритов после очистки больших объемов загрязненной воды методами магнитной экстракции проблематично, то нами предложено использовать наноконпозиты на основе наноферритов состава $Ni_xZn_{1-x}Fe_2O_4$ ($0,15 < x < 0,25$) выращенных с помощью низкотемпературного метода золь-гель метода в древесном активированном угле. С помощью такого подхода удастся заметно увеличить сорбционную емкость наноконпозитов по сравнению с порошками индивидуальных наноразмерных ферритов по отношению к ароматическим соединениям и комплексам тяжелых металлов, добиться эффективного связывания хлорорганических соединений и заметно облегчить процесс магнитной сепарации феррит-содержащего наноконпозита из очищаемых вод после процесса очистки.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ШУМОВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АО «РСК «МИГ» В Г. КАЛЯЗИН

Ю.В. Козловская, В.В. Лебедев

ulyak_81@mail.ru

*Тверской государственный технический университет
Россия, г. Тверь*

Аннотация. Машиностроение оказывает негативное воздействие на состояние окружающей среды. В современном мире эта проблема стоит очень остро. Это связано с тем, что на различных этапах данного производства выделяется целый комплекс веществ, которые при попадании во внешнюю среду приводят к выбросам твердых промышленных отходов, загрязнению сточных вод, выделению газов, аэрозолей, шумовому воздействию на прилегающие территории. Все эти показатели ускоряют разрушение строительных материалов, резиновых, металлических, тканевых и других изделий и может стать причиной гибели растений и животных, а также пагубно повлиять на здоровье людей.

Ключевые слова: безопасность, шумовое загрязнение, экология.

Объектом изучения был выбран Калязинский машиностроительный завод – филиала АО «РСК «МиГ» в г. Калязин. По данному исследованию были выполнены следующие работы:

1. выполнен расчет шумового воздействия объекта на территории общежития (РТ9) с учетом уровня шума от существующих источников (для оценки воздействия на жилую застройку до момента ее переселения),

2. выполнен расчет шумового воздействия объекта на границе ориентировочной СЗЗ (РТ1-8) только от источников предприятия без учета уровня шума от существующих источников (для обоснования достаточности ориентировочной СЗЗ с учетом реконструкции).

Для оценки акустического воздействия предприятия на жилую застройку были проведены расчеты уровней шума.

Результаты расчетов показали, что уровень шума на территории общежития с учетом существующих источников не превышает установленных санитарных норм.

Аккредитованной Промышленно-санитарной лабораторией АО «РСК «МиГ» в 2014 г. были проведены замеры уровня шума на территории общежития в дневное время суток.

Согласно результатам измерения уровней шума в контрольных точках подтверждается, что фактические уровни звука не превышают допустимого эквивалентного уровня звука в 55 дБА (днем), что соответствует требованиям СН 2.2.4/2.1.8.562 - 96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».

Контроль уровня шума осуществляется в 1-й точке на территории общежития с периодичностью согласно программы мониторинга.

Таким образом, для площадки №1 Калязинского машиностроительного завода - филиала АО «РСК «МиГ», с учетом доказанного соблюдения санитарно-гигиенических нормативов на территории общежития до переселения жильцов, предлагается сохранить ориентировочный размер санитарно-защитной зоны, установленный от границы земельного участка во всех направлениях равный 100 метрам.

Шумовое воздействие рассматривается как энергетическое загрязнение окружающей среды, в частности, атмосферы.

Для определения уровня шумового воздействия объекта, по программе «Эколог – Шум», версия 2.2.0.3146 от 08.02.2013 г. были проведены акустические расчеты на территории СЗЗ и ближайшей жилой застройки, с учетом существующих источников шума.

Так как режим работы предприятия предусматривает двухсменный режим работы (1 смена с 7⁰⁰ до 15⁰⁰, 2 смена с 15⁰⁰ до 23⁰⁰), акустические расчеты будут проводиться, только для дневного времени суток.

Расчеты выполнены в соответствии с Санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданиях и на территории жилой застройки» и СНИП 23-03-2003 «Защита от шума».

Расчетом определен суммарный уровень звукового давления от всех источников шума в расчетных точках по октавным полосам частот в интервале 31,5-8000 Гц. Все результаты расчетов сопоставляются с требованиями действующих санитарных норм.

Последовательность проведения расчета (согласно СНиП 23-03-2003):

- выявление источников шума и определение их шумовых характеристик;
- выбор точек в помещениях и на территориях, для которых необходимо произвести расчет (расчетных точек);
- определение путей распространения шума от источника до расчетных точек и потерь звуковой энергии по каждому из путей (снижение за счет расстояния, экранирования, звукоизоляции ограждающих конструкций, звукопоглощения);
- определение ожидаемых уровней шума в расчетных точках;
- при необходимости определение требуемого снижения уровней шума на основе сопоставления ожидаемых уровней шума с допустимыми значениями.

Шумовые характеристики источников шума, необходимые для проведения акустических расчетов, взяты в соответствии с Каталогом шумовых характеристик технологического оборудования (к СНиП 11-12-77, М., 1988 г.), а также по справочникам, заложенным в программу «Эколог-Шум».

Допустимые уровни звукового давления в дБ в октавных полосах частот, в соответствии с СН 2.2.4/2.1.8.562-96, на территории непосредственно прилегающей к жилым домам, представлены в таблице 1.

Таблица 1- Допустимые уровни звукового давления

Показатели	31,5 Гц	63 Гц	125 Гц	250 Гц	500 Гц	1000 Гц	2000 Гц	4000 Гц	8000 Гц	La экв. дБА
L допустимые на время суток с 7 до 23ч.	90	75	66	59	54	50	47	45	44	55
L допустимые на время суток с 23 до 7ч.	83	67	57	49	44	40	37	35	33	45

Определение источников шума при эксплуатации объекта и их акустических характеристик.

Основными источниками физического воздействия при функционировании площадки №1КМЗ являются: заточные станки; сверлозаточные станки; шлифовальные станки; пескоструйная камера; нагревательная печь; машины контактной сварки; электроэрозионный станок, 4-х сторонний строгальный станок, рейсмусовый станок; токарные станки; котлы КВр-1,1, трансформаторная подстанция; компрессорная; система приточно-вытяжной вентиляции.

Выявление источников, обеспечивающих снижение уровня звука в направлении жилой застройки, и определение требуемого снижения уровней шума в расчетных точках.

В качестве препятствий на пути распространения шума будут выступать: ограждение территории предприятия, существующие здания, расположенные на территории предприятия.

Коэффициенты звукопоглощения приняты по справочникам, заложенным в программу «Эколог-Шум» и представлены в таблице 2.

Выбор расчетных точек (РТ) для которых производится акустический расчет.

Расчет акустического воздействия на ближайшую жилую застройку от источников площадки №1 КМЗ – филиала АО «РСК «МиГ» с учетом фона проведен для 1-й расчетной точки приведены в таблице 3.

Таблица 2- Коэффициенты звукопоглощения

№ ист.	Наименование	Уровни звуковой мощности (дБ) по октавам								
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
1	Кирпичное здание производственной части	.15	0.15	0.15	0.19	0.29	0.28	0.38	0.46	0.46
2	Склад	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
3	Здание компрессорной	0.15	0.15	0.15	0.19	0.29	0.28	0.38	0.46	0.46
4	Здание оргоснастка	0.15	0.15	0.15	0.19	0.29	0.28	0.38	0.46	0.46
5	Котельная	0.15	0.15	0.15	0.19	0.29	0.28	0.38	0.46	0.46
6	Здание проходной	0.15	0.15	0.15	0.19	0.29	0.28	0.38	0.46	0.46
7	Здание столярного цеха №2	0.15	0.15	0.15	0.19	0.29	0.28	0.38	0.46	0.46
8	Здание столярного цеха №1	0.15	0.15	0.15	0.19	0.29	0.29	0.38	0.46	0.46
9	Бетонный забор	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02

Таблица 3 -Расчетные точки

№	Координаты точки (м)		Высота (м)	Тип точки	Комментарий
	X	Y			
9	250.00	351.00	2	на границе жилой зоны	на территории общежития

Расчет уровней звука (уровней звукового давления) для расчетных точек и сравнение полученных результатов с допустимыми значениями.

Акустический расчет выполнен в программе «Эколог – Шум», версия 2.2.0.3146 от 08.02.2013 г.

Расчет проводится в следующей последовательности:

1. Определяются октавные уровни звукового давления L_i для расчетной точки (РТ_i): расположенной на расстоянии 2 м от наружного ограждения жилого дома или на границе СЗЗ. от каждого из источников шума по формуле:

$$L = L_w - 15lgr + 10lg\Phi - \frac{B_{ar}}{1000} - 10lg\Omega,$$

где L_w - октавный уровень звуковой мощности i -того источника шума, дБ:

Φ - фактор направленности источника шума, безразмерный, определяется по опытным данным. Для источников шума с равномерным излучением звука принимается $\Phi = 1$; при расчете следует учитывать, что для

расчетных точек в пределах 10° от плоскости стены здания вводится поправка на направленность излучения $10 \lg \Phi = -5$ дБ. Если расчетная точка расположена в зоне непрямого распространения звука, то учитывается дополнительное снижение звука в соответствии с [1].

r – расстояние от акустического центра источника шума до расчетной точки, м;

Q – пространственный угол излучения звука.

Для источников шума, расположенных на полу, земле или стене: $Q = 2\pi$, $10 \lg Q = 8$ дБ

α_a – затухание звука в атмосфере, дБ/км. При расстояниях $r < 50$ м затухание звука в атмосфере в расчетах не учитывается.

2. Определяется суммарный октавный уровень звукового давления от всех источников шума $L_{\text{сум}}$ в расчетной точке по формуле:

$$L_{\text{сум}} = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1L_i},$$

где L_i - уровень звукового давления от i -того источника

3. Полученное значение суммарного уровня звукового давления сравнивается с допускаемыми значениями. Допустимые уровни звукового давления в дБ в октавных полосах частот, в соответствии с СН 2.2.4/2.1.8.562-96, представлены в таблице 3.1.

4. При необходимости определяется требуемое снижение уровня шума и разрабатываются мероприятия по его снижению.

Проведение расчета:

1. Акустический расчет произведен для самой неблагоприятной ситуации, когда на территории предприятия осуществляется одновременная работа всего технологического оборудования, погрузо-разгрузочные работы, движение автотранспорта и работа мусороуборочной машины. Фактически такое совпадение во времени маловероятно.

2. Акустические расчеты проведены только для дневного времени суток, так как специфика работы предприятия предполагает двухсменный режим работы (с 7⁰⁰ до 23⁰⁰).

3. Акустический расчет проведен с учетом фоновых источников шума: автотранспорта ул. Индустриальная и железнодорожной ветки.

Результаты расчетов уровня звукового давления в расчетных точках на границе жилой застройки с разбивкой по октавам, приведены в таблице 4.

Таблица 4-Результаты расчетов уровня звукового давления в расчетных точках

NPT	Обозначение	Наименование	Уровни звуковой мощности (дБ) по октавам									дБА
			31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
L допустимые на время суток с 7 до 23ч. (дБ)			90	75	66	59	54	50	47	45	44	55
9	РТ9	РТ на территории общежития	52.1	57.4	55	54.4	50.4	48.3	45.6	40.8	32.2	53.60

Расчеты показали, что при эксплуатации предприятия, с учетом фонового шума, не наблюдается превышения допустимых уровней звука ни в

одной из октавных частот диапазона на территории общежития по ул. Индустриальная, д.7.

Максимальный уровень звука в расчетной точке на границе ближайшей жилой застройки от источников предприятия с учетом фонового шума составит 53,6дБА в РТ9 на территории общежития по ул. Индустриальная, д.7.

Максимальный уровень звука L_A , дБА, создаваемый источниками предприятия и проникающего в жилые помещения через наружную стену с окном не превысит 38,6 дБА.

Уровень шума в жилом помещении дома определен в соответствии с СНиП 23-03-2003 (р. 7.8) по формуле:

$$L_A = L_{A2M} - R_{Аттпра} - 5,$$

где L_{A2M} - максимальный уровень звука снаружи на расстоянии 2м от ограждения, дБА;

$R_{Аттпра}$ - изоляция транспортного шума окном в режиме проветривания (10 дБа);

Нормативный уровень шума в жилых помещениях согласно (СН 2.2.4 / 2.1.8.562 -96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» (табл. 3), составляет:

- 40 дБА (с 7 час. до 23 час.) и 30 дБА (с 23 час. до 7 час.) в жилых помещениях.

Анализ результатов проведенных акустических расчетов показал, что шум, создаваемый источниками предприятия (площадка №1 КМЗ – филиала АО «РСК «МиГ»), на территории, прилегающей к общежитию, не будет превышать допустимый уровень в 55 дБА (днем), что соответствует СН 2.2.4/2.1.8.562 - 96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».

Расчет акустического воздействия для обоснования достаточности размера ориентировочной СЗЗ (100 м) в связи с реконструкцией площадки №1 предприятия КМЗ – филиала АО «РСК «МиГ» проведен без учета фона для 8-ми расчетных точек, расположение которой отмечено на ситуационной карте-схеме района расположения предприятия представлены в таблице 5.

Таблица 5- Расчетные точки

	Координаты точки (м)		Высота (м)	Тип точки	Комментарий
	X	Y			
	148.50	475.00	2	на границе СЗЗ	СЗЗ – СЗ
	334.00	488.00	2	на границе СЗЗ	СЗЗ – С
	508.00	388.50	2	на границе СЗЗ	СЗЗ – СВ
	452.00	166.50	2	на границе СЗЗ	СЗЗ – В
	336.50	-86.00	2	на границе СЗЗ	СЗЗ – ЮВ
	156.00	-39.00	2	на границе СЗЗ	СЗЗ – Ю
	3.00	60.00	2	на границе СЗЗ	СЗЗ – ЮЗ
	58.50	293.50	2	на границе СЗЗ	СЗЗ – З

Расчет уровней звука (уровней звукового давления) для расчетных точек и сравнение полученных результатов с допустимыми значениями.

Акустический расчет выполнен в программе «Эколог – Шум», версия 2.2.0.3146 от 08.02.2013 г.

Расчет проводится в следующей последовательности:

1. Определяются октавные уровни звукового давления L_i для расчетной точки (РТ_i): расположенной на расстоянии 2 м от наружного ограждения жилого дома или на границе СЗЗ. от каждого из источников шума по формуле:

$$L = L_w - 15lgr + 10lg\Phi - \frac{B_a r}{1000} - 10lg\Omega,$$

где L_w - октавный уровень звуковой мощности i -того источника шума, дБ:

Φ - фактор направленности источника шума, безразмерный, определяется по опытным данным. Для источников шума с равномерным излучением звука принимается $\Phi = 1$; при расчете следует учитывать, что для расчетных точек в пределах 10° от плоскости стены здания вводится поправка на направленность излучения $10 \lg \Phi = -5$ дБ. Если расчетная точка расположена в зоне непрямого распространения звука, то учитывается дополнительное снижение звука в соответствии с [1].

r – расстояние от акустического центра источника шума до расчетной точки, м;

Q – пространственный угол излучения звука.

Для источников шума, расположенных на полу, земле или стене:

$$Q = 2\pi, 10lg\Omega = 8\text{дБ}$$

δ_a – затухание звука в атмосфере, дБ/км. При расстояниях $r < 50$ м затухание звука в атмосфере в расчетах не учитывается.

2. Определяется суммарный октавный уровень звукового давления от всех источников шума $L_{\text{сум}}$ в расчетной точке по формуле:

$$L_{\text{сум}} = 10lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1L_i},$$

где L_i -уровень звукового давления от i -того источника

3. Полученное значение суммарного уровня звукового давления сравнивается с допускаемыми значениями. Допустимые уровни звукового давления в дБ в октавных полосах частот, в соответствии с СН 2.2.4/2.1.8.562-96.

4. При необходимости определяется требуемое снижение уровня шума и разрабатываются мероприятия по его снижению.

Проведение расчета:

1. Акустический расчет произведен для самой неблагоприятной ситуации, когда на территории предприятия осуществляется одновременная работа всего технологического оборудования, погрузо-разгрузочные работы, движение автотранспорта и работа мусороуборочной машины. Фактически такое совпадение во времени маловероятно.

2. Акустические расчеты проведены только для дневного времени суток, так как специфика работы предприятия предполагает двухсменный режим работы (с 7⁰⁰ до 23⁰⁰).

3. Акустический расчет проведен без учета фона, только от источников шума самого предприятия.

Результаты расчетов уровня звукового давления в расчетных точках на границе ориентировочной СЗЗ с разбивкой по октавам, приведены в таблице 6.

Расчеты показали, что при эксплуатации предприятия (после проведения реконструкции), без учета фонового шума, не наблюдается превышения допустимых уровней звука ни в одной из октавных частот диапазона на границе ориентировочной СЗЗ (100 м).

Максимальный уровень звука в расчетной точке на границе ориентировочной СЗЗ (100 м) от источников предприятия составит 28,7 дБА в РТ3 (граница СЗЗ ориентация северо-восток).

Анализ результатов проведенных акустических расчетов показал, что шум, создаваемый источниками предприятия (площадка №1 КМЗ – филиала АО «РСК «МиГ»), на границе ориентировочной СЗЗ (100 м), не будет превышать допустимых значений.

Таблица 6-Результаты расчетов уровня звукового давления в расчетных точках

N РТ	Обозначение	Наименование	Уровни звуковой мощности (дБ) по октавам								дБА	
			31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000		8000
L допустимые на время суток с 7 до 23ч. (дБ)			90	75	66	59	54	50	47	45	44	55
	РТ1	СЗЗ - СЗ	1.8	2.6	8.1	8.5	3.8	1.6	8.6	2.8	2.5	7.10
	РТ2	СЗЗ - С	0.8	1.4	7.4	8.3	4.6	3.4	0.7	5.9	9.2	8.70
	РТ3	СЗЗ - СВ	3	4.1	9.4	9.8	5.1	2.8	9.9	4.5	3.4	8.40
	РТ4	СЗЗ - В	1.8	3.5	8.9	8.7	4	1.9	8.7	2.8	.3	7.20
	РТ5	СЗЗ - ЮВ	1.3	2	7.5	8.3	4	2	9.2	3.8	5.1	7.40
	РТ6	СЗЗ - Ю	7.6	8.1	3.7	4.3	9.8	7.9	4.2	.1	.9	2.90
	РТ7	СЗЗ - ЮЗ	7.2	7.8	3.1	3.7	8.8	6.6	2.5			1.70
	РТ8	СЗЗ - З	7.4	7.9	3.5	4.2	9.9	7.9	4.5	.4	.7	3.00

Ориентировочный размер СЗЗ (100 м) достаточен для площадки №1 КМЗ – филиала АО «РСК «МиГ», с учетом проведения реконструкции.

Список литературы

1. Борьба с шумом на производстве: Справочник / Е.Я. Юдин, Л.А. Борисов, И.В. Горенштейн и др.; Под ред. Е.Я Юдина. - М.: Машиностроение, 2001.
2. ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. - М.: Изд-во стандартов, 1983.
3. Пузырев А.М., Козловская Ю.В. Об изменениях в правилах по охране труда // Актуальные проблемы безопасности жизнедеятельности и экологии. Сборник научных трудов II международной научно-практической конференции с научной школой для молодежи.- Тверской государственный технический университет, 2016. с.72-75.

РЕЗУЛЬТАТЫ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ 2014-2016 ГГ. ПО ОЦЕНКЕ РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦИАЛА ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ВОД В ПРЕДЕЛАХ АДЫГЕЙСКОГО ВЫСТУПА И ЗАПАДНОГО БОРТА ВОСТОЧНО-КУБАНСКОЙ ВПАДИНЫ

Л.А. Кориневич

adygea@rosnedra.gov.ru

*Управление департамента по недропользованию по ЮФО по РА
Россия, г. Майкоп*

В период с конца 2014 года по декабрь 2016 года Закрытым акционерным обществом Гидрогеологическая и геоэкологическая компания «ГИДЭК» (ЗАО «ГИДЭК») по государственному контракту выполнялись работы: «Оценка ресурсного потенциала теплоэнергетических вод в пределах Адыгейского выступа и западного борта Восточно-Кубанской впадины на территории Республики Адыгея с оценкой запасов на участках, перспективных для лицензирования пользования недрами». Ответственным исполнителем работ является Ершов Григорий Евгеньевич, которым составлен и представлен на государственную экспертизу отчет о полученных результатах.

Республика Адыгея и прилегающие районы Краснодарского края обладают значительными запасами геотермальной энергии. В пределах большей части республики глубины залегания горных пород с температурой 100 °С составляют 1900-2400 м при общей мощности осадочного чехла от 4-5 до 8 км и значениях температур в нижней части его 140-220 °С. В этом температурном диапазоне содержатся довольно мощные и регионально выдержанные проницаемые горные породы. Здесь эксплуатируется 13 геотермальных водозаборов с температурой теплоносителя на устье 75–110 °С. Основной водоносный комплекс - нижнемеловой.

По территории Республики Адыгея государственным балансом запасов полезных ископаемых Российской Федерации учтены запасы теплоэнергетических вод 2 месторождений в количестве 6,25 тыс.м³/сутки, из них: 4,75 тыс.м³/сутки - запасы Майкопского месторождения; 1,5 тыс.м³/сутки - Ходзевского. В разработке только Майкопское месторождение, с объемом добычи теплоэнергетических вод 65% от утвержденных балансовых запасов по месторождению. По территории Краснодарского края государственным балансом учтены запасы теплоэнергетических вод 14 месторождений в количестве 25 тыс.м³/сутки, из них эксплуатируется 14 термоводозаборных участков, где суммарная добыча составляет – 20 % от учтенных запасов. При этом запасы утверждены только по 2 месторождениям – Мостовскому (11100 м³/сутки) и Ульяновскому (1864 м³/сутки), остальные участки эксплуатируются на основании предварительно оцененных запасов, которые опробировались протоколами ЦКЗ РАО «Газпром».

Вместе с тем, термальные ресурсы используются весьма ограниченно.

Эксплуатируются верхние водоносные горизонты с содержанием солей до 10 г/дм^3 , а нижние водоносные горизонты с содержанием солей $10\text{-}40 \text{ г/дм}^3$ остаются не востребованными. Сдерживающим фактором использования теплоэнергетических вод является нерешённость вопросов их утилизации после использования.

Основными геологическими задачами рассматриваемой работы являлись:

- уточнение особенностей геологического строения, гидрогеологических и гидротермальных условий размещения существующих и потенциальных потребителей теплоэнергетических вод в пределах территории Адыгейского выступа и западного борта Восточно-Кубанской впадины;

- формирование базы данных гидрогеологической информации по теплоэнергетическим водам территории Адыгейского выступа и западного борта Восточно-Кубанской впадины;

- обоснование природной гидрогеологической модели формирования теплоэнергетических вод;

- создание численной термодинамической модели территории Адыгейского выступа и западного борта Восточно-Кубанской впадины для оценки прогнозных ресурсов и запасов теплоэнергетических вод;

- геолого-экономическое обоснование участков, перспективных для предоставления в пользование с целью геологического изучения, разведки и добычи теплоэнергетических подземных вод;

- обоснование оптимальных типовых схем геодинамических систем, исключающих истощение запасов и снижение температуры эксплуатируемых вод;

- оценка прогнозных ресурсов категории P_1 и подсчет запасов категории C_2 теплоэнергетических вод на выделенных перспективных участках.

Для решения этих задач выполнены следующие работы:

- Сбор и обобщение материалов, уточнение особенностей геолого-гидрогеологического строения районов размещения существующих и потенциальных потребителей теплоэнергетических вод. В процессе выполнения этих работ было изучено и проанализировано 77 фондовых геологических отчетов, поведена инвентаризация скважин, пробуренных на минеральные, термальные воды и углеводородное сырье. Собраны и систематизированы данные о среднегодовом водоотборе, устьевых и пластовых давлениях, уровнях и изменениях химического состава, температуры подземных вод по отдельным водоносным горизонтам. Выполнен анализ данных геофизического каротажа, оцифровано 287 каротажных диаграммы, по которым интерпретировались интервалы распространения выделяемых водоносных комплексов.

Проведено выборочное рекогносцировочное санитарно-экологическое обследование 8 термоводозаборов, выполнен отбор 50 проб подземных вод на общий химический анализ и содержание фенолов.

➤ Сформирована компьютерная база картографических и фактологических гидрогеологических данных теплоэнергетических вод. Собранный фактический материал после анализа и отбраковки был введен в электронную базу данных, по результатам был построен комплект структурных карт, карт минерализации и температуры подземных вод по выделенным водоносным комплексам. Количество основных показателей, внесенное в фактографическую базу:

- уровень подземных вод	206 показателей;
- температура подземных вод	371 показатель
- минерализация подземных вод	1285 показателей
- водоотбор	134 показателя

Также в базу внесены данные химических анализов по 86 показателям и данные химического составов газа.

➤ Создана численная гидрогеологическая модель теплоэнергетических вод на территории Адыгейского выступа и западного борта Восточно-Кубанской впадины. На ее основе решен комплекс прогнозных задач.

После анализа всего комплекса геолого-гидрогеологической информации, внесенного в базу данных, был выполнен сопоставительный анализ гидрогеологических условий территории с объектами аналогами и сформулирована природная модель территории.

Основным ресурсообразующим фактором формирования теплоэнергетических вод на изучаемой площади является нижнемеловой водоносный комплекс, к которому приурочены все водозаборные участки теплоэнергетических вод.

Природная гидрогеологическая модель территории: район имеет двухярусное строение – кристаллический фундамент и гетерогенный осадочный чехол. Осадочный чехол сложен комплексом осадочных пород: от триасового до неогенового возраста включительно. Породы чехла сложно дислоцированы в зоне новейшего орогенеза, в зоне которого сформировался Азово-Кубанский прогиб. Основными тектоническими элементами зоны Предгорных прогибов являются Западно-Кавказский краевой прогиб (Западно-Кубанская впадина) и Восточно-Кубанская впадина, разделенные Адыгейским выступом, и, на юге площади складчато-глыбовые сооружения Большого Кавказа – Северо-Кавказский краевой массив. Сочленение Скифской плиты и мегантиклинория Большого Кавказа происходит по широтному глубинному Черкесскому разлому, где отмечаются значительные вертикальные смещения в фундаменте, а также юрских и нижнемеловых отложениях.

Гидрогеологическая роль разломов преимущественно не установлена. Предполагается, что региональные разломы - Цицинский, Гиагинский, Большешелабинский являются зонами активного перетока глубинных вод и газов с высокой температурой снизу-вверх. Это подтверждается тем, что в области выходов отложений глубоких горизонтов на поверхности, по линиям разломов отмечаются восходящие родники и увеличение температуры

подземных вод. При этом линии глубинных разломов являются вертикальными нарушениями сплошности горизонтов пород-коллекторов отложений триасового, юрского и нижнемелового вплоть до верхнемелового и эоцен-палеоценового возрастов и выполняют роль фильтрационных барьеров для горизонтального потока подземных вод.

При обосновании природной модели территории Адыгейского выступа и примыкающих бортов Западно-Кубанской и Восточно-Кубанской впадин было выделено восемь основных обобщенных водоносных комплексов:

1. Водоносный комплекс четвертичных отложений (Q) + водоносный комплекс континентальных верхнеплиоценовых отложений (N_2)
2. Водоносный комплекс верхнемиоценовых отложений ($N_1^3s-N_1^3kn$)- N_1^3
3. Водоносный комплекс среднемиоценовых отложений (N_1ch+N_1kr)- N_1^2
4. Майкопский водоносный комплекс (P_3+N_1)mk
5. Водоносный комплекс эоцен-палеоценовых отложений (P_1-P_2)
6. Водоносный комплекс верхнемеловых отложений (K_2)
7. Водоносный комплекс нижнемеловых отложений (K_{1al-a})
8. Юрский и триасовый водоносные комплексы (J-T)

Основным ресурсобразующим водоносным комплексом в регионе является нижнемеловой водоносный комплекс, имеющий сплошное распространение, значительную мощность и наиболее высокие фильтрационные свойства. Ресурсы остальных водоносных комплексов вследствие своих низких фильтрационных свойств и локальной обводненности формируются преимущественно за счет вертикального оттока воды и кондуктивного теплопереноса с кровли палеозойского фундамента через юрские и нижнемеловые отложения.

В разрезе нижнемелового комплекса выделяются альбский, аптский и готерив – барремский водоносные горизонты. Водовмещающие отложения представлены песчаниками и алевролитами, разделенными прослоями глин и аргиллитов. Общая мощность отложений комплекса составляет преимущественно около 600 м на территории Адыгейского выступа и 300-500 м на территории Восточно-Кубанской впадины. В области сочленения южного борта Западно-Кубанского прогиба с антиклинорием Северного Кавказа она может возрастать до 2000-3000 м и более. Эффективная мощность песчаников в пределах Восточно-Кубанской впадины и Адыгейского выступа изменяется от 40 до 120 м, эффективная пористость достигает 21,3%. На территории Западно-Кубанского прогиба в Апшеронском районе они преимущественно замещаются глинистыми отложениями и их проницаемость существенно уменьшается. Кроме того, южный борт Западно-Кубанского прогиба ограничен многочисленными вертикальными нарушениями с высокой амплитудой смещения, в результате чего естественное питание в нижнемеловой комплекс на территорию Западно-Кубанского прогиба с юга практически не поступает.

Разгрузка подземных вод нижнемелового комплекса происходит преимущественно в вышележащие отложения палеоцен-эоценового и миоценового комплекса.

В процессе выполнения работ были созданы численные гидрогеологические модели двух уровней – региональная модель всей изучаемой площади в целом и локальная модель Майкопского месторождения теплоэнергетических вод. Целями создания региональной модели является оценка балансовых составляющих формирования потока теплоэнергетических вод нижнемелового комплекса в целом по площади, локальной – уточнение порядка величин горизонтальных и вертикальных фильтрационных параметров, и емкостных характеристик на основе данных эксплуатации Майкопского термоводозабора. Кроме того, локальная численная модель была использована для прогнозных расчетов по обоснованию схем возврата использованных теплоэнергетических вод в недра. Обе модели являются совместными - гидродинамическими и тепловыми.

Всего было выполнено решение следующего комплекса гидрогеологических задач:

- 1). Восстановление естественной гидродинамической и температурной обстановки на изучаемой территории региональной модели;
- 2). Воспроизведение гидрогеологической обстановки по состоянию на 2014 год и баланса формирования подземных вод нижнемелового водоносного комплекса при текущей эксплуатации подземных вод;
- 3). Комплекс задач по воспроизведению опыта эксплуатации Майкопского термоводозабора за период работы до 2011 года;
- 4). Решение прогнозных гидродинамических задач в масштабе Адыгейского выступа и западного борта Восточно-Кубанской впадины, оценка прогнозного взаимовлияния месторождений и перспективных участков в стационарной и нестационарной постановках, понижений уровней подземных вод при нагрузке в размере перспективных водопотребностей;
- 5). Оценка прогнозных изменений уровней в нижнемеловом водоносном комплексе и тенденций возможных изменений температуры подземных вод при применении технологий с рециркуляцией и без нее для условий Майкопского месторождения теплоэнергетических вод и Ново-Майкопской перспективной площади;
- 6). Выделение перспективных участков, где возможен прирост запасов теплоэнергетических вод, выполнение стандартных и нестандартных задач для определения их взаимодействия с Майкопским месторождением ТЭВ и между собой с целью оценки их запасов по категории C_2 .

По результатам решения комплекса прогнозных задач, выполненных для различных схем возврата охлажденных теплоэнергетических вод в существующие и проектные скважины на Майкопском и Ново-Майкопском участках сделан основной вывод, что организация возврата охлажденных вод в недра позволяет существенно сократить взаимовлияние водозаборов и

предотвратить снижение уровня в эксплуатационных скважинах, продлить срок эксплуатации месторождений самоизливом.

В соответствии с полученными результатами, одновременная эксплуатация водозаборов с оцененными и предварительно оцененными запасами принципиально возможна в течение ближайших 25-50 лет. Однако, дальнейшая эксплуатация водозаборов без перехода к технологии поддержания пластовых давлений за счет возврата использованных теплоэнергетических вод в недра, приведет к значительным снижениям пластовых давлений и увеличению энергозатрат на подъем теплоэнергетических вод на поверхность, а также существенным отрицательным экологическим последствиям как за счет утилизации их на поверхности земли, так и за счет снижения уровней подземных вод в области питания верхне- и нижнемелового водоносных комплексов.

В рамках выполненных работ проведено обоснование оптимальных схем геодинамических систем, исключающих истощение запасов и снижение температуры эксплуатируемых вод, с применением методов численного моделирования.

Для решения поставленной задачи был выполнен анализ данных об опытных работах по обратной закачке пластовых вод в недра, а также анализ данных об их химическом составе и возможных изменениях гидрохимического равновесия при снижении давления и температуры. Оценка химического состава рассматриваемых термальных минеральных вод в пределах Майкопского, Ново-Майкопского и Мостовского месторождений выполнена методом термодинамического моделирования с использованием специализированных программных комплексов MINTEQA2 и PHREEQC. По результатам выполненного анализа даны следующие основные рекомендации по видам водоподготовки, предотвращающих осаждение вторичных минералов на фильтрах водозаборных скважин:

- для стабилизации закачной воды применим традиционный способ борьбы с травертинами, основанный на подборе параметров закачки (Р,Т), а также метод дозирования подачи в используемую воду углекислого газа для растворения карбоната кальция на технологическом оборудовании и в створах нагнетательных скважин;

- для предотвращения коагуляции коллоидов карбоната кальция в стволе скважины кроме закрытия системы (прекращения отдувки газа) и увеличения давления сброса увеличением глубины погружения нагнетательного трубопровода необходимо подать положительный потенциал на фильтровую колонну, сделать ее анодом;

- в качестве дополнительных мер по стабилизации воды может применяться добавление ингибитора – антискаланта. В качестве таковых используют фосфорорганические соединения с добавками полимеров, например, такие как Этоскейл, Авакс, HydroChem, Ameroyal и др.

Для подбора параметров эксплуатации системы, основным оцениваемым параметром воды перед нагнетанием является минимальная концентрация коллоидов карбоната кальция в нагнетаемой воде на устье

скважины. Подобрать оптимальные технологические параметры закачки термальных вод после использования в недра на основе вариантных расчетов на математических гидродинамических и гидрохимических моделях позволяют только опытно-промышленные испытания.

На основании результатов решения комплекса прогнозных гидродинамических и тепловых задач и анализа данных о выявленных предыдущими исследователями участках возможного использования теплоэнергетических вод выполнена оценка прогнозных ресурсов и ресурсного потенциала теплоэнергетических подземных вод на территории Республики Адыгея, обоснование и оценка возможностей эксплуатации участков, перспективных для проведения поисковых и поисково-оценочных работ.

По результатам работ установлено, что величина суммы утвержденных запасов теплоэнергетических и минеральных вод по нижнемеловому водоносному комплексу превысила полученную величину извлекаемых естественных ресурсов и величину естественного питания. То есть, одновременная эксплуатация водозаборов в размерах предварительно оцененных запасов возможна только в течение ограниченного периода. В тоже время, при переходе к способу эксплуатации с поддержанием пластового давления за счет возврата использованных теплоэнергетических вод в недра, извлечение из них тепла возможно в гораздо более продолжительный период времени, чем 25-30 лет.

На основании анализа ранее полученной геологической информации и закономерностей распространения теплоэнергетических вод на территории Адыгеи, с учетом обеспеченности территории республики оцененными ресурсами выделено два новых перспективных участка с целью организации централизованного теплоснабжения: Абадзехско – Тульский и Курджипско – Дагестанский участка теплоэнергетических вод. Запасы теплоэнергетических вод названных участков утверждены Протоколом Территориальной комиссии по запасам полезных ископаемых по Южному федеральному округу от 09.12.2016 №260/58.

Запасы теплоэнергетических вод Абадзехско-Тульского участка утверждены по категории C_2 в количестве 1500 м³/сутки, запасы Курджипско-Дагестанского участка утверждены по категории C_2 в количестве 1500 м³/сутки (тип воды – термальная, гидрокарбонатно-хлоридная натриевая, минерализация -1,5-3 г/дм³, T-75 градусов С, удельная теплоэнергетическая мощность 176,4 КДж/кг).

Выделенные на территории республики Абадзехско-Тульский и Курджипско-Дагестанский участки теплоэнергетических вод, по сути, являются открытыми месторождениями, подготовленными для предоставления в пользование с целью разведки и добычи теплоэнергетических вод. Названные участки могут рассматриваться как перспективные площадки для инвестиций.

Для эффективного освоения ресурсов теплоэнергетических вод на территории Адыгейского выступа и Западного борта Восточно-Кубанской впадины необходимо проведение следующих работ:

- по переоценке всех предварительно оцененных и апробированных ЦКЗ РАО «Газпром» участков действующих водозаборов теплоэнергетических вод;

- по обоснованию технологии утилизации использованных теплоэнергетических вод путем возврата их в недра.

Только поддержание пластовых давлений в эксплуатируемом пласте путем полного или частичного возврата отобранной воды может обеспечить использование всего оцененного ресурсного теплового потенциала на рассматриваемой территории.

Список литературы

1. Ершов Г.Е. Отчет о результатах работ по объекту: Оценка ресурсного потенциала теплоэнергетических вод в пределах Адыгейского выступа и Западного борта Восточно-Кубанской впадины на территории Республики Адыгея с оценкой запасов на участках перспективных для лицензирования пользования недрами, ЗАО «ГИДЕК». – М., 2016.

2. Государственный баланс запасов полезных ископаемых Российской Федерации (Теплоэнергетические воды), ФГБУ «Росгеолфонд». – М., 2016.

3. Протокол № 260/58 заседания территориальной комиссии по запасам полезных ископаемых Департамента по недропользованию по Южному федеральному округу от 09.12.2016г. - Ростов-на-Дону, 2016.

ВЛИЯНИЕ ПРИРОДЫ НА ДУХОВНОЕ РАЗВИТИЕ ЧЕЛОВЕКА

Н.К. Костарнова

nika-nkl@mail.ru

МБОУ «СОШ № 16», Россия, Майкопский район

Что есть человек? На этот вопрос по-разному отвечают ученые, служители церкви, уфологи. Это глубоко философское понятие, но все сходятся на том, что в человеке сочетаются два начала – материальное и духовное.

О материальной стороне мы знаем очень много, она вытекает из естественных потребностей человека в пище, тепле, продолжении рода. Человечество выбрало путь наращивания материальных благ, путь технического прогресса. Все новые и новые витки развития науки, техники, технологий, производств, создание глобального информационного пространства. И человек все больше отдаляется от своих истоков.

А как пошло бы развитие человека, если бы люди на первое место ставило не материальное – духовное? И был ли у нашей цивилизации другой путь?

Что есть Дух и Душа? Это нельзя увидеть, осязать, измерить, поэтому многие ставят под сомнение существования этих понятий. Духовный или внутренний мир человека – это непознанное. Обратимся к публикации В. П. Зинченко – «Размышления о душе и ее воспитании». Он пишет: «Речь идет о том, что душа, в отличие от психики и сознания, *всечеловечна*, внеисторична,

если угодно, архетипична. В ее эмоциональной памяти хранятся общечеловеческие, внеисторические ценности и смыслы» [1].

С. Соловейчик писал: «О человеке, внутри которого горит свет, говорят, что в нем живет высокий Дух... Дух живет вне человека – в народе, в обществе, в человечестве. Воспитание Духа, воспитание духовности в этом и заключается воспитание. Воспитание ребенка – это и есть передача ему человеческого Духа, человеческого стремления творить на земле правду, добро и красоту» [2].

Приведу еще цитату о духовности современного ученого-парапсихолога А.Я. Кириленко: «Духовность – это особый вид чистой энергии, которой человек обогащается в процессе жизни в результате высокой нравственности, совершения добрых дел, гуманных поступков и приобретения духовных знаний» [3].

Духовность человека - это богатство мыслей, сила чувств и убеждений, это истины, выработанные человечеством за тысячелетия, которые изложены в Библии, Коране и других книгах, которые прошли испытание временем. Нравственные нормы, стремление к красоте, вера в добро, справедливость – это относится к духовной жизни человека. Духовность не передается по наследству и не определяется образованием. Где же ее истоки? Был человек духовным изначально или это качество появилось в нем в процессе его эволюции?

Дух – это то семя, которое посеяно в душе младенца. Из него может вырасти высокое дерево, оно может расцвести красивым цветком, а может даже и не взойти. Много вопросов, и нет ответов. Может отмахнуться от них и заняться делами насущными? Но духовность - это самое главное в жизни человека, в жизни народа, ведь именно она отличает человека от животного. И многие великие умы человечества твердили во все времена, что духовное на земле, важнее материального.

Человек изначально существо духовное, еще на заре своего развития у человечества было то духовное начало, которое затем в процессе эволюции развивалось, выделив человека из мира животных.

На развитие духовности влияет много факторов, и один из них природа.

Что мы понимаем под понятием «природа»? Это та действительность, которая существует независимо от человека. Принято различать живую природу (которая дышит, питается, умирает) и неживую (хотя есть мыслители, которые термин «мертвая природа» ставят под сомнение). Сейчас часто употребляется такое сочетание как «природный ландшафт» и «антропогенный ландшафт».

Под ландшафтом понимается «участок земной поверхности, качественно отличный от других участков, окаймленный естественными границами и представляющий собой целостную и взаимно обусловленную закономерную совокупность предметов и явлений, которая типически выражена на значительном пространстве и неразрывно связана во всех отношениях с ландшафтной оболочкой» [4].

С.В. Калесник писал, что игнорирование влияния географических факторов это есть «географический нигилизм», но и преувеличение значения географической среды, утверждал он, не приводит к положительным результатам.

О воздействии ландшафта на формирование народов рассматривали многие ученые. Еще в 1922 году Л.С. Берг в книге «Номогенез» утверждал: «Географический ландшафт воздействует на организмы принудительно, заставляя все особи варьировать в определенном направлении, насколько это допускает организация вида. Тундра, лес, степь, пустыня, горы, водная среда, жизнь на островах и т.д. – все это накладывает особый отпечаток на организмы. Те виды, которые не в состоянии приспособиться, должны переселиться в другой географический ландшафт или – вымереть» [5].

Географическая среда определяет историческое, экономическое, культурное и социальное развитие того или иного народа. Понять, почему народ имеет данный уклад жизни, обычаи, традиции, танцы, песни и в целом характер народа невозможно, не рассмотрев географический ландшафт, в котором он живет. Например, народы, которые живут на севере, спокойные, сдержанные, терпеливые. Народы, проживающие на юге, темпераментные, взрывные, быстрые, эмоциональные. Природа накладывает отпечаток на эстетические взгляды, понятия о красоте. Отсюда у европейцев строгий стиль одежды, преобладают серые, черные, белые, мягкие нежные тона в выборе цвета. Для Востока характерна яркость нарядов, украшений. Это проявляется и в творчестве, художники запада пишут в мягких пастельных тонах, на востоке живопись под стать природе сочная и контрастная, картины залиты солнцем. У людей, проживающих в степи, широкие раздольные песни «Степь да степь кругом...». У горцев под стать остроконечным пикам быстрые взрывные мелодии.

По данному вопросу написаны работы у В.О. Ключевского, М.В. Крюкова, И.А. Ильина, С.Н. Булгакова, С.М. Широкогорова, В.И. Козлова, Ю.В. Бромляя, Н.Н. и И.А. Чебоксаровых, Л.Н. Гумилева, С.А. Арутюнова, С.Лурье, В.Д. Соловья и других авторов.

Многие авторы сходятся на том, что «месторазвитие» (родина) – это решающий фактор в формировании этноса. Подробный анализ формирования русской нации рассмотрел В.О. Ключевский, который считал природу «колыбелью народа».

«В истории России и формировании национального облика русского народа фактор природы имел особое значение. Лес, степь и река это, можно сказать, основные стихии русской природы по своему историческому значению. Каждая из них и в отдельности сама по себе приняла живое и своеобразное участие в строении жизни и понятии русского человека» [6].

И.А. Ильин утверждал: «Россия поставила нас лицом к лицу с природой, суровой и захватывающей, с холодной зимой и раскаленным летом, с безнадежной осенью и бурной, страстной весной. Она погрузила нас в эти колебания, заставила нас жить их властью и глубиной. Именно столь противоречив русский характер» [7].

Д.С. Лихачев писал в своих знаменитых «Письмах о добром»: «Природа создавала человека много миллионов лет, пока не создала, и вот эту творческую, созидательную деятельность природы нужно, я думаю, уважать, нужно прожить жизнь с достоинством и прожить так, чтобы природа, работавшая над нашим созданием, не была обижена» [8].

Мир прекрасен! По великому замыслу Создателя на Земле царят гармония и красота. Высшую гармонию и красоту мы можем наблюдать в природе. Именно эта непостижимая для ума красота и совершенство разбудили в человеке желание соответствовать, быть похожим на мир, в котором он живет. Горы звали на восхождение, и он всей душой устремлялся вверх. Степь поражала бескрайними просторами, и наш герой стремился к горизонту, появлялось желание вместить в себя этот большой мир, обнять всю землю. Мой далекий предок в давние эпохи был близок к природе, жил среди природы и был ее частью. И с течением времени человек духовно изменялся, ведь общение с природой порождает возвышенные, гармоничные мысли, способствует развитию чувств в области прекрасного, способности полноценного восприятия и правильного понимания красоты в искусстве и жизни. А красота великая сила! Красота вызывает положительные эмоции, утончает чувства, что, в свою очередь, формирует творческую личность.

Русский писатель и мыслитель Ф. М. Достоевский писал: «Красота спасет мир!»[9] Он писал о духовной красоте человека. Именно в воспитании красотой можно сформировать в человеке ту основу, тот духовный стержень, который может дать ему моральную силу противостоять злу.

«Осознание красоты спасет мир» - утверждает Н.К. Рерих. «Действие Красоты, как и действие психической энергии, осуществляется не только на физическом, но прежде всего на духовном плане» - поясняет он [10].

Но не любованием красотой ценно пребывание на природе. Важно почувствовать ту живительную благодать, что наполняет пространство, наполниться силой и энергией.

Приведу строки из своего дневника: «Изнурительный затяжной подъем. Наконец, долгожданный отдых. Я расположилась поодаль от всех. Жаркое летнее солнце, но холодом веет от снежников и ледников. Яркие краски альпийских лугов, совсем близко скалистые отроги Пшехасу. Какая мощь в этих скалах! Вечность и покой. Какое голубое бездонное небо! И вдруг я ощутила, что со мной происходит что-то необычное. Мне показалось, что я наполнилась и стала большой, что моя душа вместила в себя и эти горы, и это небо, и травы, и цветы. Появилось чувство легкости и полета. Я здесь, на рюкзаке, но одновременно я сверху смотрю на своих спутников и окружающий ландшафт. Удивительное состояние счастья и неземной благодати! Я потеряла ощущение пространства и времени. Сильные впечатления этих коротких минут затмили все приключения и красоты и стали самым главным, что случилось со мной в этом походе».

Такое слияние с природой невозможно вызвать самому, нельзя создать специальные условия. Это приходит неожиданно. Нужно быть готовым, чтобы принять это состояние, почувствовать его, отследить.

Подобные ощущения описывает Д. Андреев в знаменитой «Розе мира». Он пишет просто и открыто о полном слиянии с природой. Писатель объясняет эти необычные ощущения в природе взаимодействием с монадами или стихиялями, которые являются невидимыми обитателями леса, воды, воздуха. «Перед нами – отношение несравненно более нравственное и сознательное, более чёткое, развитое и изощённое, более жизнерадостное, более активное. Оно может быть основано только на том опыте, когда человек непосредственно ощущает сквозь Природу богатейшие и многообразнейшие миры стихиялей. Ощущает – то есть, вступает в общение, всё яснее понимая возможности счастливой и творческой с ними дружбы, прекрасного перед ними нашего долга и горькой, старинной нашей вины» [11].

Многие годы я вожу в походы детские и взрослые группы и наблюдаю, как природные факторы влияют на эмоциональное состояние, чувства и поведение людей. Удивительные изменения происходят с человеком в результате его пребывания в лесу, в горах, у водопадов, на берегу реки. В глазах появляется живой блеск, на лице улыбка, человек начинает излучать радость и добро. Появляется ощущение счастья, которое запоминается надолго.

В чем секрет такого влияния природы? Самые возвышенные, самые светлые чувства человек называет любовью. Есть и такое понятие, как любовь к природе. Что это значит? Это эстетическое наслаждение от созерцания красоты окружающего мира, или физические ощущения, связанные с чистотой и движением воздуха? А может, это осознание гармонии, к которой так стремится душа?

Влияния природы на психическое состояние человека геофизики объясняют тем, что на поверхности Земли существуют геоактивные зоны, связанные, прежде всего с ядром, мантией и литосферой. В зонах разломов и напряжений происходят выходы энергии, как положительной, так и отрицательной. Но и сейчас ученые, изучающие науки о Земле, не пришли к единому мнению о внутреннем строении Земли, о процессах в глубине планеты, которые отражаются на жизни людей.

Новые суждения по этому вопросу у российского геофизика Яницкого И.Н., который стал основоположником учения о микроразломах и микроплитах, тем самым появился термин «микроргеология». Энергонасыщенными являются и слои атмосферы, но на разных ее уровнях меняется насыщенность. Наиболее активный слой в пределах до 10 км, где живет человек. Многие деятели науки не одобрили утверждение Яницкого И.Н. о том, что энергоинформационная система Земли оказывается более разумной, чем человек.

Окружающую нас действительность Яницкий И.Н. называет «высокоорганизованное мироздание», а сегодня это положение слишком революционно как для науки, так и для религии. Озабоченный разрушительной деятельностью человека, ученый призывает: «Все прикладные практические задачи (в том числе и социальные) целесообразно

развивать только с позиций соподчиненности интеллектуального уровня человека вышестоящему уровню всемогущей Природы». [12]

Мы не будем сегодня спорить о религии, но, несомненно, одно – наша планета Земля чудесным образом создана так, что питает человека не только физически, но и является источником вдохновения и духовной силы.

Возникает и такой вопрос – все ли люди способны воспринять проливающуюся с небес энергию, почувствовать ее силу, вступить во взаимодействие с живой природой? Принято считать, что любой человек может общаться с природой, стоит его только вывезти за город. Но у многих нет чувства природы, нет чуткости, зоркости, наблюдательности, не развито чувство радости от общения с окружающим миром. Они связывают пребывание на природе с обильными пикниками (вкусная еда, выпивка, громкая музыка). При таком подходе не может быть духовного восприятия окружающего мира.

Отличается восприятие природы и у разных возрастных категорий людей. Дети и взрослые старше 35 лет чувствуют природу на уровне чувств. Молодежь, к сожалению, воспринимает прогулки на природу или как спорт, или как развлечение. Наиболее внимательны к природе дети. Дети обладают живым и непосредственным чувством природы. На них проливается небесная благодать, но они воспринимают все как естественный закономерный процесс.

Еще один вопрос. Почему некоторые жители деревень, живущие близко к природе, начинают деградировать в моральном отношении? Этот вопрос для теории господствующего фактора влияния природы на духовное развитие человека на первый взгляд кажется провокационным. Но это явление имеет свое объяснение. На уровень духовности некоторых жителей села влияет много факторов – низкий уровень жизни, большая зависимость от города, упадок культуры, пропаганда алкоголя и наркотиков, разрушающие программы телевидения, порождающие зависть и другие низменные эмоции. Человек, выросший среди природы, но с насаждаемой потребительской психологией общества теряется, раздваивается от такого противоречия, поэтому слабые души не справляются. Однако, деревенский житель не столь примитивен и глуп, как нам выдают средства массовой информации. Люди деревни просты в суждениях, открыты, совестливы, нравственны. Они никогда не смогут плести замысловатые интриги, многослойные подлости, вести двойной, скрытый образ жизни. Причина также в том, что человек имеет низкую духовность, у него закрыты каналы приема этой чистой энергии, которая разлита в природе. Он ее просто не принимает. Этому можно научить, но современная система образования не только не способствует, наоборот, подавляет все стремления к свету, а своего Духа у многих людей не хватает, чтобы пробудиться. Лишь отдельные личности начинают восхождение к духовным вершинам.

Но есть среди людей романтики, которые вновь и вновь взбираются по горным тропам, пробираются сквозь лесные чащи, ночуют под звездами, поют песни у костра, замирают от восторга, наблюдая закаты и рассветы,

купаются в холодной воде рек и озер. А итогом их впечатлений от общения с природой являются стихи, песни, картины, новые проекты, открытия. Эти люди, которые на тонком плане почувствовали чистую энергию, разлитую в природе, и хотят испытать ее снова и снова. Никакие энергетики им не нужны, их питает сама Земля.

Так что же это за энергия, которая так воздействует на эмоциональное состояние людей? Почему меняется функциональное состояние нервной системы человека? А.Л. Чижевский говорил, что это влияние Солнца и других космических тел, И.Н. Яницкий утверждает, что это воздействие Земли, мы называем это одним словом – Природа.

«Блаженны нищие духом» - говорится в Нагорной проповеди Христа. Эту фразу многие трактуют буквально, но речь идет о людях, которые ощущают потребность в духовном росте, тянутся к возвышенному и в своих помыслах устремляются к великому, вечному. Можно назвать много имен среди писателей, художников, ученых, религиозных деятелей, которые сами шли дорогой добра, вели за собой, их произведения на века являются образцом высшей духовности. Так пусть же будут благославленны «нищие духом», так как благодаря им человечество идет по пути духовного развития.

Отношение к природе менялось в истории. На раннем этапе – это языческое обожествление сил природы, население ее Духами, поклонение им. Сейчас два направления – потребительское (хозяйственно-научное) и эмоционально-чувственное (любовь к природе).

«Катастрофическая черта нашей цивилизации заключается в том, что ее материальное развитие многократно превышает духовное. Ее баланс нарушен» [13]. Поэтому в настоящее время назрела необходимость срочно пересмотреть принцип взаимодействия с природой.

В понятие "гармоничный человек" входит представление о гармонии данной личности с его родной природой. Наша планета Земля чудесным образом создана так, что питает человека не только физически, но и является источником вдохновения и духовной силы.

Природа – это храм, наполненный божественной благодатью, место силы, духовной энергии. Природа - это источник красоты, доброты, познания, это великая сила, воздействующая на духовное развитие человека.

Осознав это, нам надо бережно обращаться с нашим домом – природой. Но пока мы усиленно разрушаем пространство нашего благополучного существования.

Идите же в горы, в лес, луга, ведь природа влияет на наш ум, сердце, душу. Силу Духа, истинную красоту Души можно обрести, только общаясь с природой. Только идите с чистыми помыслами и добрым сердцем, и тогда вы познаете, что такое природа.

Список литературы

1. Зинченко В.П. Размышления о душе и ее воспитании // Вопросы философии, 2002, № 2, 3.
2. Соловейчик С. Педагогика для всех.
3. Кириленко А.Я., <http://kirilenko-nya.ru/>
4. Калесник С.В. Основы общего землеведения. - М., 1955. С.455.

5. Берг Л.С. Номогенез, или Эволюция на основе закономерностей. - Петербург: Государственное издательство, 1922. - 306 с.
6. Известия Пензенского Государственного университета им. В.Г. Белинского, 2013, №27, с. 989
7. Ильин И.А. О России. Три речи. 1926-1933. София, изд. «За Россию», 1934.
8. Лихачев Д.С. Письма о добром. - СПб.: «Русско-Балтийский информационный центр БЛИЦ», 1999.
9. Достоевский Ф.М. Идиот. Ч.3. Гл.5.
10. Рерих Н. О красоте. - Издательский Центр РОССАЗИЯ, 1995.
11. Андреев Д. Роза мира. Книга 2, глава 2.
12. Яницкий И.Н.. Живая Земля. – М., 2005.
13. Швейцер А. Большая книга мудрости. - М., 2015. С.127.

**ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ГЕОЛОГИИ, ГЕОФИЗИКИ И
ГЕОЭКОЛОГИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Материалы IV Международной научно-практической конференции

Часть 1

Подписано в печать 08.05.2017. Формат бумаги 60x84/16. Бумага офсетная.
Печать цифровая. Гарнитура Таймс. Усл. п.л. 16,1. Тираж 300. Заказ 00017.

Отпечатано с готового оригинал-макета
на участке оперативной полиграфии
ИП Кучеренко В.О. 385008, г. Майкоп, ул. Пионерская, 411/76.
Тел. для справок 8-928-470-36-87. E-mail: slv01.maykop.ru@gmail.com