

Российский государственный гидрометеорологический университет
Полярный научно-исследовательский институт морского
рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М. Книповича
Кандалакшский государственный природный заповедник

**VI-VII МЕЖДУНАРОДНЫЕ СЕМИНАРЫ
“РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ СЕВЕРНЫХ МОРЕЙ”**

18 июля 2002 г., 17 июля 2003 г.
г. Кандалакша

Материалы докладов

Часть II

**Изучение биотопов прибрежных экосистем
Социально-экологические и экономические исследования
в прибрежной зоне северных морей**

**VI-VII INTERNATIONAL WORKSHOPS
“RATIONAL EXPLOITATION OF THE COASTAL ZONE
OF THE NORTHERN SEAS”**

July 18, 2002, July 17, 2003
Kandalaksha

Materials of the reports

Part II

**Studies of the Biotopes of the Coastal Zone
Socio-Ecological and Economic Studies in the Coastal Zone of the Northern Seas**

*Экспедиционные исследования и семинар поддерживались
ЮНЕСКО (КСИ, МОК),*

*Министерством науки и технологий Российской Федерации,
Министерством образования Российской Федерации,
Государственным комитетом по рыболовству и
Государственным комитетом Российской Федерации
по охране окружающей среды*

*The expedition investigations and the International Workshop were
supported by the UNESCO (CSI, IOC), Ministry of science and technology of the
Russian Federation, Ministry of education of the Russian Federation,
the Russian Federation's State Committee for Fisheries and
the Russian Federation State committee for environmental protection.*

Санкт-Петербург
2004

VI–VII Международные семинары “Рациональное использование прибрежной зоны северных морей”. Часть II. Изучение биотопов прибрежных экосистем. Социально-экологические и экономические исследования в прибрежной зоне северных морей. 18 июля 2002 г., 17 июля 2003 г., Кандалакша. Материалы докладов. – СПб.: Изд. РГГМУ, 2004. – 248 с.

Приведено основное содержание докладов сотрудников институтов и учреждений, участвовавших в выполнении исследований в прибрежной зоне Белого и Баренцева морей. Исследования и семинар проводились в рамках Международных проектов, по программе “Балтийский Плавающий Университет – Север” и по договорам РГГМУ. Семинар отвечает основным задачам ЮНЕСКО (МОК) и проекту ЮНЕСКО “Охрана и развитие в прибрежных районах и Малых островах” (КСИ) и пилотному проекту ЮНЕСКО/КСИ “Разработка стратегии устойчивого развития береговой зоны северных морей России”, выполняемым в РГГМУ. В докладах представлены основные результаты исследований, в которых отражены вопросы в изучении биотопов прибрежных экосистем, а также экономические и социологические исследования, полученные в 2002–2003 гг. Рассматриваются вопросы практического природопользования, а также результаты социально-экономического и экологического исследований, деятельность отдельных природопользователей прибрежной зоны этих морей, а также некоторые аспекты управления этой зоны.

VI–VII International Workshops “Rational exploitation of the coastal zone of the Northern Seas”. Part II. Studies of the Biotopes of the Coastal Zone. Socio-Ecological and Economic Studies in the Coastal Zone of the Northern Seas. July 18, 2002; July 17, 2003. Kandalaksha. Materials of the reports. – St. Petersburg, RSHU Publishers, 2004. – 247 pp.

The book contains materials of the reports made by researchers working at establishments taking part in studies of the coastal zone of the White and Barents Seas. The investigations and the Workshop were conducted within the framework of international projects, the “Baltic Floating University - North” Programme and according to the agreements signed by the RSHU. The Workshop conforms to the major objectives of the UNESCO (IOC) and of the UNESCO/CSI “Protection and Development of Coastal Regions and Small Islands” Project and the UNESCO/CSI pilot project “Elaboration of the sustainable development strategy of the coastal zones of the Russian Northern Seas”. The reports present main results of the research, where revealed the questions of the research of biotopes of coastal ecosystems, as well as the results of economical and sociological research obtained during 2002-2003. The book considers problems of practical nature management, results of socio-economic and ecological studies, activities of individual natural-resource users in the coastal zones of the seas and some aspects of the coastal zone management.

ISBN 5-86813-130-4

ИЗУЧЕНИЕ БИОТОПОВ ПРИБРЕЖНЫХ ЭКОСИСТЕМ

УДК 551.468 (268.46) : 574

Районирование акватории Белого моря на основе метода сводных показателей

Zoning of the White Sea Water Area on the Basis of the Method of Summary Indexes

I. V. Bucharov, O. S. Rossal

Russian State
Hydrometeorological University

И. В. Бухаров, О. С. Россаль

Российский государственный
гидрометеорологический университет

В статье рассмотрена возможность применения метода сводных показателей для районирования морских экосистем на примере акватории Белого моря. Для расчетов индекса состояния использовались опубликованные данные за фоновый период. Расчеты производились при задании различных приоритетов основных критериев состояния водной экосистемы. Анализ полученных результатов показал, что метод сводных показателей можно использовать для решения задач районирования водных экосистем.

The paper considers the feasibility of the method of summary indexes for zoning of marine ecosystems, employing the example of the White Sea water area. To calculate the index of the state, the published data related to the background period have been utilized. The calculations are made assigning various priorities to the basic criteria of the water ecosystem state. An analysis of the received results shows that the method of summary indexes can be used to solve the problem of zoning of water ecosystems.

The White Sea has been in the focus of attention for many decades now, and at present it is among the marine basins of the world that are being most studied. An intense interest in studying the White Sea is aroused not only by its

Белое море является объектом внимания уже много десятилетий, и к настоящему времени представляет собой один из наиболее изучаемых морских водоемов мира. Большой интерес к исследованию Белого моря

location on the busiest routes between the North and South, West and East, and by the fact that the sea is deeply indented into the Eurasian continent, but also by its unique features of the hydrobiological regime resulting in presence of the boreal and arctic, estuarine hydrological and floro-faunistic complexes in miscellaneous parts and at various depths of this sea. Therefore, one of the prime problems facing the scientists involved in studies of this water body is the task of zoning the White Sea water area according to various parameters and characteristics.

There are diverse variants of sectioning the White Sea in quasi-homogeneous squares. The best known one is dividing the sea according to its morphological characteristics. In this case, the sections are the Straits of Gorlo and Voronka, the *Bassein* (Basin), and four bays: Kandalaksha, Onega, Dvinsky and Mezensky Bays. Practically all the remaining variants of the component-wise zoning of the White Sea are based on this approach.

Despite the great number of studies devoted to this subject, rather little attention is given in them to *zoning* the White Sea ecosystem on an integrated basis. Most of the studies mainly describe distribution of any one component of the ecosystem or, less often, several components, and do not encompass all the varieties of the phenomena and processes occurring in it.

вызван не только его расположением на пути оживленных связей между севером и югом, западом и востоком и глубокой врезанностью с севера в Евроазиатский материк, но и с уникальным своеобразием гидробиологического режима, определяющего наличие в разных частях и на разных глубинах этого моря как бореальных, так и арктических, эстуарно-гидрологических и флоро-фаунистических комплексов. Поэтому, одной из основных задач стоящих перед учеными, занимающимися этим водным объектом, является задача районирования акватории Белого моря по различным параметрам и характеристикам.

Существуют различные варианты разделения Белого моря на квазиоднородные районы. Самым известным из них является разделение моря по геоморфологическим характеристикам. При этом выделяют: Воронку, Горло, Бассейн и четыре залива Кандалакшский, Онежский, Двинский и Мезенский. На этом подходе основаны практически все остальные варианты покомпонентного районирования Белого моря.

Несмотря на большое количество работ посвященных этой теме, достаточно мало внимания в них уделяется *районированию* экосистемы Белого моря на интегральной основе. В основном большинство работ описывают распределение какого-нибудь одного или реже нескольких компонентов экосистемы и не охватывают всего многообразия

In the present paper an attempt is made to distinguish quasi-homogeneous zones by the magnitude of integrated indexes of the White Sea ecosystem state, and also to consider the application feasibility of the method of summary indexes for the problem of zoning the water area.

Several reasons influence the choice of the method of summary indexes as the basic one for solving the problem of zoning the water area. Firstly, this is the most promising and quickly developing method for eco-geographical studies. Secondly, it yields a comprehensive notion of the object under study, which is of special interest and is a relevant factor for this task. Thirdly, it has a number of advantages over traditional statistical methods as it does not superimpose additional conditions on the initial data.

But, in spite of all the above advantages, the method under consideration also has a number of essential shortcomings, the main one being indeterminacy in assigning the values of weighting coefficients for various parameters included in the summary index calculations. However, this disadvantage can be remedied by considering additional information on the structure and functioning of the object under investigation, and also by engaging expert estimations of the dominating or insignificant influence

явлений и процессов происходящих в ней.

В предлагаемой работе была сделана попытка выделения квази-однородных зон по величине интегральных показателей состояния экосистемы Белого моря, а также рассмотрены возможности применения метода сводных показателей для решения задач районирования акватории.

На выбор метода расчета сводных показателей, как основного метода решения задачи районирования акватории, повлияло несколько причин. Во-первых, этот метод является наиболее перспективным и быстро развивающимся методом эколого-географических исследований. Во-вторых, он дает комплексное представление об исследуемом объекте, что вызывает особый интерес и для данной задачи является важным фактором. В-третьих, он имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционно используемыми статистическими методами, так как не накладывает дополнительных условий на исходные данные.

Но, несмотря на все перечисленные преимущества, рассматриваемый метод имеет и ряд существенных недостатков, основным из которых является неопределенность задания значений весовых коэффициентов для различных параметров входящих в расчеты сводного показателя. Однако данный недостаток может быть устранен рассмотрением дополнительной информации о

of one or another criterion on the water ecosystem condition.

To perform the zoning procedure for the White Sea water area, a database of hydrological, hydrochemical and hydrobiological characteristics of the sea has been created. Materials giving mean multiyear values of the basic indexes of the water body's ecosystem state serve as the basic source of information for the database. This information was mainly published in the form of charts with isolines of an average multiyear field of values of various characteristics [*Океанологические условия ...*, 1991; *Проект "Моря СССР"*, 1991]. It will be noted that the average multiyear data over the background period are only used in the work to eliminate the irregularity related to varying anthropogenic load on the considered water body. In total, 46 indexes have been selected.

In order to reveal quasi-homogeneous areas in the White Sea, the initial indexes are divided into two groups: a group of hydrological criteria (water temperature and salinity in various seasons and on various horizons), and a group of hydrochemical and hydrobiological criteria (concentration of the basic biogenic elements and major hydrobiological parameters in various seasons and on various horizons).

структуре и функционировании исследуемого объекта, а также привлечением экспертных оценок о доминировании или незначительности влияния того или иного критерия на состояние водной экосистемы.

Для выполнения процедуры районирования акватории Белого моря была создана база данных гидрологических, гидрохимических и гидробиологических характеристик моря. Основным источником информации для нее, стали материалы о средних многолетних значениях основных показателей состояния экосистемы рассматриваемого водного объекта. Такая информация публиковалась, в основном, в виде карт изолиний среднемноголетнего поля значений различных показателей [*Океанологические условия ...*, 1991; *Проект "Моря СССР"*, 1991]. Необходимо заметить, что в работе использовались средние многолетние данные только за фоновый период, чтобы отсеять неравномерность, связанную с различной степенью антропогенной нагрузки на рассматриваемый водный объект. Всего было выбрано 46 показателей.

Для нахождения квазиоднородных районов на акватории Белого моря исходные показатели были разделены на две группы: группу гидрологических критериев (температура и соленость воды в разные сезоны и на различных горизонтах) и группу гидрохимических и гидробиологических критериев (концентрации основных биогенных элементов и основные гидробиологические

The area of the White Sea is divided into one-degree squares (boxes). All in all, 22 squares are constructed. Using the method of isolines, the mean for each index is calculated in each square. The northern part of the Voronka in the White Sea is not considered because of absence of relevant data.

Then a matrix is formed:

$$\begin{pmatrix} X_1^{(1)} & \dots & X_i^{(1)} & \dots & X_m^{(1)} \\ \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ X_1^{(j)} & \dots & X_i^{(j)} & \dots & X_m^{(j)} \\ \vdots & \dots & \vdots & \dots & \vdots \\ X_1^{(K)} & \dots & X_i^{(K)} & \dots & X_m^{(K)} \end{pmatrix}, \quad (1)$$

where $X_i^{(j)}$ is the value of the i th parameter X_i ; $i = 1, 2, 3, \dots, m$ for the j th object (square); $j = 1, \dots, K$. In our case, $m = 46$ (the investigation is based on 46 criteria), and $K = 22$ (the number of the delineated squares). Then the limiting values $(x_{\min}, x_{\max})$ are defined and the normalizing functions $q_i, \dots, q_m$ introduced from the corresponding initial parameters $x_i, \dots, x_m$. For defining the normalizing function $q_i = q_i(x_i)$ we use the formula:

параметры в разные сезоны и на различных горизонтах).

Акватория Белого моря была разделена на одноградусные квадраты (боксы). Всего выделено 22 квадрата. В каждом квадрате методом изолиний было рассчитано среднее значение для каждого показателя. Северная часть Воронки Белого моря не рассматривалась из-за отсутствия необходимых данных.

Далее была сформирована матрица вида:

где $X_i^{(j)}$ — значение i -ого параметра X_i , $i = 1, 2, 3, \dots, m$ для j -ого объекта (квадрата), $j = 1, \dots, K$. В нашем случае $m = 46$ (исследования проводится по 46 критериям), а $K = 22$ (количество выделенных квадратов). Затем определяются предельные значения $(x_{\min}, x_{\max})$ и вводятся нормирующие функции $q_i, \dots, q_m$ от соответствующих исходных параметров $x_i, \dots, x_m$. Для определения нормирующей функции $q_i = q_i(x_i)$ использовалась формула вида:

$$q_i = q_i(x) = \begin{cases} 1, & x_i \leq x_{\min} \\ \frac{x_{\max} - x_i}{x_{\max} - x_{\min}}, & x_{\min} < x \leq x_{\max} \\ 0, & x_i > x_{\max} \end{cases} \quad (2)$$

where q_i is the transformed (normalized) value; x_i is the current value; $x_{\min}$ is the minimum value of the parameter; $x_{\max}$ is the maximum value of the parameter.

As a result of normalization, we receive a matrix of values $q_i^{(j)}$ of normalized indexes $q_1, \dots, q_m$ assumed for various squares of the White Sea.

где q_i – преобразованное (нормированное) значение; x_i – текущее значение; $x_{\min}$ – минимальное значение параметра; $x_{\max}$ – максимальное значение параметра.

В результате нормирования получили матрицу значений $q_i^{(j)}$ нормированных показателей $q_1, \dots, q_m$, принимаемых для различных квадратов Белого моря.

$$\begin{vmatrix} q_1^{(1)}, & \dots & q_i^{(1)}, & \dots & q_m^{(1)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ q_1^{(j)}, & \dots & q_i^{(j)}, & \dots & q_m^{(j)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ q_1^{(K)}, & \dots & q_i^{(K)}, & \dots & q_m^{(K)} \end{vmatrix} \quad (3)$$

Here $q_i^{(j)}$ is the value of the i th normalized index q_i $i = 1, \dots, m$ for the j th square, $j = 1, \dots, K$.

At the following stage, the convolution of the information is performed for calculation of integrated indexes; in so doing, a linear function is utilized having the form [Dmitriyev, 2001; Khovanov, 1996, 1999; Kornikov et al 2000]:

Здесь $q_i^{(j)}$ есть значение i -го нормированного показателя q_i ($i = 1, \dots, m$ для j -ого квадрата, $j = 1, \dots, K$).

На следующем этапе производилась свертка информации, для расчета интегральных показателей при этом использовалась линейная функция вида [Дмитриев, 2001; Хованов, 1996, 1999; Корников и др., 2000]:

$$Q_j = \sum_{i=1}^m q_i \omega_i, \quad (4)$$

where ω_i is the weighting coefficient taking into account the contribution of the i th criterion in determining the summary index.

The values of the weighting coefficients $\omega_1, \dots, \omega_m$ must satisfy the following conditions: $0 \leq \omega_i \leq 1$, $\omega_1 + \dots + \omega_m = 1$.

For lack of valid data on the priorities in estimating the White Sea ecosystem state, three sets of weighting coefficients are utilized for calculations. The first numerical experiment is conducted at equality in weight of all indexes, i.e. the weight of the group of the hydrological characteristics is equal to that of the group of the hydrochemical and hydrobiological characteristics. The second experiment is conducted with prevalence of the group of the hydrological characteristics. For definition of the aggregate weighting coefficient, the "golden section rule" is applied: the smaller part is to the larger part as the larger is to the entire segment. The aggregate weighting coefficient for the priority group of indexes is found to be equal to 0.62. In this case, the individual weighting coefficient for each index in the group under consideration is defined as the relation of the aggregate weight of the group to the number of the criteria in this group. The third experiment is conducted with prevalence of the group

где ω_i – весовой коэффициент, учитывающий вклад i -го критерия при определении сводного показателя.

Значения весовых коэффициентов $\omega_1, \dots, \omega_m$ должны удовлетворяют следующим условиям $0 \leq \omega_i \leq 1$, $\omega_1 + \dots + \omega_m = 1$.

За неимением достоверных данных о приоритетах оценивания состояния экосистемы Белого моря, для расчетов использовались три набора весовых коэффициентов. Первый численный эксперимент проводился при равенстве весов у всех показателей, т.е. вес группы гидрологических характеристик равнялся весу группы гидрохимических и гидробиологических характеристик. Второй эксперимент проводился при доминировании группы гидрологических характеристик. Для определения суммарного весового коэффициента использовалось правило "золотого сечения" – меньшее так относится к большему, как большее ко всему. Суммарный весовой коэффициент, для приоритетной группы показателей, получили равный 0.62. При этом индивидуальный весовой коэффициент для каждого показателя в рассматриваемой группе определяется, как отношение суммарного веса группы к количеству критериев в этой группе. Третий

of the hydrochemical and hydrobiological indexes.

Upon conducting the calculations, three vectors of summary indexes are received for different variants of the weighting coefficients (Table 1, Fig. 1).

эксперимент проводился при доминировании группы гидрохимических и гидробиологических показателей.

После проведенных расчетов получили три вектора сводных показателей для различных вариантов весовых коэффициентов (табл. 1, рис. 1).

Таблица 1. Результаты расчета индекса сводных показателей

Table 1. Results of calculations of the summary index value

№ бокса Box No	Равные веса (вариант один) Equal weights (Variant 1)	Преимущество гидрологических параметров (вариант два) Predominance of hydrological parameters (Variant 2)	Преимущество гидрохимических и гидробиологических параметров (вариант три) Predominance of hydrochemical and hydrobiological pa- rameters (Variant 3)
1	0.1300	0.6493	0.6277
2	0.6198	0.6417	0.6287
3	0.5663	0.6165	0.5865
4	0.5667	0.5933	0.5774
5	0.5766	0.5179	0.5529
6	0.5726	0.4513	0.5236
7	0.4817	0.3895	0.4444
8	0.5735	0.6178	0.5914
9	0.5924	0.6422	0.6126
10	0.5600	0.6040	0.5778
11	0.6038	0.5955	0.6005
12	0.5585	0.6211	0.5838
13	0.5930	0.5834	0.5891
14	0.5679	0.6046	0.5827
15	0.4604	0.5079	0.4796

16	0.4578	0.5135	0.4803
17	0.3984	0.4616	0.4239
18	0.3896	0.4494	0.4137
19	0.4317	0.4779	0.4503
20	0.3323	0.4176	0.3668
21	0.2668	0.3592	0.3041
22	0.2688	0.3435	0.2290

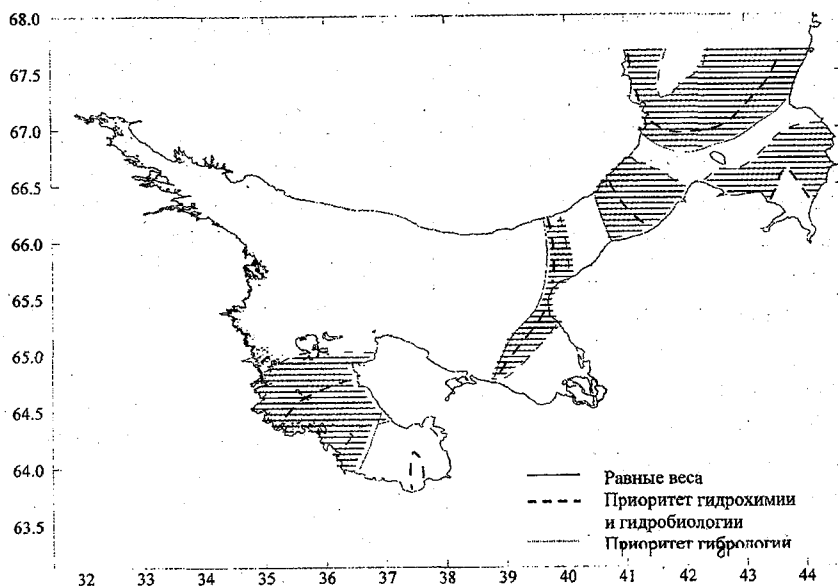


Рис. 1. Границы классов при различных приоритетах рассматриваемых групп. Заштрихованы зоны изменения границ классов при изменении приоритетов весовых коэффициентов.

Fig. 1. Boundaries of the classes with different priorities of the groups under consideration. Shaded are the zones of changes in the boundaries of the classes with changing priorities of the weighting coefficients.

- Equal weights
- Predominance of hydrochemical and hydrobiological parameters
- Predominance of hydrological parameters

Before starting to analyze the obtained results it is necessary to state that the subject matter of studying the White

Перед началом анализа полученных результатов необходимо сказать, что предмет исследования ак-

Sea water area is much wider than merely determination of water masses, but it is significantly narrower than delineation of ecosystems with homogeneous characteristics. Therefore, the obtained entity will be referred to as *waters*, being a shorter term, implying a unified *hydrobiocomplex* as defined by A. N. Golikov and A. I. Babkov in the monograph [Бабков, Голиков, 1984].

Conducting an analysis of the data received as a result of calculations, one will note that the minimum value of the summary index is 0.2668, and the maximum one, 0.6439. On the basis of these data we define the sizes of a qualitative scale ranging from 0.25 to 0.65, having rounded off the maximal and minimum values to the smaller and greater limit, respectively.

Let's divide the scale into four uniform intervals, with a step of 0.5, which would correspond to the four water condition classes. The limits of the classes are given in Table 2.

ватории Белого моря значительно шире, чем просто выделение водных масс, но значительно уже, чем выделение однородных по своим характеристикам экосистем. Поэтому, выделенное "единство" будем называть *водами*, как более краткий термин, подразумевая под ним единый *гидробиокомплекс* определенный А.Н. Голиковым и А.И. Бабковым в монографии [Бабков, Голиков, 1984].

Проводя анализ данных, полученных в результате расчетов, можно заметить, что минимальное значение сводного показателя равно 0.2668, а максимальное значение 0.6439. На основании этих данных нами были определены размеры качественной шкалы в пределах от 0.25 до 0.65, округлив максимальное и минимальное значение в меньшую и большую сторону соответственно.

Разобьем шкалу на четыре равномерных интервала, с шагом 0.5, которые будут соответствовать четырем классам состояния вод. Границы классов приведены в таблице 2.

Таблица 2. Границы квазиоднородных районов по величине сводных показателей при равномерном разделении на классы

Table 2. Limits of quasi-homogeneous regions based on the magnitude of the summary indexes with a uniform division into classes

Класс Class	Нижний предел значений сводного показателя The lowest limit of the summary index	Верхний предел значений сводного показателя The highest limit of the summary index
1	0.25	0.35
2	0.35	0.45
3	0.45	0.55
4	0.55	0.65

Analyzing the distribution of the various classes across the White Sea water area, it is possible to draw a conclusion that the White Sea waters proper, having characteristic hydrochemical and hydrobiological properties mainly determined by the inherent nature of the water masses, belong to Class 4, and all the remaining classes are transition ones differing from each other in the degree of influence of the waters that have a different origin. The only difference between Class 3 and the two first classes is in the fact that Class 3 demonstrates the influence on the White Sea waters made not only by the waters of the North Barents Sea, but also that by the waters formed due to the action of surface runoff.

In the first case, with the weighting coefficients being equal, the following picture of distribution of the quasi-homogeneous regions (see Fig. 1) can be observed. Actually, the entire Voronka belongs to Class 1, which is mostly linked to the effect of the cold waters from the Barents Sea. The northern part of the Gorlo and Mezensky Bay fall in Class 2; this can be explained by the fact that the influence of the White Sea waters here partly weakens due to the freshwater runoff into Mezensky Bay. Class 3 encompasses most part of Dvinsky Bay, the head of Onega Bay and the southern Gorlo. The entire Basin, Kandalaksha Bay and northern Onega Bay fall into Class 4.

Анализируя распределение различных классов по акватории Белого моря, можно сделать вывод о том, что собственно беломорские воды с характерным для них гидрохимическими и гидробиологическими особенностями, определяющиеся в большей степени генетической природой водных масс, относя к четвертому классу, а все остальные классы являются переходными и отличаются между собой степенью влияния вод другого происхождения. Единственное отличие между третьим классом и двумя первыми, заключается в том, что третий класс показывает влияние на воды Белого моря не только вод северного Баренцева моря, но и влияние вод, образовавшихся под действием стока с суши.

В первом случае, при равенстве весовых коэффициентов, наблюдается следующая картина распределения квазиоднородных районов (см. рис. 1). Практически вся Воронка принадлежит к первому классу, что в большей степени связано с влиянием холодных вод Баренцева моря. Северная часть горла и Мезенский залив относятся ко второму классу, это можно объяснить тем, что влияние баренцевоморских вод здесь частично ослабевает в связи с наличием стока пресных вод в Мезенский залив. К третьему классу относятся большая часть Двинского, вершина Онежского заливов и южная часть Горла. Весь Бассейн, Кан-

Now we shall consider the second variant of the set of weighting coefficients (priority of hydrological parameters). Here (see Fig. 1) it is only the northwest part of the Voronka that belongs to Class 1, and we can say that, in this case, this class indicates waters of the Barents Sea origin. Class 2 encompasses the rest of the Gorlo and the head of Onega Bay. This class demonstrates impact of the cold waters from the Barents Sea (in the Voronka) and that of the fresh water of continental origin (in Onega Bay). The waters in Mezensky Bay, Dvinsky Bay, most Onega Bay and practically in the entire Gorlo belong to Class 3, which demonstrates their transitional nature distinct from the most water of the White Sea. As in the first variant, Class 4 includes the waters of the Basin and Kandalaksha Bay. Because water coverage of Class 4 is maximal, it is possible to say that it is to this very class that the waters formed in the White Sea itself belong, while the remaining classes demonstrate various degrees of influence exerted on them by waters different in their origin and composition.

If hydrochemical and hydrobiological indexes are predominant, one can observe a similar picture of distribution of the classes (see Fig. 1). The northern and northwest parts of the Voronka fall into Class 1, which, as in the

далакшский залив и северная часть Онежского залива относятся к четвертому классу.

Теперь рассмотрим второй вариант набора весовых коэффициентов (приоритет гидрологических параметров). Здесь (см. рис. 1), к первому классу относится лишь северо-западная часть Воронки и можно сказать, что в данном случае этот класс показывает воды баренцево-морского происхождения. Второй класс охватывает оставшуюся часть Воронки и вершину Онежского залива. Этот класс показывает влияние холодных вод, пришедших из Баренцева моря (в воронке) и пресных вод материкового происхождения (в Онежском заливе). Воды Мезенского, Двинского, большей части Онежского заливов и практически всего Горла принадлежат к третьему классу, что показывает их переходный характер, отличный от большинства вод Белого моря. Как и при первом варианте, к четвертому классу относятся воды Бассейна и Кандалакшского залива. Из-за того, что площадь охвата четвертого класса вод максимальна, можно говорить о том, что именно к этому классу относятся воды, образовавшиеся в самом Белом море, в то время как остальные классы показывают различную степень влияния на них других по происхождению и составу вод.

При преимуществе гидрохимических и гидробиологических показателей, наблюдается примерно такая же картина распределения

first two variants of the sets of weighting coefficients, points to a strong influence of the Barents Sea waters. The rest of the Voronka, the northern part of the Gorlo and the northwestern part of Mezensky Bay belong to Class 2. All Onega Bay, the heads of Mezensky Bay and Dvinsky Bay, as well as the southern part of the Gorlo belong to Class 3. Class 4, as in the remaining cases, describes the Basin and Kandalaksha Bay.

Thus, having considered the variants of distribution of quasi-homogeneous regions across the White Sea area using diverse variants of weighting coefficient values and the uniform qualimetrical scale, we can make the following conclusions. The greater area of the sea is taken by Class 4. Its borders do not practically vary whatever the chosen variant of weighting coefficients for various indexes, which is clearly seen in the picture. These circumstances allow us to state that Class 4 features the water of "purely" White Sea origin, and the remaining classes show the extent to which they are diluted by other waters. Also, with the number of the class diminishing, and hence, with diminishing values of the summary indexes, the effect of the "extraneous" waters on the White Sea waters increases. классов (см. рис. 1).

This distribution of the quasi-homogeneous regions is also confirmed by the morphological features of the White Sea.

Северная и северо-западная часть Воронки относится к первому классу, что, как и в первых двух вариантах наборов весовых коэффициентах, говорит о сильном влиянии вод Баренцева моря. Оставшаяся часть Воронки, северная часть Горла и северо-западная часть Мезенского залива относятся ко второму классу. Весь Онежский залив, вершины Мезенского и Двинского заливов, а также южная часть Горла принадлежат к третьему классу. Четвертый класс, как и в остальных случаях, описывает Бассейн и Кандалакшский залив.

Таким образом, рассмотрев варианты распределения квазиоднородных районов по акватории Белого моря при различных вариантах значений весовых коэффициентов и равномерной квалиметрической шкале можно сделать следующие выводы. Наибольшую площадь моря занимает четвертый класс. Его границы практически не изменяются в зависимости от варианта выбора весовых коэффициентов для различных показателей, что хорошо видно на рисунке. Эти обстоятельства позволяют говорить о том, что четвертый класс описывает воды "чистого" беломорского происхождения, а остальные классы определяют степень разбавления их другими водами. Причем, с уменьшением номера класса, а, следовательно, и значений сводных показателей, влияние "посторонних" вод на воды Белого моря увеличивается.

Proceeding from the above, it will be noted that the values of the summary indexes increase from southeast to northwest, and from the entrance to the White Sea to its head. The greatest area is occupied by a region with the summary index values ranging from 0.550 to 0.615 and, hence, these waters can be referred to as waters of the White Sea origin proper. An increase or decrease in the magnitude of the limits of this interval indicates to what extent the White Sea waters are diluted by waters of different origin. At the heads of the bays, with exception of the Kandalaksha Gulf, this is linked to the dilution action made by fresh-water runoff; in the Gorlo and the Voronka, to inflow of the Barents Sea water. In Kandalaksha Bay the increasing value of the summary index is connected with inflow from the mainland of large quantities of allochthonous matter and, in comparison with other bays, with a low degree of dilution of the White Sea water effected by fresh water.

The results received by us are easily interpreted by simple reasoning about properties of the waters and their origin. However, the calculations that we have made and the attempt to distinguish

Такое распределение квазиоднородных районов подтверждается и морфологическими особенностями Белого моря.

Исходя из всего выше сказанного, заметим, что значения сводных показателей увеличиваются с юго-востока, на северо-запад и от "входа" в Белое моря к его "кутовой" части. Наибольшую площадь занимает акватория с диапазоном значений сводного показателя от 0.550 до 0.615 и, следовательно, эти воды можно называть водами собственно беломорского происхождения. Уменьшение или увеличение значений границ этого интервала говорит о степени разбавления беломорских вод водами другого происхождения. В вершинах заливов, кроме Канда-лакшского, это связано с влиянием разбавления стоковыми пресными водами, в Горле и Воронке с поступлением вод Баренцева моря, а в Кандалакшском заливе увеличение значения индекса сводного показателя связано с поступлением с суши большого количества аллохтонного вещества и по сравнению с другими заливами небольшим разбавлением вод Белого моря пресными водами.

Полученные нами результаты, легко интерпретируются простыми логическими соображениями о свойствах вод и способе их происхождения. Однако, проведенные нами расчеты и попытка выделения квазиоднородных районов методом сводных показателей, а также сделанные выводы, подтверждают, что используемый метод "работает" в плане

quasi-homogeneous regions using the method of summary indexes, as well as our conclusions, confirm that the method applied is effective in zoning a water ecosystem and, hence, can be utilized for studying and zoning other objects.

In order to carry out more thorough, detailed and accurate studies of the White Sea water area, it is necessary to increase spatial discreteness of the sites under consideration, i.e. to divide the area into smaller squares and to enlarge the number of the considered criteria. Also, in making calculations of the summary indexes, the assignment of precise values of the weighting coefficients is needed for various indexes, i.e. it is essential to use additional reliable information. A changeover to the method of randomized indexes [Хованов, 1996] is also feasible.

районирования водной экосистемы и, следовательно, может быть использован для изучения и районирования других объектов.

Для проведения более тщательных, углубленных, точных исследований акватории Белого моря необходимо увеличить пространственную дискретность рассматриваемых точек, т.е. разбить акваторию на более мелкие квадраты и расширить количество рассматриваемых критериев. Также, при проведении расчетов сводных показателей, необходимо задание точных значений весовых коэффициентов для различных показателей, т.е. необходимо привлечение дополнительной достоверной информации. Возможен также переход к методу рандомизированных сводных показателей [Хованов, 1996].

References

Литература

- Дмитриев В. В. Оценка экологического состояния природных объектов. Что такое экологическая оценка и как построить интегральный показатель состояния экосистемы // Экология. Безопасность. Жизнь. – СПб., 2001. – Вып. 12. – С. 225–237.
- Бабков А. И., Голиков А. Н. Гидробиокомплексы Белого моря. – Л.: Изд. Зоологического ин-та АН СССР, 1984. – С. 66–94.
- Океанографические условия и биологическая продуктивность Белого моря: Аннотированный атлас. Мурманск: Изд. ПИНРО, 1991. – С. 7–112.
- Хованов Н. В. Анализ и синтез показателей при информационном дефиците. СПб., 1996.
- Хованов Н. В. Методика многокритериальной оценки экологического состояния городской территории в условиях дефицита информации и неопределенности суждения о приоритетах оценивания // В кн.: Интегральная оценка экологического состояния и качества среды городских территорий / Алимов А.Ф., Дмитриев В.В., Флоринская Т.М., Хованов Н.В., Чистобаев А.И. / Под ред. А.К. Фролова. – СПбНЦ РАН-СПб., 1999. – С. 58–74.

<http://intflesh.webservis.ru/it/conference/smc/2000/session3/Kornikov.htm>. (Международ. конф. по мягким вычислениям и измерениям). Статья: Корников В. В., Серегин И. А., Хованов Н. В. Байесовская модель обработки нечисловой, неточной и неполной информации о весовых коэффициентах. – СПб.: Изд. СПбГУ, 2000.

Проект "Моря СССР". Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т. 2. Белое море. Вып. 1, 2. – СПб.: Изд. ГМИ, 1991.

УДК [551.462 : 547.1] (268.45)

Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) в донных отложениях Кольского залива Баренцева моря

Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH) in the Bottom Sediments of the Kola Bay of the Barents Sea

**A. Yu. Zhilin, N. F. Plotitsyna,
L. I. Kireeva**

Knipovich Polar Research Institute of Marine
Fisheries and Oceanography (PINRO)

**А. Ю. Жилин,
Н. Ф. Плотичина, Л. И. Киреева**

Полярный научно-исследовательский
Институт морского рыбного хозяйства и
океанографии им. Н. М. Книповича (ПИНРО)

Introduction

Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) contents in different natural environments is studied intensively due to their ability to cause cancerous and mutagenous changes in the living organisms [Ровинский и др., 1988]. Major sources of input of their compounds in the marine environment objects are connected with the anthropogenic activity (different technological processes on the heat and energy production, industrial wastes of the enterprises, shipping, oil excavation and transportation etc.).

Введение

Содержание полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в различных природных средах интенсивно изучается, вследствие их способности вызывать канцерогенные и мутагенные изменения в живых организмах [Ровинский и др., 1988]. Основные источники поступления этих соединений в объекты морской среды связаны с антропогенной деятельностью (различные технологические процессы по производству тепла и энергии, промышленные отходы предприятий, судоходство, добыча и транспортировка нефти и др.).

Aromatic hydrocarbons distribution in the environment depends on the specific features of the source of emission. Each such source has its individual peculiarities which allows to determine the character of the processes leading to the PAH formation [Soclo et al., 2000].

For different processes the individual PAH concentrations ratios differ from each other. To reveal the difference in the PAH origin molecular indices based on the physical-chemical behavior of these substances have been suggested [Baumard et al., 1998]. At the simultaneous estimation of different molecular indices it is possible to estimate which process of hydrocarbons generation there is in the investigated matrix [Budzinski et al., 1997].

Given investigation is carried out on the Kola Bay of the Barents Sea bottom sediments samples. The bay length is 57 km, width 1-7 km, depth near the entrance is 200-300 m. In the southern part of the bay the port of Murmansk is located.

The aim of the work is the identification and quantitative distribution of PAH in the Kola bay bottom sediments which are considered as the priority contaminants to be controlled during the environmental state monitoring. Contents of such low-molecular PAH as naphthalene owing to its high volatility, leading to significant losses during the experiments was not determined.

To achieve additional information on the PAH origin in the Kola bay of the Barents Sea bottom sediments perylene contents was determined, this

Распределение ароматических углеводородов в окружающей среде зависит от специфики источника эмиссии. Каждый такой источник имеет индивидуальные особенности, что позволяет определить характер процессов, приводящих к образованию ПАУ [Soclo et al., 2000].

Для разных процессов соотношения концентраций индивидуальных ПАУ отличаются друг от друга. Для того чтобы выявить различие в происхождении ПАУ были предложены молекулярные индексы, основанные на физико-химическом поведении этих веществ [Baumard et al., 1998]. При одновременной оценке различных молекулярных индексов можно определить, каков процесс генерирования углеводородов в изучаемой матрице [Budzinski et al., 1997].

Настоящее исследование проведено на образцах донных отложений Кольского залива Баренцева моря. Длина залива составляет 57 км, ширина 1-7 км, глубина у входа 200-300 м. В южной части залива расположен порт Мурманск.

Для получения дополнительной информации по происхождению ПАУ в донных осадках Кольского залива определено содержание перилена; это соединение обычно рассматривается как продукт естественных природных процессов, идущих в современных донных отложениях [Ровинский и др., 1988].

compound is usually considered as a products of natural processes taking place in the current bottom sediments [Ровинский и др., 1988].

Experimental part

Samples collection

Samples were collected in the Kola bay in April- May 2003. The areas where sampling took place are marked on fig. 1 their characteristics is preserved in Table 1.

Экспериментальная часть

Отбор проб

Образцы были отобраны в Кольском заливе в апреле-мае 2003 г. Участки отбора проб обозначены на рис. 1, их характеристика представлена в табл. 1.

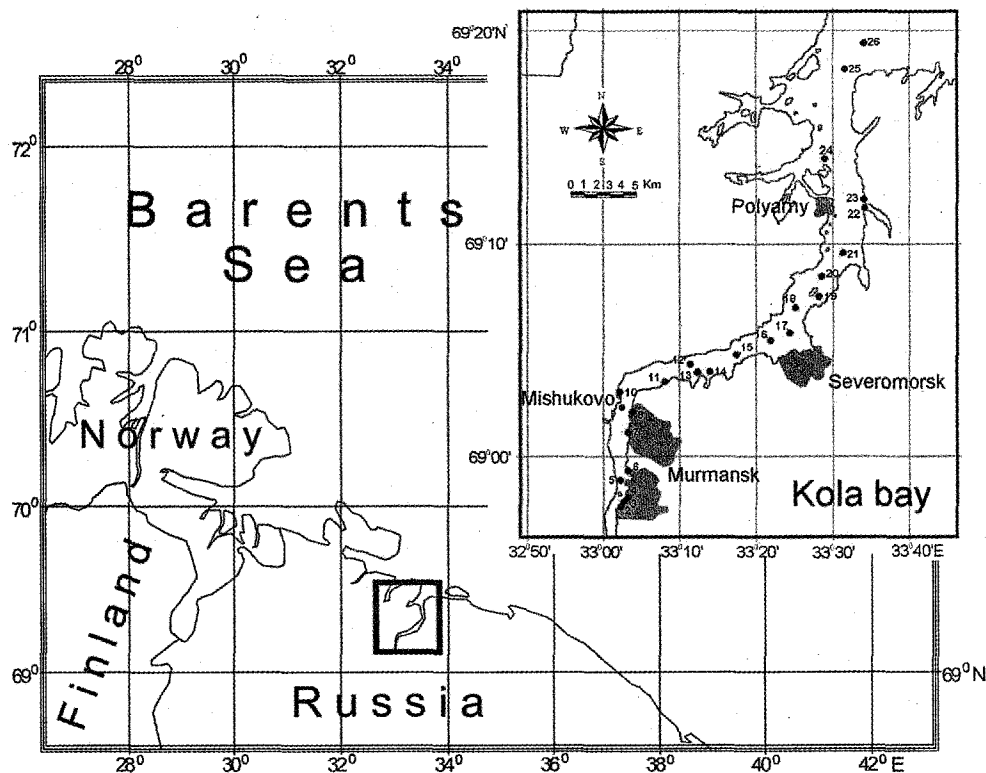


Рис. 1. Схема расположения станций отбора проб донных отложений, апрель-май 2003 г.

Станция 1 на схеме не показана.

Fig. 1. Map showing the sampling locations, April-May 2003.

Station 1 is not shown on the map.

Таблица 1. Описание участков отбора проб
Table 1. Description of the sampling sites

Station Станция	Latitude (North) Широта (сев.)	Longitude (East) Долгота (вост.)	Depth (m) Глубина, м	Sample grain facies Тип осадка
1	68°53.4'	33°01.9'	Littoral	Sandy
2	68°57.7'	33°02.1'	8	Mud
3	68°57.9'	33°02.6'	8	Mud
4	68°58.2'	33°03.0'	20	Muddy silt
5	68°58.9'	33°02.1'	27	Mud
6	68°59.4'	33°03.0'	13	Muddy silt
7	69°01.1'	33°03.1'	16	Mud
8	69°02.2'	33°03.6'	15	Mud
9	69°01.7'	33°02.3'	21	Mud
10	69°03.0'	33°02.6'	23	Muddy silt
11	69°03.5'	33°07.8'	43	Muddy silt
12	69°04.2'	33°11.6'	72	Muddy silt
13	69°04.0'	33°12.7'	78	Muddy silt
14	69°04.0'	33°14.2'	85	Muddy silt
15	69°04.9'	33°17.8'	136	Mud
16	69°05.5'	33°22.2'	147	Mud
17	69°05.8'	33°24.2'	150	Muddy silt
18	69°07.1'	33°25.5'	163	Muddy silt
19	69°07.4'	33°27.8'	67	Sandy, muddy silt
20	69°08.4'	33°28.2'	166	Muddy silt
21	69°09.5'	33°31.0'	165	Muddy silt
22	69°11.8'	33°34.9'	32	Sandy, muddy silt
23	69°12.0'	33°34.0'	122	Muddy silt
24	69°14.2'	33°29.1'	88	Sandy, muddy silt
25	69°18.6'	33°31.2'	267	Muddy silt
26	69°19.6'	33°34.2'	84	Sandy, muddy silt

Samples from the surface layer (depth 0-2 cm) of bottom sediments were collected by van Veen grab, then inserted into the packets of foil and frozen at -20°C .

Preparation of the sample to the analysis

Samples preparation was based on the recommendations of the International Oceanographic Commission (IOC, 1982) with insignificant modifications.

Moisture contents in the sediments were determined by the way of drying of the sample up to the constant weight (during 4 days at 50°C). Sediments were extracted with the organic solvent (mechanical mixture of 10 g ground during 10 minutes with 100 ml of chloroform). Extract was filtered from the deposit into the flask of the rotor evaporator through the paper filter. The operation was thrice repeated. The combined extract was evaporated in the rotation evaporator till the volume of approximately 1 ml and then cleaned from the polar compounds and resins by the liquid column chromatography. Activated copper was added to the extract to eliminate sulphorous compounds. Concentrated extract of the sample was put on the preliminarily prepared chromatographical column on the silica gel surface (LS-5/40 μm) and PAH were eluted with the mixture hexane:benzene (3:2).

To carry out gas chromatographic analysis the amount of the purified fraction reduced till 0.5 ml under the nitrogen jet.

Образцы поверхностного слоя (глубина 0-2 см) донных отложений были собраны дночерпателем ван-Винна, затем помещены в пакеты из алюминиевой фольги и заморожены при -20°C .

Подготовка образца к анализу

Подготовка образцов к анализу была основана на рекомендациях Международной океанографической комиссии (ИОС, 1982) с незначительными изменениями.

Содержание влаги в осадках определяли путем высушивания образца до постоянного веса (в течение 4 дней при 50°C). Отложения были проэкстрагированы органическим растворителем (механическое перемешивание 10 г грунта в течение 10 мин. со 100 мл хлороформа). Экстракт отфильтровывали от осадка в колбу роторного испарителя через бумажный фильтр. Операцию повторяли три раза. Объединенный экстракт упаривали в ротационном испарителе до объема примерно 1 мл и затем очищали от полярных соединений и смол жидкостной колоночной хроматографией. Активированную медь добавляли в экстракт для устранения сернистых соединений. Сконцентрированный экстракт пробы наносили на предварительно подготовленную хроматографическую колонку на поверхность силикагеля (LS-5/40 μm) и элюировали ПАУ смесью гексан:бензол (3:2).

GC analysis

Hydrocarbon fraction was analyzed on the apparatus Agilent 6890N, which was equipped with auto-sampler Agilent 7683 and mass selective detector MSD 5973N. 1 mkl of the sample was injected in the regime Splitless into the capillary column HP-5MS, filled with the transversely sewn (5 %-diphenyl) -dimethylpolysiloxane. Column length is 30 m, inner diameter is 0.25 mm, immovable phase film thickness is 0.25 μm . As the gas bearer helium with a constant flow rate 1.0 ml $\cdot\text{min}^{-1}$ was used. Heating temperature was programmed in the following way: 50 °C during 2 min; heating with the rate 15 °C $\cdot\text{min}^{-1}$ till 240 °C; heating with the rate 5 °C $\cdot\text{min}^{-1}$ till 290 °C. Detector characteristics: electronic impact (70 eV) with the voltage of electron multiplier 1700 V; temperature of mating is 270 °C.

Investigations are carried out in the regime of the selected ions (SIM) presented in Table 2.

Abbreviations used for PAH: acenaphthlene (Acl), acenaphthene (Ac), fluorene (Fln), dibenzothiophene (DBT), phenanthrene (Phe), anthracene (An), fluoranthene (Flt), pyrene (Py), benzo(a)anthracene (BaA), chrysene (Chry), benzo(b)fluoranthene (BbF),

Для проведения газохроматографического анализа объем очищенной фракции уменьшали до 0.5 мл под струей азота.

ГХ анализ

Углеводородная фракция анализировалась на приборе Agilent 6890N, который был оборудован автосемплером Agilent 7683 и масс-селективным детектором MSD 5973N. 1 мкл пробы вводили в режиме Splitless в капиллярную кварцевую колонку HP-5MS, наполненную поперечно сшитым (5 %-дифенил)-диметилполисилоксаном. Длина колонки 30 м, внутренний диаметр 0.25 мм, толщина пленки неподвижной фазы 0.25 мкм. В качестве газ-носителя использовали гелий с постоянной скоростью потока 1.0 мл $\cdot\text{мин}^{-1}$. Температура нагрева была запрограммирована следующим образом: 50 °C в течение 2 мин.; нагрев со скоростью 15 °C $\cdot\text{мин}^{-1}$ до 240 °C; нагрев со скоростью 5 °C $\cdot\text{мин}^{-1}$ до 290 °C. Характеристики детектора: электронный удар (70 эВ) с напряжением электронного умножителя 1700 В; температура линии сопряжения 270 °C. Исследования выполнены в режиме выбранных ионов (SIM), представленных в табл. 2.

Сокращения, использованные для ПАУ: аценафтилен (Acl), аценафтен (Ac), флуорен (Fln), дибензотиофен (DBT), фенантрен (Phe), антрацен (An), флуорантен (Flt), пирен (Py), бензо(а)антрацен (BaA), хризен

Таблица 2. Характеристика масселективного определения в режиме выбранных ионов (MS-SIM)

Table 2. Selected ions for the single monitoring mode (MS-SIM)

Compounds Соединения	Selected ions Выбранные ионы	Time (min) Время, мин.
AcI	152	10.52 – 11.52
Ac	152, 154	10.83 – 11.83
Flu	166	11.64 – 12.64
DBT	184	12.98 – 13.98
Phe	178	13.18 – 14.18
An	178	13.25 – 14.25
Flt	202	15.18 – 16.18
Py	202	15.63 – 16.63
BaA	228	18.50 – 19.50
Chry	228	18.62 – 19.62
BbF	252	21.73 – 22.73
BkF	252	21.81 – 22.81
BeP	252	22.62 – 23.62
BaP	252	22.77 – 23.77
Per	252	23.03 – 24.03
Ipy	276	26.46 – 27.46
DBA	276	26.61 – 27.61
Bper	276	27.50 – 28.50

benzo(k)fluoranthene (BkF),
benzo(e)pyrene (BeP), benzo(a)pyrene
(BaP), perylene (Per), 1, 2, 3, c-d-
indenopyrene (IPy),
dibenzo(a,h)anthracene (DBA),
benz(g,h,i)perylene (Bper). The sum of
above mentioned 18 PAH (ΣPAH) in
ng·g⁻¹ dry weight was taken for the to-
tal PAH contents.

(Chry), бензо(b)флуорантен (BbF),
бензо(k)флуорантен (BkF),
бенз(e)пирен (BeP), бензо(a)пирен
(BaP), перилен (Per), 1, 2, 3, c-d-
инденопирен (IPy), дибен-
зо(a,h)антрацен (DBA),
бенз(g,h,i)перилен (Bper). За общее
содержание ПАУ принимали сумму
концентраций вышеперечисленных
18 ПАУ (ΣПАУ) в нг·г⁻¹ сухого веса.

Quantitative estimation was carried out by the absolute calibration method. Detection limits for each compound of the aromatic series were determined on the basis of the of the analysis "empty" samples and varied in the range 0.01-0.20 ng·g⁻¹ dry weight.

Reliability of the results obtained were tested applying standard reference materials SRM 1941a (Organics in Marine Sediment)/NIST, USA. For the quality control of the data being obtained the analytical laboratory of PINRO in the period 1999-2002 participated in the inter-laboratory scheme of testing according to the project QUASIMEME (Quality Assurance of Information for Marine Environmental Monitoring in Europe).

Chemical reagents and standards

The HPLC grade hexan and benzol were purified by distillation. Water was purified by the way of double distillation. Copper (40 mesh, purity 99.5 %, Merck, Germany) was activated with the hydrochloric acid (1 N), washed out with water, acetone.

Standard calibration solution of PAH was prepared from the individual crystal substances (Promochem, Sweden) with the major substance contents not less than 99 %.

Количественное определение проводили методом абсолютной калибровки. Пределы обнаружения для каждого соединения ароматического ряда были определены на основании анализа "холостых" проб и варьировались в диапазоне 0.01-0.20 нг·г⁻¹ сухого веса.

Достоверность полученных результатов проверяли, используя стандартные референс-материалы SRM 1941a (Organics in Marine Sediment)/NIST, USA. В целях контроля качества получаемых данных аналитическая лаборатория ПИНРО в период 1999-2002 гг. принимала участие в межлабораторной схеме тестирования по проекту QUASIMEME (Quality Assurance of Information for Marine Environmental Monitoring in Europe).

Химические реактивы и образцы

В работе использовали хлороформ, гексан и бензол сорта "о.с.ч.". Вода была очищена путем двойной дистилляции. Медь (40 меш, чистота 99.5 %, Merck, Германия) была активирована соляной кислотой (1 N), промыта водой, ацетоном.

Стандартный калибровочный раствор ПАУ готовили из индивидуальных кристаллических веществ (Promochem, Швеция) с содержанием основного вещества не менее 99 %.

Results and discussion

Level of sediments contamination

Systematic investigation of PAH contents in the Kola bay bottom sediments was not carried out earlier. Qualitative results obtained in this study are presented in Table 3 and on fig. 2.

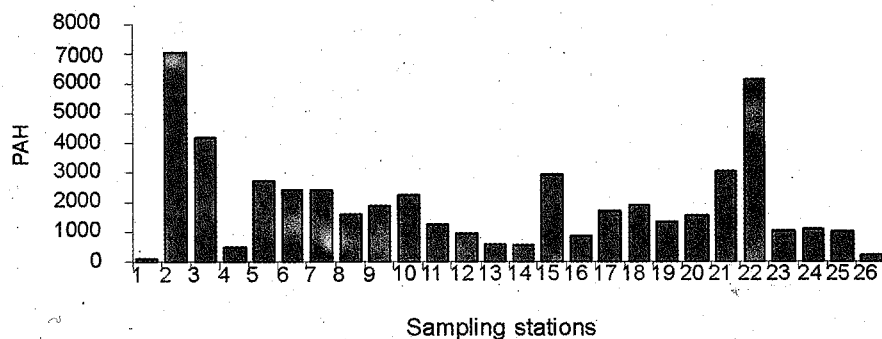


Рис. 2. Сумма ПАУ в пробах донных осадков Кольского залива.

Fig. 2. Plot of total PAH levels in the Kola Bay sampling sites.

Total contents of PAH varied in a very wide range $\sim 80 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$ - $\sim 7000 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$ (dry weight). High contamination levels were observed for the sediments samples on stations 2 and 3, located on the port Murmansk area ($7049 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$ and $4177 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$) and station 22, located in the zone where old vessels were sunk ($6152 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$). These areas are the most contaminated among all investigated areas. One of the possible explanation of these high contamination levels in these areas is discharge of oil containing mixtures by the ships contrary to the existing instructions.

Результаты и обсуждение

Уровень загрязнения осадков

Систематического изучения содержания ПАУ в донных осадках Кольского залива ранее не проводилось. Количественные результаты, полученные в этом исследовании представлены в табл. 3 и на рис. 2.

Общее содержание ПАУ изменялось в широких пределах от $\sim 80 \text{ нг} \cdot \text{г}^{-1}$ до $\sim 7000 \text{ нг} \cdot \text{г}^{-1}$ (сухой вес). Высокие уровни загрязнений наблюдались для образцов отложений на станциях 2 и 3, находящихся на акватории порта Мурманск ($7049 \text{ нг} \cdot \text{г}^{-1}$ и $4177 \text{ нг} \cdot \text{г}^{-1}$) и станции 22, расположенной в зоне затопления старых судов ($6152 \text{ нг} \cdot \text{г}^{-1}$). Эти районы являются наиболее загрязненными среди всех исследованных участков. Одно из возможных объяснений высоких уровней загрязнения этих участков — это слив нефтесодержащих смесей судами, вопреки существующим инструкциям.

Таблица 3. Содержание полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в донных отложениях Кольского залива ($\text{нг}\cdot\text{г}^{-1}$)
 Table 3. Concentrations of individual parent Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in sediments collected in the Kola Bay ($\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$)

Station Станция	PAHs ПАУ																		Σ PAH Σ ПАУ	Bper	DBA	Ipy	Per	BaP	BeP	BkF	BbF	BaA	Chy	An	Flt	Py	BaA	Chy	BbF	BkF	BeP	BaP	Per	Ipy	DBA	Bper	Σ PAH Σ ПАУ
1	0.6	0.8	3	1.1	13	1.4	11	8	5	7	3	4	5	4	3	3	4	5	5	4	3	3	3	4	5	4	3	3	1.1	5	79												
2	22	122	145	92	854	145	1067	926	570	767	4	411	480	496	193	317	90	348	7049																								
3	40	89	111	79	523	95	556	528	264	423	274	164	277	245	115	151	46	197	4177																								
4	3	6	18	9	81	12	54	51	26	45	33	17	35	23	10	19	6	30	478																								
5	21	60	81	37	348	60	337	296	170	256	182	110	183	176	109	122	36	151	2735																								
6	20	41	70	31	300	50	257	255	147	234	179	99	192	149	66	122	34	160	2406																								
7	20	49	61	37	288	62	293	275	160	241	3	134	201	169	87	129	35	158	2402																								
8	6	25	33	17	156	29	195	182	108	148	122	77	123	111	47	89	23	103	1594																								
9	9	58	48	24	215	26	240	209	120	174	139	85	139	106	43	101	26	120	1882																								
10	17	44	47	27	257	46	304	261	157	211	2	106	181	165	81	133	33	157	2229																								
11	11	21	29	20	134	25	146	147	79	123	89	53	100	68	40	62	20	81	1248																								
12	4	16	17	2	110	28	140	112	68	82	65	47	64	69	26	52	14	60	976																								
13	3	7	20	10	93	14	62	61	30	52	37	19	41	27	41	22	7	35	581																								

Продолжение табл. 3

14	2	5	11	7	68	10	64	52	32	48	40	23	40	30	27	29	16	39	543
15	10	55	79	1	483	332	380	292	160	214	150	103	150	159	58	119	43	135	2923
16	9	15	20	11	95	21	96	82	49	71	56	37	66	53	28	55	13	77	854
17	14	22	27	1	162	61	201	167	104	140	107	69	134	121	58	111	39	135	1673
18	15	32	38	21	212	37	218	188	118	165	133	91	135	122	64	120	29	160	1898
19	13	17	22	1	149	30	159	139	83	122	86	53	99	84	33	79	26	107	1302
20	11	19	22	1	157	42	196	156	103	123	104	68	113	112	52	112	33	137	1561
21	8	72	53	1	298	80	426	340	214	250	225	147	200	227	81	176	58	193	3049
22	30	130	171	82	940	159	762	645	428	599	391	227	410	379	168	225	90	316	6152
23	7	12	20	10	123	37	120	99	56	81	65	46	70	60	52	61	35	84	1038
24	6	13	22	10	134	19	148	108	64	89	81	53	74	49	64	70	17	84	1105
25	7	16	20	1	121	11	124	166	45	73	68	44	65	49	20	68	11	71	980
26	2	4	7	3	30	3	26	19	12	19	16	9	15	9	4	10	3	15	206

Besides stations 2, 3 and 22 all sediments samples were contaminated in the range $80\text{--}3000\text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$. This level corresponds to the discovered earlier summary PAH contents in the Pechenga bay in the south-east of the Barents Sea ($400\text{--}3200\text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$) [Savinov *et al.*, 2003]. In the investigated samples the contents of such individual PAH as benz(a)pyrene and perylene is higher than in the bottom sediments in the North Norway fjords ($10\text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$ and $50\text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$ dry weight, respectively) [Stange & Klungsøyr, 1997].

Upon the whole the quantitative results obtained testify to the relatively low PAH concentrations the average value over the bay is $1966\text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$. This value is quite comparable to the PAH contamination level revealed by Savinov *et al.* (2003) in the Pechenga bay ($1500\text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$) and corresponds to the level of weakly contaminated areas [Molvaer *et al.*, 1997; Soclo *et al.*, 2000].

A large variability of the aromatic hydrocarbons concentrations level in the Kola bay bottom sediments might be explained partially by geomorphology and the impact of the sewerage entering from the urbanized areas on the contamination level. The lowest concentrations were found on station 26, located on the exit from the bay ($\Sigma\text{ PAH } 206\text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$), and on station 1 ($\Sigma\text{ PAH } 79\text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$), located in the area where the Tuloma and the Kola rivers flow into the Kola bay.

Кроме станций 2, 3 и 22 все образцы осадков были загрязнены в диапазоне $80\text{--}3000\text{ нг}\cdot\text{г}^{-1}$. Этот уровень соответствует обнаруженному ранее суммарному содержанию ПАУ в губе Печенга на юго-востоке Баренцева моря (от 400 до $3200\text{ нг}\cdot\text{г}^{-1}$) (Savinov *et al.*, 2003). В исследованных пробах содержание таких индивидуальных ПАУ, как бензо(а)пирен и перилен выше, чем в донных отложениях фиордов Северной Норвегии ($10\text{ нг}\cdot\text{г}^{-1}$ и $50\text{ нг}\cdot\text{г}^{-1}$ сухого веса соответственно) [Stange and Klungsøyr, 1997].

В общем, полученные количественные результаты указывают на относительно невысокие концентрации ПАУ; среднее значение по заливу $1966\text{ нг}\cdot\text{г}^{-1}$. Эта величина сопоставима с уровнем загрязнения ПАУ, найденным Savinov *et al.* (2003) в губе Печенга ($1500\text{ нг}\cdot\text{г}^{-1}$) и соответствует уровням слабо загрязненных районов [Molvaer *et al.*, 1997; Soclo *et al.*, 2000].

Большой разброс в уровне концентраций ароматических углеводородов в донных осадках Кольского залива можно отчасти объяснить геоморфологией, а также влиянием на уровень загрязнения поступающих сточных вод урбанизированных районов. Наиболее низкие концентрации были найдены на станции 26, расположенной на выходе из залива ($\Sigma\text{ ПАУ } 206\text{ нг}\cdot\text{г}^{-1}$), а также на станции 1 ($\Sigma\text{ ПАУ } 79\text{ нг}\cdot\text{г}^{-1}$), которая находится на участке впадения в Кольский залив рек Тулома и Кола.

Identification of the sources of contamination with PAH

Aromatic hydrocarbons distribution in the environment depends on the character of the source of their entering (chemical composition and temperature regime of the organic matter combustion) [Neff, 1979]. To differentiate PAH as for their origin molecular indices which are the concentrations of definite individual congeners ratios might be used [Colombo *et al.*, 1989]. Identification of PAH origin is made more difficult owing to the existence of a large number of the sources of contamination and the availability of the transformation processes by which these compounds might be subjected before entering the bottom sediments being analyzed [Butler & Crossley, 1981].

Interconnection between PAH concentrations

For the investigated spectrum of the individual PAH the correlation coefficients between the values of their concentration in the analyzed sample of bottom sediments were determined (Table 4).

Coefficients values might give the information on the sources of origin of hydrocarbons [Soclo *et al.*, 2000]. Correlation coefficient calculated for the Kola bay bottom sediments samples

Идентификация источников загрязнения ПАУ

Распределение ароматических соединений в окружающей среде зависит от характера источника их поступления (химический состав и температурный режим сгорания органического вещества) (Neff, 1979). Для дифференцирования ПАУ по происхождению могут использоваться молекулярные индексы, представляющие собой отношения концентраций определенных индивидуальных конгенов [Colombo *et al.*, 1989]. Идентификация происхождения ПАУ затрудняется существованием большого количества источников загрязнения и наличием процессов преобразования, которым эти соединения могут подвергаться перед попаданием в анализируемые донные отложения [Butler and Crossley, 1981].

Взаимосвязь между концентрациями ПАУ

Для рассматриваемого спектра индивидуальных ПАУ определили коэффициенты корреляции между величинами их концентрации в анализируемой пробе донных отложений (табл. 4). Величины коэффициентов могут дать информацию об источнике происхождения углеводородов [Soclo *et al.*, 2000]. Коэффициенты корреляции, рассчитанные для образцов донных отложений Кольского залива, достаточно высокие (средняя величина $r^2 = 0.85$). Хорошая корреляция между концентра-

Таблица 4. Коэффициенты корреляции между величинами содержания индивидуальных ПАУ в донных отложениях Кольского залива

Table 4. Correlation factors between the PAH concentrations in the sediments of Kola Bay

ПАУ	ПАУs														
	S	Acl	Ac	Flu	DBT	Phe	An	Flt	Py	BaA	Chry	BbF	BkF	BeP	BaP
Acl		1.00													
Ac		0.78	1.00												
Flu		0.82	0.97	1.00											
DBT		0.83	0.85	0.89	1.00										
Phe		0.76	0.96	0.99	0.85	1.00									
An		0.42	0.62	0.67	0.35	0.71	1.00								
Flt		0.73	0.96	0.94	0.85	0.96	0.63	1.00							
Py		0.76	0.95	0.94	0.88	0.95	0.59	0.99	1.00						
BaA		0.72	0.95	0.93	0.86	0.96	0.58	1.00	0.99	1.00					
Chry		0.78	0.96	0.95	0.90	0.96	0.57	0.99	0.99	0.99	1.00				
BbF		0.61	0.62	0.63	0.42	0.58	0.42	0.46	0.45	0.45	0.47	1.00			
BkF		0.67	0.91	0.88	0.83	0.90	0.55	0.98	0.98	0.98	0.97	0.32	1.00		
BeP		0.80	0.96	0.95	0.88	0.96	0.57	0.98	0.98	0.99	0.99	0.50	0.97	1.00	
BaP		0.74	0.96	0.93	0.84	0.95	0.60	0.99	0.99	0.99	0.99	0.47	0.98	0.99	1.00
Per		0.79	0.92	0.93	0.88	0.93	0.53	0.95	0.94	0.95	0.96	0.49	0.93	0.96	1.00
Ipy		0.72	0.92	0.87	0.76	0.90	0.58	0.96	0.95	0.96	0.95	0.45	0.96	0.97	0.98
DBA		0.70	0.92	0.89	0.73	0.93	0.65	0.94	0.92	0.94	0.93	0.57	0.91	0.95	0.96
Bper		0.78	0.94	0.91	0.80	0.92	0.57	0.95	0.94	0.96	0.95	0.54	0.94	0.98	0.97
															1.00

are relatively high (average value $r^2 = 0.85$). A good correlation between concentrations of individual PAH presupposes a similar character and a small number of sources of contamination of the bay and the zones surrounding it. Quite probably this is connected with a noticeable reducing of the number of production activities working in this area and reduction of the shipping intensity during last several years.

For the investigated samples were calculated the following ratios between PAH concentrations: Phe/An, Flt/Py, Chry/BaA, LMW/HMW $[(\text{Acl} + \text{Ac} + \text{Fln} + \text{DBT} + \text{Phe} + \text{An} + \text{Flt} + \text{Py}) / (\text{BaA} + \text{Chry} + \text{BbF} + \text{BkF} + \text{BeP} + \text{BaP} + \text{Per} + \text{Ipy} + \text{DBA} + \text{Bper})]$, Per/ Σ PAH and Per/(Σ PAH₅). Σ PAH₅ includes the pentaaromatic compounds: Per, BeP, BaP, DBA, BbF and BkF. These ratios were used earlier for the estimation and determination of the PAH origin in the marine bottom sediments [Budzinski et al., 1997; Benlahcen et al., 1997; Baumard et al., 1998; Soclo et al., 2000].

Sources of contamination with PAH in the investigated areas

Difference in the physico-chemical properties in 2 structural isomers of phenanthrene and anthracene lead to the fact that during the entrance into the environment behave differently. This is reflected on the value of the ratio Phe/An, the analysis of which might give the information as for the PAH origin [Gschwend & Hites, 1981]. Sig-

ниями индивидуальных ПАУ предполагает сходный характер и небольшое количество источников загрязнения залива и окружающих его зон. По всей видимости, это связано с заметным сокращением числа действующих в этом районе производств и уменьшением интенсивности судоходства в последние несколько лет.

Для исследованных образцов нами были вычислены следующие отношения между концентрациями ПАУ: Phe/An, Flt/Py, Chry/BaA, LMW/HMW $(\text{Acl} + \text{Ac} + \text{Fln} + \text{DBT} + \text{Phe} + \text{An} + \text{Flt} + \text{Py} / \text{BaA} + \text{Chry} + \text{BbF} + \text{BkF} + \text{BeP} + \text{BaP} + \text{Per} + \text{Ipy} + \text{DBA} + \text{Bper})$, Per/ Σ ПАУ и Per/(Σ ПАУ₅). Σ ПАУ₅ включает в себя пентаароматические соединения: Per, BeP, BaP, DBA, BbF и BkF. Эти отношения использовались ранее для оценки и определения происхождения ПАУ в морских донных отложениях [Budzinski et al., 1997; Benlahcen et al., 1997; Baumard et al., 1998; Soclo et al., 2000].

Источники загрязнения ПАУ исследованных участков

Различие физико-химических свойств у двух структурных изомеров фенантрена и антрацена приводит к тому, что при попадании в окружающую среду они ведут себя по-разному. Это отражается на величине отношения Phe/An, анализ которого может дать информацию относительно происхождения ПАУ [Gschwend and Hites, 1981]. Значитель-

nificant exceeding of the phenanthrene contents level over its isomers anthracene is typical for the contamination with oil products [Soclo et al., 2000]. Phenanthrene is more stable thermodynamically than anthracene. Ratio Phe/An value is higher in case of contamination with PAH which are formed as the result of slow ripening of the organic matter in conditions of gradient change of geochemical parameters (petrogenous PAH), than in case of contamination with PAH which are formed as the result of pyrolysis processes (pyrolysis PAH). On the basis of the correlation coefficient value between concentrations of phenanthrene and anthracene ($r^2 = 0.71$) it is possible to speak in the bottom sediments of PAH of both: pyrolysis and petrogenous origin.

Fluoranthene and pyrene are also discussed during the natural matrices analyses as the products of high temperature condensation of low molecular aromatic compounds. A high correlation coefficient ($r^2 = 0.99$) between these two PAH points out to the origin of one of the sources independent on the sampling area.

Chrysene and benz(a)anthracene producing as the result of the organic

ное превышение уровня содержания фенантрена над его изомером антраценом характерно для загрязнения нефтепродуктами [Soclo et al., 2000]. Фенантрен термодинамически более устойчив, чем антрацен. Величина отношения Phe/An выше в случае загрязнения ПАУ, которые образовались в результате медленного созревания органического вещества в условиях градиентного изменения геохимических параметров (петрогенные ПАУ), чем в случае загрязнения ПАУ, которые образовались в результате пиролитических процессов (пиролитические ПАУ). На основе величины корреляции между концентрациями фенантрена и антрацена ($r^2 = 0.71$) можно говорить о присутствии в донных осадках ПАУ как пиролитического, так и петрогенного происхождения.

Флуорантен и пирен также рассматриваются во время анализа природных матриц как продукты высокотемпературной конденсации низкомолекулярных ароматических соединений. Высокий коэффициент корреляции ($r^2 = 0.99$) между этими двумя ПАУ указывает на их происхождение из одного источника независимо от участка отбора проб.

Хризен и бенз(а)антрацен, продуцируемые в результате процессов сгорания органического вещества при высокой температуре, имеют величину отношения Chry/BaA меньше 1 [Soclo et al., 2000]. Напротив, медленное созревание органического вещества приво-

matter combustion at high temperature, have the value of ratio Chry/BaA less than 1 [Soclo *et al.*, 2000]. On the contrary, a slow ripening of the organic matter leads to the change of this tendency: Chry/BaA ≥ 1 . In this case benz(a)anthracene is less stable and might be transferred into chrysene [Soclo *et al.*, 2000].

As the major criterion of PAH origin in the Kola bay bottom sediments the ratio LMW/HMW (the concentration sum of low- molecular PAH to the concentration sum of high molecular PAH) (Fig. 3) was selected. Selection of this index of origin is based on the fact that petrogenous contamination is characterized by the dominance of low- molecular PAH (tri and tetraaromatic compounds) [Neff, 1979; Berner *et al.*, 1990], whereas the high-molecular PAH prevail in the contaminations caused by pyrolysis processes [Muel & Saguem, 1985].

дит к изменению этой тенденции: Chry/BaA ≥ 1 . В этом случае бенз(а)антрацен менее устойчив и может переходить в хризен. [Soclo *et al.*, 2000].

В качестве основного критерия происхождения ПАУ в донных осадках Кольского залива использовали отношение LMW/HMW (сумма концентраций низкомолекулярных ПАУ к сумме концентраций высокомолекулярных ПАУ) (рис. 3). Выбор этого индекса происхождения основан на том факте, что петрогенное загрязнение характеризуется господством низкомолекулярных ПАУ (три- и тетраароматических соединений) [Neff, 1979; Berner *et al.*, 1990], в то время как высокомолекулярные ПАУ доминируют в загрязнениях, вызванных протеканием пиролитических процессов [Muel and Saguem, 1985].

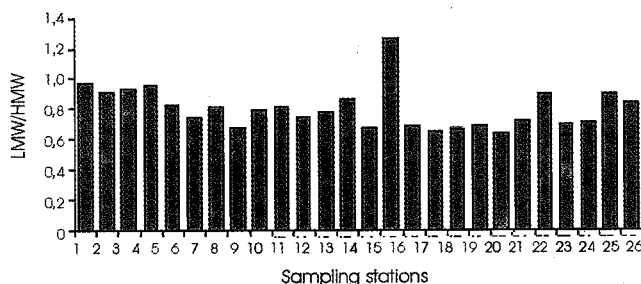


Рис. 3. Отношение суммы содержания низкомолекулярных ПАУ к сумме содержания высокомолекулярных ПАУ для исследованных образцов донных отложений.

Fig. 3. Plot of sum of lower molecular weight PAH concentrations versus sum of higher molecular weight PAH concentrations for studied samples.

For the majority of the stations the value of ratio LMW/HMW (Fig. 3) less than 1 (is in the range 0.63 and 0.97), which testifies to the PAH formation as the result of the organic raw combustion. Only in the sediment sample on station 15 (fairway of the bay) the ratio LMW/HMW is 1.26 (prevalence of petrogenous PAH).

On fig. 4 there presented molecular indices Phe/An (ratio phenanthrene concentration to anthracene concentration), Flt/Py (fluoranthene concentration to the pyrene concentration) and Chry/BaA (chrysene concentration to the benz(a)anthracene concentration). Majority of the investigated bottom sediments samples is characterized by characterized by the value $Phe/An \leq 10$ and the value $Flt/Py \geq 1$, which is typical for the PAH of the pyrolysis origin [Baumard et al., 1998].

Для большинства станций величина отношения LMW/HMW (рис. 3) меньше 1 (значения находятся между 0.63 и 0.97), что указывает на образование ПАУ в результате сгорания органического сырья. Только в пробе осадка на станции 15 (фарватер залива) отношение LMW/HMW составляет 1.26 (преобладание петрогенных ПАУ).

На рис. 4 приведены молекулярные индексы Phe/An (отношение концентрации фенантрена к концентрации антрацена), Flt/Py (отношение концентрации флуорантена к концентрации пирена) и Chry/BaA (отношение концентрации хризена к концентрации бенз(а)антрацена). Большинство исследованных проб донных осадков характеризуется величиной $Phe/An \leq 10$ и величиной $Flt/Py \geq 1$, что характерно для ПАУ пиролитического происхождения [Baumard et al., 1998].

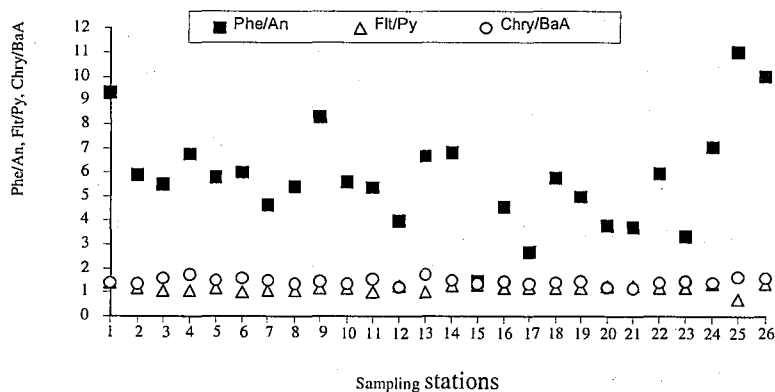


Рис. 4. Молекулярные индексы Phe/An, Flt/Py и Chry/BaA для исследованных образцов донных отложений.

Fig. 4. Plot of the isomeric ratios Phe/An, Flt/Py and Chry/BaA for the studied samples.

Value of the Chry/BaA ratio in all samples is more than 1, which confirms the presence in the bottom sediments of PAH not only of pyrolysis but also of the petrogenous origin. Several stations are characterized by the availability of indices the origin of which are on the boundary between pyrolysis and petrogenous contamination "zones" ($FIt/Py = 1$ or $Phe/An = 10$). Based on the ration Chry/BaA, it is possible to suppose that contamination of these areas with PAH is to the greater degree of the petrogenous than of pyrolysis character (stations 6, 11, 13 and 26).

Perylene origin

Perylene concentrations in the investigated areas are in the range 3-193 $ng \cdot g^{-1}$. The highest concentrations (exceeding 100 $ng \cdot g^{-1}$) were found on the port Murmansk area (stations 2, 3 and 5) and in the Tyuva bay mouth (station 22). Relative perylene concentrations are 2-7 % from the total amount of PAH. Comparatively high correlation coefficient between perylene contents and other PAH (average value $r^2 = 0.88$) proves that perylene formation in the Kola bay bottom sediments is also a consequence of the anthropogenic activity but not of the natural processes in the upper layer of

Величина отношения Chry/BaA во всех пробах больше 1, что подтверждает присутствие в донных осадках ПАУ не только пиролитического, но и петрогенного происхождения. Некоторые станции характеризуются наличием индексов происхождения, которые находятся на границе между пиролитической и петрогенной "зонами" загрязнения ($FIt/Py = 1$ или $Phe/An = 10$). Ориентируясь на отношение Chry/BaA, можно предположить, что загрязнение этих участков ПАУ носит в большей степени петрогенный, чем пиролитический характер (станции 6, 11, 13 и 26).

Происхождение перилена

Концентрации перилена в исследованных образцах находятся в диапазоне 3-193 $нг \cdot г^{-1}$. Самые высокие концентрации (свыше 100 $нг \cdot г^{-1}$) были найдены на акватории порта Мурманск (станции 2, 3 и 5) и в устье губы Тюва (станция 22). Относительные концентрации перилена составляют 2-7 % от общего количества ПАУ. Достаточно высокий коэффициент корреляции между содержанием перилена и других ПАУ (средняя величина $r^2 = 0.88$) свидетельствует, что образование перилена в донных осадках Кольского залива, также является следствием антропогенной деятельности, а не результатом естественных процессов в верхнем слое земной коры [Venkatsen, 1988]. Этот вывод подтверждается сравнением отношений concentra-

the crust [Venkatsen, 1988]. This conclusion is confirmed by the comparison of the perylene concentrations to the total sum of PAH and to the sum of pentaaromatic PAH on all the sampling stations. These ratios are presented on fig. 5. Dependencies obtained have one and the same tendency. It might be supposed that the perylene formation occurs mainly due to the organic matter combustion.

ции перилена к общей сумме ПАУ и к сумме концентраций пентаароматических ПАУ на всех станциях отбора проб. Данные отношения представлены на рис. 5. Полученные зависимости имеют одну тенденцию. Можно предположить, что формирование перилена идет, главным образом, за счет сгорания органического вещества.

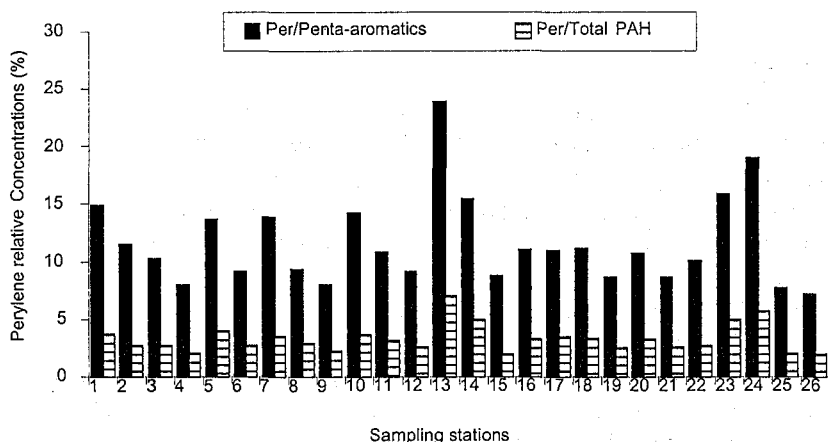


Рис. 5. Относительные содержания перилена [$\text{Per}/\Sigma(\text{ПАУ}_5)$ и $\text{Per}/\Sigma\text{ПАУ}$] в исследованных образцах донных отложений.

Fig. 5. Plot of relative concentration of perylene [$\text{Per}/\Sigma(\text{ПАУ}_5)$ and $\text{Per}/\Sigma\text{ПАУ}$] Against the sampling station.

Thus, on the basis of the data obtained the Kola bay as for the bottom sediments level of contamination with PAH is referred to the weakly areas except several moderately contaminated areas.

ПАУ of the Kola bay bottom sediments are mainly the products of the incomplete combustion at high

Таким, образом, на основании полученных данных Кольский залив по уровню загрязнения ПАУ донных осадков относится к слабозагрязненным районам, за исключением нескольких умеренно загрязненных участков.

ПАУ донных осадков Кольского залива являются, главным об-

temperatures of both: liquid and solid organic matters. Crude oil and oil products entering the bay waters make their contribution into the contamination with polyaromatic hydrocarbons.

We thank the technical personal of the "Environmental Harmony Evolution Fund" and particularly Mr Vladimir Bakharev, for their technical help in sediment samplings in Kola Bay.

разом, продуктами неполного сгорания при высоких температурах жидких и твердых органических веществ. Свой вклад в загрязнение полиароматическими углеводородами вносят и попадающие в воды залива сырая нефть и нефтепродукты.

Благодарим сотрудников общественной организации "Экологический фонд "Гармоничное развитие" и особенно Бахарева В. И. за помощь в осуществлении отбора проб донных отложений Кольского залива.

References

Литература

- Ровинский Ф. Я., Теплицкая Т. А., Алексеева Т. А. Фоновый мониторинг полициклических ароматических углеводородов. — Л.: Гидрометеиздат, 1988. — 275 с.
- Baumard P., Budzinski H., Michon Q., Garrigues P., Burgeot T. & Bellocq J. Origin and bioavailability of PAHs in the Mediterranean Sea from mussel and sediment records // *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. — 1998. — Vol. 47. — P. 77–90.
- Benlahcen K. T., Chaoui A., Budzinski H., Bellocq J. & Garrigues P. Distribution and sources of polycyclic aromatic hydrocarbons in some Mediterranean coastal sediments // *Marine Pollution Bulletin*. — 1997. — Vol. 34. — P. 298–316.
- Berner B. A. Jr., Bryner N. P., Wise S. A., Mulholl G. H., Lao R. C. & Fingas M. F. Polycyclic aromatic hydrocarbon emissions from combustion of crude oil on water // *Environmental Science and Technology*. — 1990. — Vol. 24. — P. 1418–1427.
- Budzinski H., Jones I., Bellock J., Pierard C. & Garrigues P. Evaluation of sediment contamination by polycyclic aromatic hydrocarbons in the Gironde estuary // *Marine Chemistry*. — 1997. — Vol. 58. — P. 85–97.
- Butler J. D. & Crossley F. Reactivity of polycyclic aromatic hydrocarbons absorbed on soot particles // *Atmosphere Environment*. — 1981. — Vol. 15. — P. 91–94.
- Colombo J. C., Pelletier E., Brochu C., Khalil M. & Cataggio J. A. Determination of hydrocarbon sources using n-alkanes and polyaromatic hydrocarbon distribution indices. Case study: Rio de la Plata estuary, Argentina // *Environmental Science and Technology*. — 1989. — Vol. 23. — P. 888–894.
- Gschwend P. M. & Hites R. A. Fluxes of polycyclic aromatic hydrocarbons to marine and lacustrine sediments in the northeastern United States // *Geochimica et Cosmochimica Acta*. — 1981. — Vol. 45. — P. 2359–2367.
- IOC. The determination of petroleum hydrocarbons in sediments // *Manuals and guides*. — Paris: UNESCO, 1982. — No 11. — 38 p.
- Molvaer J., Knutzen J., Magnusson J., Rygg B., Skei J. & Sørensen J. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. — Veiledning: SFT Veiledning 03. — 1997. — 36 p. (Norway).

- Muel B. & Saguem S.* Determination of 23 polycyclic aromatic hydrocarbons in atmospheric particulate matter of the Paris area and photolysis by sun light// *International Journal Environmental Analytical Chemistry*. – 1985. – Vol. 19. – P. 111–131.
- Neff J. M.* Polycyclic aromatic hydrocarbons in the aquatic environment, sources, fates, and biological effects. – London: Applied Science, 1979. – 262 p.
- Savinov V. M., Savinova T. N., Matishov G. G., Dahle S. & Næs K.* Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and organochlorines (OCs) in bottom sediments of the Guba Pechenga, Barents Sea, Russia // *The science of the total environment*. – 2003. – Vol. 306. – P. 39–56.
- Soclo H. H., Garrigues Ph. & Ewald M.* Origin of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Coastal Marine Sediments: Case Studies in Cotonou (Benin) and Aquitaine (France) Areas // *Marine Pollution Bulletin*. – 2000. – Vol. 40. – No 5. – P. 387–396.
- Stange K. & Klungsøyr J.* Organochlorine contaminants in fish and polycyclic aromatic hydrocarbons in sediments from the Barents Sea // *ICES Journal of Marine Science*. – 1997. – Vol. 54. – P. 318–332.
- Venkatsen M. I.* Occurrence and possible sources of perylene in marine sediments – a review// *Marine chemistry*. – 1988. – Vol. 25. – P. 1–25.

УДК 502.4 (470.21)

Рекогносцировочное обследование некоторых островов Кандалакшского заповедника

A Reconnaissance Survey of Certain Islands of the Kandalaksha Reserve

**A. V. Illarionov,
Yu. V. Ovchinnikova**

Russian State
Hydrometeorological University

**А. В. Илларионов,
Ю. В. Овчинникова**

Российский государственный
Гидрометеорологический университет

Over the period of implementation of the expedition to the head of the Kandalaksha Gulf in July 2002, a reconnaissance survey was conducted on the Islands of Ryashkov and Lodeiny located on the terrain of the Kandalaksha State Nature Reserve.

За период проведения экспедиционных работ в вершине Кандалакшского залива в июле 2002 г. было проведено рекогносцировочное обследование островов Ряшков и Лодейный, находящихся на территории Кандалакшского государственного природного заповедника.

1. Ryashkov Island

Ryashkov Island is located in the Kandalaksha Gulf of the White Sea and belongs to islands of tectonic origin. Table 1 presents the morphometric characteristics of the island. Its surface is covered with moss, grass, bush and coniferous and deciduous trees.

1. Остров Ряшков

О. Ряшков находится в Канда-лакшском заливе Белого моря и относится к островам тектонического происхождения. В табл. 1 представлены морфометрические характеристики острова.

Таблица 1. Морфометрические характеристики о. Ряшков

Table 1. Morphometric characteristics of Ryashkov Island

Характеристики острова и его прибрежной зоны Characteristics of the island and its coastal zone	Площадь, га Area, ha
О. Ряшков Ryashkov Island	402.5
Приливо-отливная зона Tideland	89.3
Литораль Littoral zone	78.6
Сублитораль Sublittoral zone	176.4

In places, the surface is swampy. The basic object of our investigation was the hydrographic network of the island, made up by a lake and two brooks flowing into the sea (Fig. 1). The research showed that the flow rate of the Southern Brook, as of 09.07.2002, was 1.5 l/s, and that of the Northern Brook, 0.1 l/s. Lake Mervoye, located on the island, is in a depression that had appeared as a result of non-uniform movement of a glacier moraine. The lake is shallow; there are oozy deposits of allochthonous and

Поверхность острова покрыта мхами, травой, кустарником и хвойно-лиственными деревьями. Местами поверхность заболочена. Основным объектом нашего исследования была гидрографическая сеть острова, представленная озером и двумя ручьями, впадающими в море (рис. 1). В результате произведенного обследования было установлено, что расход ручья "Южный" на 09.07.02 составлял 1.5 л/с, а ручья "Северный" – 0.1 л/с. Находящееся на острове озеро "Мертвое", расположено во впадине, возникшей в результате

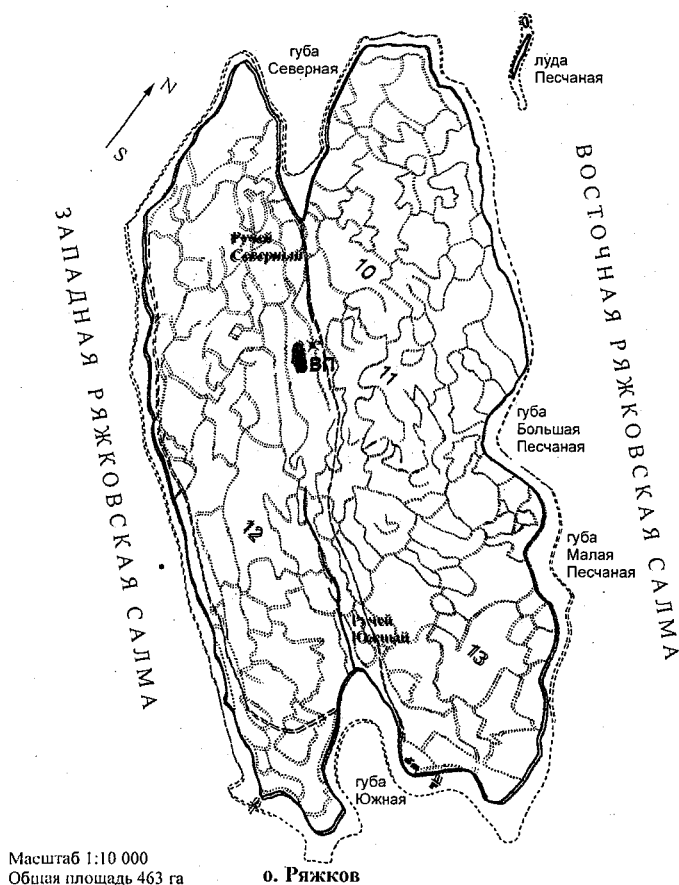


Рис. 1. Остров Ряжков.

Fig. 1. Ryashkov Island.

autochthonous origin on its bottom, i.e. the deposits that got into the depression from outside and collected in the water body. Their depth is 250-300 cm. The shores of the lake are swampy. No zoo- or phytoplankton were visually observed in the lake water. The lake is presumably recharged by extrusion of ground waters through minute cracks

неравномерного распределения ледниковой морены. Озеро мелководное, на дне находятся илистые отложения аллохтонного и автохтонного происхождения, т.е. попавшие в котловину извне и накопившееся водоеме. Их мощность 250-300 см. Берега озера заболочены. Зоо- и фитопланктон в водах озера визуальнo не зафиксированы. Предположительно питание озера осуществляется вы-

in the rock, as well as surface rainfall runoff. In the latter case, the discharge of the lake is effected by seepage of water through the subsoil surrounding it.

Water samples were taken in order to obtain information on the hydrochemical condition of the above water bodies (Table 2). Using the techniques available in our field conditions, we determined pH, as well as the silicon (Si) and phosphate (PO₄) concentrations.

давливанием грунтовых вод через микротрещины существующие в скальных породах, а так же поверхностным дождевым стоком. Разгрузка озера при этом происходит путем фильтрации воды через окружающие его почво-грунты.

С целью получения представления о гидрохимическом состоянии вышеназванных объектов были отобраны пробы на анализ (табл. 2). Доступными для наших полевых условий средствами определялись pH и концентрация кремния (Si) и фосфатов (PO₄).

Таблица 2. Результаты гидрохимического анализа
Table 2. Results of hydrochemical analysis

№№ пробы Sample No	Название объекта Name of the object	pH	Si (мг/л) (mg/l)	PO ₄ (мг/л) (mg/l)
1	Оз. Мертвое Lake Mertvoye	6.15	39.90	4.50
2	р. Южный Southern Brook	7.06	235.0	3.30
3	р. Северный Northern Brook	5.70	206.3	4.81

Based of the obtained results, some conclusions can be made. The Southern Brook has neutral medium. This is caused by sand and fragmentation rocks that form the channel and neutralize the acidified water. In the lake and the Northern Brook, a mildly acid medium is observed, formed due to the high degree of swampiness of the

На основании полученных результатов можно сделать некоторые выводы. Ручей Южный имеет нейтральную среду. Это вызвано тем, что русло ручья сложено песчаными и осколочными горными породами, которые нейтрализуют подкисленную воду. В озере и в Северном ручье наблюдается слабо кислая среда, сформировавшаяся из-за сильной за-

adjacent terrain. The low silicon concentrations in the lake result from the fact that the thick strata of oozy deposits at the bottom hinder contact of the water mass with the rocks being the basic supplier of silicon. The concentration of silicon in the brooks is typical of the region; there is an insignificant excess over MAC. The phosphate concentration does not exceed MAC.

To organize further regime observations of Lake Mertvoye water-levels, a gauging station has been set up.

2. Lodeiny Island

Lodeiny Island is also located on the terrain of the Kandalaksha Reserve and belongs to islands of tectonic origin. Its morphometric characteristics are shown in Table 3, Figure 2.

The relief of the island is rocks covered with moss and shrub. The trees are coniferous and deciduous.

There are five lakes of tectonic origin on the island which are a place of the waterfowl concentration. The reconnaissance survey of the island conducted by us has shown that the lakes on it are hydraulically linked among themselves through groundwater and are drained by the sea, which is indicated by the salty taste of the water

болоченности прилегающей к ним территории. Малое содержание кремния в озере является следствием того, что мощные слои илистых отложений на дне препятствуют контакту водной массы со скальными породами, являющимися основным поставщиком кремния. Концентрация кремния в ручьях типична для этого региона, имеются незначительные превышения ПДК. Содержание фосфатов не выходит за рамки предельно допустимых концентраций.

Для организации дальнейших режимных наблюдений за уровнем воды на оз. Мертвое был открыт водомерный пост.

2. Остров Лодейный

О. Лодейный также расположен на литоральной зоне на территории Кандалакшского заповедника и относится к островам тектонического происхождения, его морфологические характеристики представлены в табл. 3, рис. 2.

Рельеф острова — скалистые породы, покрытые мхом и кустарниковой растительностью. Деревья хвойные и лиственные.

На острове имеется пять озер тектонического происхождения, которые являются местом концентрации водоплавающих птиц. Проведенное нами рекогносцировочное обследование острова показало, что находящиеся на нем озера гидравлически связаны между собой через грунтовые воды и дренируются мо-

from the samples taken in Lakes Babye More, Pityevoe and others.

рем, о чем говорит солоноватый вкус воды из проб, взятых на озерах “Ба-бье море”, “Питьевоe” и др.

Таблица 3. Морфометрические характеристики о. Лодейный

Table 3. Morphometric characteristics of Lodeiny Island

Характеристики острова и его прибрежной зоны Characteristics of the island and its coastal zone	Площадь, га Area, ha
О. Лодейный Lodeiny Island	92.0
Литораль Littoral zone	160.0
Сублитораль Sublittoral zone	48.0

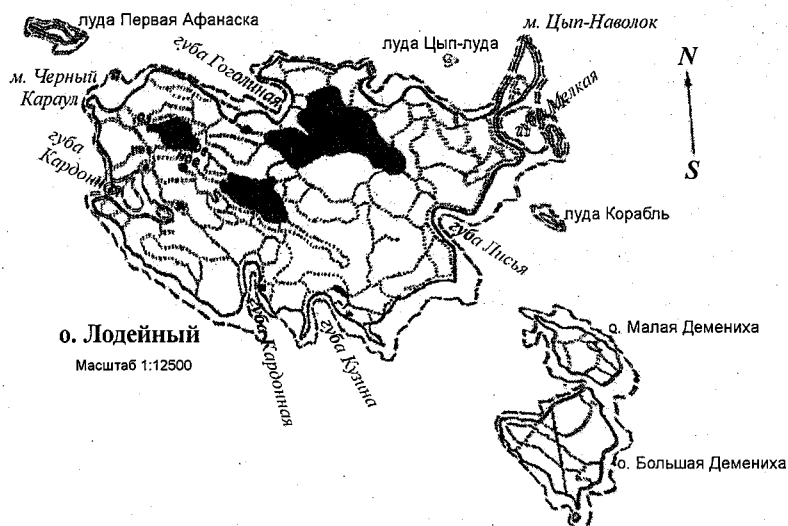


Рис. 2. Остров Лодейный.

Fig. 2. Lodeiny Island.

Based on the data of the survey, a hypothesis was put forward about a drainage connection between Lakes Babye More and Pityevoye. The direction of the drainage is hardly noticeable. However, in the coastal zone of Lake Babye More, which is probably the source of the drainage, increased turbidity of the water is recorded (according to experts' opinions, 30–50 mg/l). Presumably, this is caused by organic matters washed out from the soil by underground currents from Lake Pityevoye. Indirect evidence for this conclusion is the observed fact of decreased water turbidity away from the probable drainage direction toward the depths of the lake.

The results of chemical analyses of the samples taken in the lakes on Lodeiny Island (Table 4) have shown that the Si and PO_4 concentrations are typical of the insular lakes of the Kandalaksha Gulf, and are accounted for by screening of the rocks (being the silicon suppliers) with rather thick layers of bottom sediments. The pH value in the lakes is close to neutral, with the exception of Lake Babye More, where the waters are slightly alkaline, which seems to be caused by intrusion of seawater into the lake.

По данным обследования сделано предположение о дренажной связи между озерами "Питьевым" и "Бабые море". Направление дренажа слабо выражено. Однако, на озере "Бабые море" в прибрежной зоне, со стороны которой возможно происходит дренаж, зафиксирована повышенная мутность воды (экспертно 30–50 мг/л). Предположительно это органические вещества, вымываемые из грунтов подземными течениями со стороны озера "Питьевое". Косвенным подтверждением этого вывода является зафиксированное (визуально) уменьшение мутности воды от предполагаемого направления дренажа в глубь озера.

Результаты химических анализов проб, отобранных в озерах на о. Лодейный (табл. 4) показали, что концентрация Si и PO_4 типичны для островных озер Кандалакшского залива и объясняются экранированием скалистых пород (поставщиков кремния) достаточно мощными слоями донных отложений. Величина водородного показателя в озерах близка к нейтральному, за исключением оз. Бабые море, где воды слабо щелочные, что, по-видимому, обусловлено проникновением в озеро морской воды.

Таблица. 4. Результаты гидрохимического анализа

Table 4. Results of hydrochemical analysis

№№ пробы Sample No	Название объекта Name of the object	pH	Si (мг/л) (mg/l)	PO ₄ (мг/л) (mg/l)
1	оз. Питьево Lake Pityevoe	7.20	13.70	4.50
2	оз. Бабье море Lake Babye More	9.54	48.97	3.90
3	Промежуточное озеро Lake Promezhutochnoye	7.20	37.48	4.80
4	Островное озеро Lake Ostrovnoye	6.62	16.60	4.60

УДК 551.462 (210.5)

Характерные черты геоморфологического строения берегов губы Палкина

Characteristic Features of Geomorphological Structure of the Palkin Bay Shore

*Ye. V. Kastornaya,
P. P. Provotorov*

Russian State
Hydrometeorological University

*Е. В. Касторная,
П. П. Провоторов*

Российский государственный
гидрометеорологический университет

In order to rationally use the resources of Palkin Bay, as those of any other water body, it is necessary to conduct a careful study of its coastal zone, its landward boundary being defined by activity of tides and wind waves. The purpose of the present paper is description of the basic features of the geomorphological structure of its shores. At the first stage, the following

Для рационального использования ресурсов губы Палкина, как и любой другой акватории, необходимо тщательное изучение ее береговой зоны, верхняя граница которой определяется действием приливов и ветровых волн. Целью данной работы явилось описание основных особенностей геоморфологической структуры ее берегов. На первом

tasks were formulated: 1) visual survey of the littoral zone along the entire perimeter; 2) quantitative assessment of the characteristic sizes of geomorphologic structural elements of the coastal zone. According to the classification of N.V. Shevchenko [Шевченко, 1998], Palkin Bay belongs to the small bays of the Kandalaksha Gulf. Its typical dimensions are (Fig. 1): breadth (from Cape Voronishny to Cape Podnavolok), approximately 4.5 km; length along the center line (from the head section to the intersection with the line connecting the capes), about 5 km. Thus, the bay has a form approaching a rectangular one, with its shores practically parallel. According to the accepted classification [Каплин, 1991; Шевченко, 1998], in terms of the origin of the shores of the bay, they should be referred to as the tectonic glacier type, and in terms of their outline, to the fjard type.

Since the White Sea shores are not solely formed under the influence of wind waves, but also, and predominantly, under the action of tide phenomena, their structure, including that of the Palkin Bay coast, corresponds to a typical structure of the tidal coast. A general scheme of similar coasts includes the following elements (Fig. 2):

- ❖ underwater coastal slope (UCS), part of the bay area covered by water at lowest water (spring tide);

этапе были сформулированы следующие задачи: 1) визуальное обследование литоральной зоны по всему периметру; 2) количественная оценка характерных размеров элементов геоморфологической структуры береговой зоны. Согласно классификации Н. В. Шевченко [Шевченко, 1998], губа Палкина относится к числу малых губ Кандалакшского залива. Ее характерные размеры (рис.1): ширина (от м. Воронишный до м. Поднаволок) – приблизительно 4.5 км.; длина по осевой линии (от кутовой части до пересечения с линией, соединяющей мысы) – около 5 км. Так что губа имеет форму близкую к прямоугольной с фактически параллельными берегами. В соответствии с существующей [Каплин, 1991; Шевченко, 1998] берега губы по происхождению следует отнести к тектонико-ледовому типу, а по их очертанию к фиардовому.

Поскольку берега Белого моря формируются под влиянием не только ветровых волн, но и преимущественно приливо-отливных явлений, то их структура, в том числе побережье губы Палкина, соответствует типовому строению приливного берега. В общем виде схема подобных берегов включает следующие элементы (рис.2):

- ❖ подводный береговой склон (ПБС) – часть акватории, не осушаемая при самой малой воде (сизигийный прилив);
- ❖ осушка (или ватт, литораль) – часть прибрежной зоны от линии

littoral zone (or watt), part of the coastal zone area from the overwash line at maximal rise of water level to the water edge at ebb tide;

❖ tidal marsh, the upper part of the littoral zone, flooded twice a month at spring-tide surge and dry at low and medium tide;

❖ polder, the uppermost structural element, not reached by waves even at maximum tide, i.e., the sea area not subject to sea action.

заплеска волн при максимальном подъеме уровня до уреза воды при отливе;

❖ марш – верхняя часть осушки, дважды в месяц затопляемая при сизигийном нагоне и остающаяся свободной при малых и средних значениях прилива;

❖ польдер – самый верхний структурный элемент, до которого не доходит волнение даже при максимальных значениях прилива, т. е. участок побережья, вышедший из-под воздействия моря.

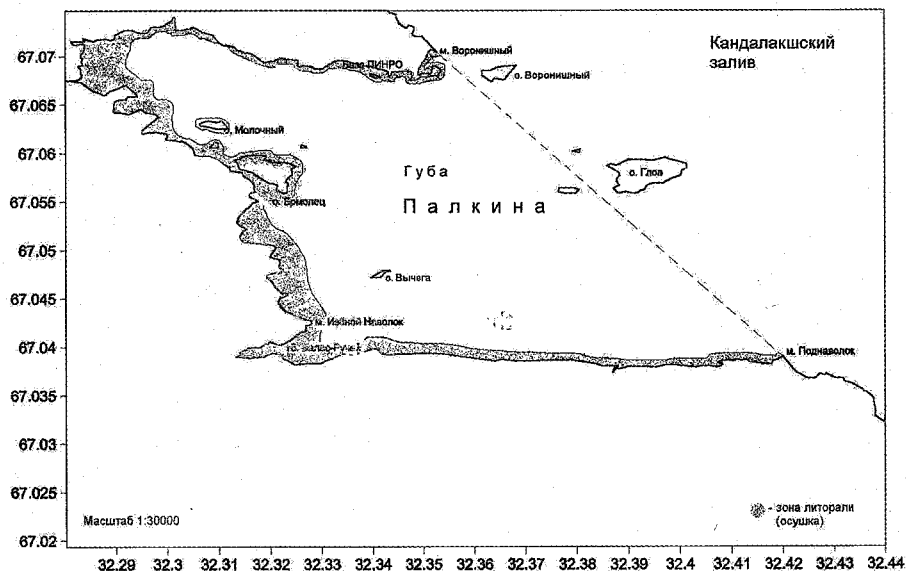


Рис. 1. Схема берегов губы Палкина.

Fig. 1. Scheme of the Palkin Bay shores

All these elements are to some extent present in the coastal zone studied by us. Besides, one can see everywhere a boulder ridge located between the sublittoral zone (the upper part of

Все эти элементы в той или иной мере присутствуют в обследованной нами береговой зоне. Кроме того, повсеместно отмечается валунная отмостка, которая располагается между сублиторалью (верхняя часть

the underwater shore slope from the water edge to the deep-water part of the depression) and the littoral zone; in places, there are narrow beaches. As is known, a beach is an adjoined cumulative form located between the zone of wave overturning and the highest overwash line, made up of sand, gravel or pebble, and covered by vegetation.

подводного берегового склона от уреза воды до глубоководных частей котловины) и осушкой; местами встречаются узкие пляжи. Как известно, пляж – это примкнувшая аккумулятивная форма, расположенная между зоной опрокидывания волны и линией максимального заплеска, сложенная песком, гравием или галькой и не покрытая растительностью.

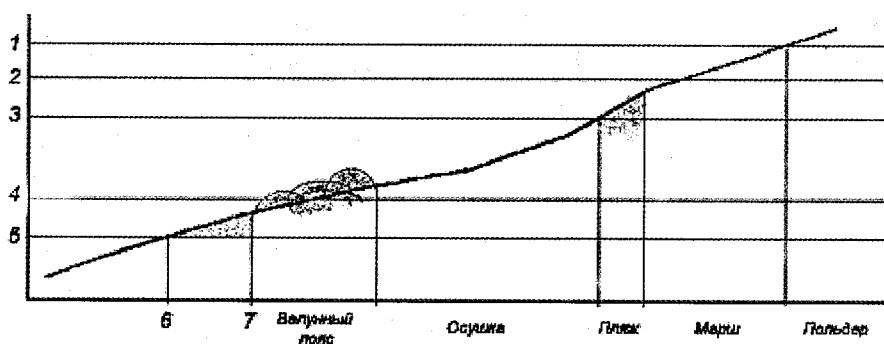


Рис. 2. Типовой профиль приливного берега [Шевченко, 1998]:

1 – уровень нагона при полной воде в сизигийный прилив; 2 – уровень наиболее часто повторяющегося сизигийного прилива; 3 – уровень квадратурного прилива при полной воде; 4 – уровень квадратурного прилива при малой воде; 5 – уровень сизигийного прилива при малой воде; 6 – подводный береговой склон (ПБС); 7 – зона волноприбойной переработки при средних значениях прилива.

Fig. 2. A sample profile of a tidal shore [Шевченко, 1998]:

1 – surge level at spring high water; 2 – height of the most frequently occurring spring tide; 3 – neap high water level; 4 – neap low water level; 5 – spring low water level; 6 – underwater coastal slope (UCS); 7 – zone of intertidal abrasion processes at mean heights of tide.

The basic characteristics and some specific features of the geomorphologic structure of the shores were found by us in July 2002 by their visual observation and subsequent mapping. As a result of this, we received their indentation characteristics and esti-

Основные черты и некоторые особенности геоморфологического строения берегов были выявлены нами в июле 2002г. путем их визуального обследования и последующего картирования. В результате чего были получены характеристики изрезанности и оценки протяженно-

mated the spread of the main structural elements.

The northern shore (see Fig. 1) is indented most. It is here that one can meet a great amount of small and U-form bights (cusps), separated by stony capes and similar to abrasion arcs [Каплин, 1991]. The width of the littoral zone ranges from 5 to 8-10 m. The stone boulder ridge consists of coarsely fragmental material: it is mainly rolled gravel, well-rounded with wave currents. In this part of the coast, the complete structure of the tidal coast, such as shown in Fig. 2, was only met in one of the bights, where a small beach (approximately 1 m wide; the length of the longshore line is 1.7-2.0 m) had an expressed sloping marsh, polder with grass and shrub vegetation. It will be noted that the entire northern shore of the bay is bordered with an algal band; in some places there are up to five of them, and they are parallel to each other. They can serve as indicators of tide height: the uppermost of them corresponds to spring tide and storm overwash. Approximately 1.5 km from the PINRO base there is a mighty outcrop of granite bedrock. The width of the littoral zone is reduced there to 5 m. The coastal marine detritus is made up of a mixture of boulders, medium-

сти основных структурных элементов.

Северный берег (см. рис. 1) наиболее расчленен. Здесь встречается большое количество малых и-образных губ (фестоны), разделенных каменистыми мысами и сходных с абразионными дугами [Каплин, 1991]. Ширина осушки колеблется от 5 до 8-10 м. Каменисто валунная отсыпка состоит из грубообломочного материала: в основном, окатанный гравий, хорошо обработанный волновыми потоками. Полная структура приливного берега в соответствии с рис.2 на этой части побережья встречена лишь в одной из бухточек, где отмечен небольшой пляж (ширина примерно 1 м., длина вдольбереговой линии 1.7-2.0 м.), выраженный пологий марш, пolder с травянисто-кустарниковой растительностью. Заметим, что все северное побережье губы окаймлено полосой водорослей, в некоторых местах этих полос (ярусов) насчитывается до пяти и они параллельны друг другу. По ним можно судить о высоте прилива: самая верхняя из них соответствует сизигийному приливу и штормовым заплескам. Приблизительно в 1.5 км от базы ПИНРО отмечается мощный выход коренных гранитных пород. В этом месте ширина осушки уменьшается до 5 м. Прибрежно-морские наносы представляют собой, смесь валунов, средне- и мелкозернистого песка с примесями гальки и гравия. Вдоль-

grained and fine-grained sand with admixtures of pebble and gravel. The longshore extent of the rock outcrop amounts to about 70 m.

The southern shore of the bay conditionally starts at the mouth of the Valas-Ruchei Brook (see Fig. 1). The shore here is rather precipitous and steep. The littoral zone is from 15 to 35 m wide.

The littoral zone is practically everywhere covered with brackish-water vegetation which remains underwater during the rising tide. Owing to abundance of surface streams flowing down from elevated terrain, the continental part of the coastal zone is very swampy along the entire coastline. For this reason, the water at the coast edge is highly freshened even at highest tide. At a falling tide, an above underwater offshore bar along the coast becomes exposed, and in some parts one can notice mud-and-sand deposits. Here, as in the northern coast, there are some bights, but on the whole, the shoreline is more direct and less indented.

The littoral zone widens significantly at the head of the bay, reaching 30 – 100 m in width. The large boulder fill has numerous gaps. Brackish-water vegetation grows everywhere; one can

береговая протяженность выхода скальных пород составляет около 70 м.

Южный берег губы условно начинается от устья Валас-Ручья (см. рис. 1). Берег здесь довольно обрывистый, крутой. Ширина осушки от 15 до 35 м.

Литораль практически повсеместно покрыта травянистой солончато-водной растительностью, которая в приливную фазу остается под водой. Вследствие обилия поверхностных водотоков, стекающих с возвышенной местности, материковая часть прибрежной зоны вдоль всей береговой линии сильно заболочена. По этой причине даже в самый высокий прилив, вода у берегового уреза сильно распреснена. При отливе вдоль побережья обнажается подводно-надводный прибрежный бар, а на локальных участках заметен илисто-песчаный слой наносов. Здесь, как и на северном побережье, отмечается наличие бухточек, но в целом береговая линия более ровная, менее расчлененная.

В кутовой части литораль значительно расширяется и простирается от 30 до 100 м. В мощной валунной отсыпке имеются многочисленные зазоры. Повсеместно произрастает солончато-водная растительность и наблюдается толстый илистый слой наносов. В целом, кутовая часть губы представляет пологую зону, местами сильно заболоченную. Клиф (наиболее явный признак абразионного берега) находится в на-

observe a thick layer of muddy deposits. On the whole, the head of the bay is a sloping terrain which, in places, is highly swampy. The cliff (a most distinctive feature of abrasion coast) is at the initial stage of formation. As in the case with the southern part of the coast, mighty freshwater runoff from the mainland shore can be observed. At ebb tide, an islet at the head itself becomes attached to the shore with a sand and stone spit.

Based on the survey of the Palkin Bay shores that we have conducted, the following conclusions about their geomorphologic structure can be made:

- > as a whole, they correspond to the general scheme of a tidal shore;

- > the complete structure of a tidal shore (littoral zone, marsh, polder) occurs rarely, since some of the elements are absent;

- > on the local scale, the shores have different structure: the northern section of the coast contour and the head of the bay are heavily indented, whereas the southern shoreline is more direct;

- > beaches, wave-cut niches and cliffs are seldom encountered and are at the initial stages of formation. The beaches investigated by us are made up of coarse-grained sand with inclusion of quartz;

- > everywhere one can see boulder stone ridges, the typical diameter of the boulders being up to 1.5 m.

The present work is only the first step in the geomorphologic study of the

чальной стадии формирования. Как и на южной части побережья, заметен большой пресный сток с коренного берега. В самом куте небольшая луда (островок) в отлив соединяется с берегом песчано-каменистой косой.

На основании предпринятого нами обследования берегов губы Палкина можно сделать следующие выводы об их геоморфологическом строении:

- > в целом они соответствуют общей схеме приливного берега;

- > полная структура приливного берега (осушка, марш, польдер) встречается редко, отсутствуют те или иные элементы;

- > в локальном масштабе берега имеют различное строение: северный участок берегового контура и кутовая часть отличаются сильным расчленением, в то время как южный берег более выровнен;

- > пляжи, волноприбойные ниши и клифы встречаются редко и находятся в начальной стадии образования. Обследованные нами пляжи сложены крупнозернистым песком с включением кварца.

- > Повсеместно встречается валунно-каменистые гряды с характерным диаметром валунов до 1.5 м.

Данная работа является лишь первым шагом по изучению геоморфологии берегов губы Палкина и предполагает в дальнейшем их более детальное изучение, в том числе островных берегов. Также представляет интерес выяснение соотноше-

expected, including the insular shores. Also of interest is clarification of the wind-wave and tidal contribution ratio in formation process of the shores and the neutral line migration, caused by the former, along the profile of the underwater coast slope (UCS). On the whole, however, the general morpholithogenesis theory for the coastal shelf zone of tidal seas has not yet been sufficiently developed.

ния вкладов ветровых волн и приливов в формирование берегов и обусловленной ими миграции нейтральной линии по профилю подводного берегового склона (ПБС). В целом же, общая теория морфолитогенеза прибрежно-шельфовых зон приливных морей пока недостаточно разработана.

References

Литература

- Каплин П. А. Берега / Природа мира. — М: Мысль, 1991. — 479 с.
- Шевченко Н. В. Особенности геоморфологического строения береговой зоны приливного моря на примере Кандалакшского залива Белого моря // Рациональное использование прибрежной зоны северных морей: Материалы II международного семинара, Кандалакша, 3–5 августа 1997. — СПб.: Изд. РГГМУ, 1998. — С. 83–86.
- Шевченко Н. В. Особенности геоморфологического строения фиардовых берегов на примере Кандалакшского залива // Рук. диссертации. — М: 1998. — 157с.
- Медведев В. С. Изучение динамики и морфологии прибрежно-шельфовой зоне приливных морей на современном этапе // Проблемы развития морских берегов. — М.: Изд. ИОАН СССР, 1989. — С. 48–54.

УДК [551.462 : 681.3] (268.45)

Компьютерное картографирование донных отложений Баренцева моря

Computer Cartography of Bottom Deposits of the Barents Sea

V. V. Kolesnikov, M. A. Novikov

В. В. Колесников, М. А. Новиков

Knipovich Polar Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography

Полярный научно-исследовательский
Институт морского рыбного хозяйства
и океанографии им. Н. М. Книповича

На основе фондовых данных Полярного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства им. Н. М. Книповича (ПИНРО) выполнены компьютерные карты поверхностных донных отложений Баренцева моря. Эти карты носят комплексный характер: в их основе лежит картограмма распределения грунтов с нанесенными на нее значками, отражающими наличие крупнообломочных примесей (камней, гальки, ракуши, губок). Картографирование донных

отложений проведено в рамках создания географической информационной системы Баренцева моря.

Computer cartography of bottom deposits of the Barents Sea was carried out on the basis of archival data of the Knipovich Polar Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography (PINRO). These maps have a complex character; they are based on the cartogram of distribution of soils with marks depicted which reflect the presence of coarse fragmental rocks (cobblestone, pebbles, shell rocks and calcareous sponge skeletons). Cartography of bottom deposits was performed within framework of creating of geographic information systems of the Barents Sea.

Cartography of bottom deposits distribution may be of a big importance in studying of their influence on the structure and biomass of bottom organisms, as well as on their commercial concentrations. Besides, cause-and-effect relations between hydro-dynamic activity and distribution of deposits based of maps of bottom deposits makes easier the understanding of a distribution character of the most stable water flows in the Barents Sea hydro-dynamic system. The most famous map of the Barents Sea bottom deposits was published by M. V. Klenova in 1960 [Кленова, 1960], and it evidently is the paper one (the analogous map). Maps of bottom deposits presented in V. I. Gurevich [Gurevich, 1995] are also analogous ones; and, besides, quite different than in Klenova (1931, 1960) methodology of accounting of granulometric composition of bottom deposits is applied in them. All this makes the above materials difficult to compare. We did the electronic map of the Bar-

Картографирование распределения донных отложений может иметь важное значение в изучении их влияния на структуру и биомассу донных организмов, в том числе и на формирование последними промысловых скоплений. Кроме того, причинно-следственные связи, существующие между гидродинамической активностью и распределением осадочного материала, позволяют на основе карты донных отложений лучше представлять себе характер распространения наиболее устойчивых водных потоков в гидродинамической системе Баренцева моря. Наиболее известная карта донных отложений Баренцева моря была опубликована М. В. Кленовой в 1960 г. [Кленова, 1960] и является, разумеется, "бумажной" (аналоговой). Карты донных отложений, представленные в работе В. И. Гуревича [Gurevich, 1995], также носят аналоговый характер и, кроме того, в них применена иная, чем у Кленовой (1931, 1960), методология учета гранулометрического состава донных осадков, что делает перечисленные материалы трудно сопоставимыми. Нами выполнена электронная карта

ents Sea. The computer maps of the bottom deposits are the continuation of works on the complex ecological cartography of the Barents Sea and done by methodology we published earlier [Новиков, 2000, 2002]. The evident advantage of electronic (computer) maps is not only the possibility of their continuous correction using the incoming new data, but also the perspective of a wide analysis of all available cartographic material within the geographic information system (GIS) of the Barents Sea, the basis of which was created in PINRO.

A map of bottom deposits (Fig. 1) is composed on the basis of primary databases of the Knipovich Polar Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography (PINRO). Information on the composition of bottom sediments was taken from the characteristics of the fishery squares (trapeziums of a regular positioning net 10'×30' by latitude and longitude, correspondingly) contained in the fund databases of PINRO, then coded and drawn on the cartography basis. Thus, a number of dots on the digital raster map containing data on the bottom deposit composition corresponds to a number of fishery squares over the analyzed area and constitutes 2.830 meanings by each thematic layer. Digital maps of

донных отложений Баренцева моря. Компьютерные карты донных отложений являются продолжением работ по комплексному экологическому картографированию Баренцева моря и выполнены в рамках методологии, изложенной нами в опубликованных ранее работах [Новиков, 2000, 2002]. Очевидным преимуществом электронных (компьютерных) карт является не только возможность их постоянного уточнения и корректировки по мере поступления новых данных, но и перспектива широкого анализа всего имеющегося картографического материала в рамках географической информационной системы (ГИС) Баренцева моря, основы которой созданы в ПИНРО.

Карта донных отложений (рис. 1) составлена на основе фондовых баз данных Полярного научно-исследовательского института морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н. М. Книповича (ПИНРО). Информацию о составе донных отложений брали из характеристик промысловых квадратов – трапеций регулярной координатной сетки 10'×30' по широте и долготе соответственно – содержащихся в фондовых данных ПИНРО, кодировали и наносили на картографическую основу. Таким образом, количество точек на цифровой растровой карте, содержащее сведения о составе донных отложений соответствует количеству промысловых квадратов на проанализированной акватории и составля-

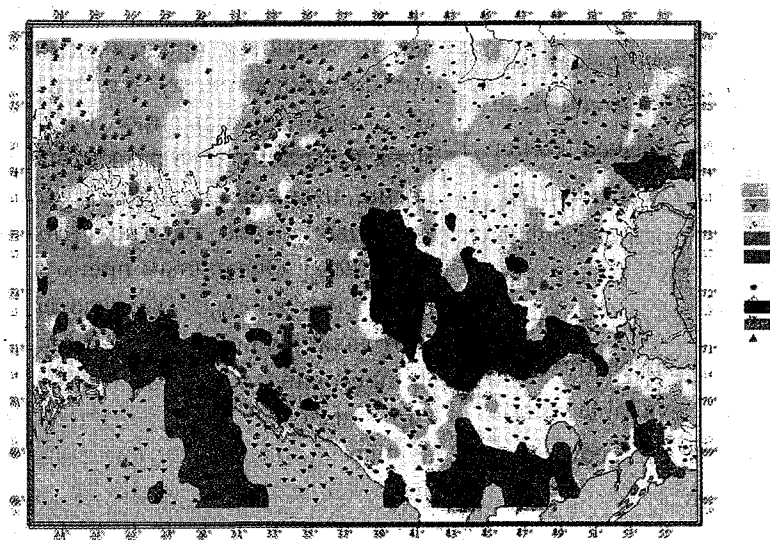


Рис 1. Карта донных отложений Баренцева моря.

Fig. 1. A map of bottom deposits of the Barents Sea.

bottom deposits were composed by 5 thematic layers, namely, grounds of the Barents Sea and 4 types of coarse materials (admixtures): stones and cobbles, pebbles, coquina and sponges skeletons. The grounds are classified on the basis of approaches proposed by M. V. Klenova (1931) and later on applied [Виноградова, 1957] and accepted in PINRO, in particular, during trawl surveys. The main sign accepted for deposit characteristic in this classification is the content of a fraction less than 0,01 mm. By Klenova, free-flowing quality and plasticity of deposit depend on the quantity of this fraction, and it is the key point in the mechanical characteristic [Klenova, 1931]. At a quantity

et 2830 значений по каждому тематическому слою. Цифровые карты донных отложений создавали по 5 тематическим слоям — собственно грунтам Баренцева моря и 4 видам грубообломочного материала (примесей): камни и валуны, галька, ракушка и скелеты губок. Классификация грунтов приводится на основе подходов, предложенных М. В. Кленовой (1931) и, в дальнейшем, использованных [Виноградова, 1957] и принятых в ПИНРО, в частности, при проведении траловых съемок. Основным признаком для характеристики осадка в этой классификации принято считать содержание фракции меньше 0.01 мм. От количества этой фракции, по мнению

of a small fraction less than 5 % by weight, deposit is called "sand", at 5-10 % – silty sand, at 10-30 % – sandy silt, at 30-50 % – silt, and at the quantity of more than 50 % – clayey silt.

Digital data on grounds composition were interpolated in the cartography package *Surfer* with application of a kriging mathematical model. After that all data were transferred into GIS *Arcview* where the final map was made in the shape of a polygonal theme. Types of the detrital material were mapped as dotted themes. The latter ones were generalized by the way of resampling down of the redundant data, which make the map busy and complicated for understanding.

With the use of data from the computer atlas of the Barents Sea [Новиков, 2002], the analysis was carried out of distribution of bottom deposit characteristics in view of such parameters as relief and bathymetry. Three-dimensional map of the bottom relief is done in the *Surfer 8.01* with the use of databases of the PINRO Sector on the Sea Geology.

Peculiarities of deposits distribution over the sea are closely connected with the bottom relief characteristics and hydrodynamic regime of the near-bottom waters. Because of the high hydrodynamic activity of the Barents Sea waters the mechanical differentiation of sediments is intensive and an important factor of sedimentogenesis.

Кленовой, зависит сыпучесть, пластичность осадка, и оно является решающим в механической характеристике [Кленова, 1931]. При количестве мелкой фракции менее 5 % по весу, осадок называется песком, при 5-10 % – илистым песком, при 10-30 % – песчанистым илом, при 30-50 % – илом, при количестве мелкой фракции более 50 % – глинистым илом.

Цифровые данные о составе грунтов интерполировали в картографическом пакете *Surfer* с применением кригинговой математической модели, затем все данные переносили в ГИС *Arcview*, где выполняли окончательную карту в виде полигональной темы. Типы обломочного материала наносились в виде точечных тем. Последние подвергали генерализации, путем "прореживания" избыточных данных, перегружающих карту и усложняющих ее восприятие.

С использованием данных из компьютерного атласа Баренцева моря [Новиков, 2002] проведен анализ распределения характеристик донных отложений в связи с такими показателями как рельеф дна и батиметрия. Трехмерная карта рельефа дна построены в среде *Surfer 8.01* с использованием баз данных сектора геологии моря ПИНРО.

Особенности распределения осадков в море тесно связаны с характеристиками рельефа дна и гидродинамическим режимом придонных вод. В связи с высокой гидро-

A comprehensive survey of distribution of the Barents Sea sediments confirms that changes of the granulometric composition of bottom deposits are connected with the change of the sea bottom depth (Figs. 2 and 3). It is explained by the fact that hydrodynamic conditions of deposits accumulation depend most of all on the relief. Therefore, vast areas of the southeastern Barents Sea, as well as underwater continental slopes of the Novaya Zemlya and the Bear Plain located at the depth of 50-100 m, are covered with the largest grain sediments, namely, sands and silty sand. Maximum concentrations of coarse deposits – pebbles, cobbles and blocks – were observed in the same areas (Fig. 3). More fine-grained deposits (sandy silt and silt) cover the bottom of troughs, ravines and some depressions.

Analyzing maps of grounds (Figs. 1 and 2) one can notice that a major part of the Barents Sea bottom is covered with the sandy silt. Vast areas of the bottom, especially in the northern half and in the central part of the sea are occupied with silt (a bottom of the Central Deep, areas of the Novaya Zemlya troughs etc.). The presence there of a system of closed cavities promotes the formation of the quiet zones and deposit of silt. In the south-

динамической активностью вод Баренцева моря механическая дифференциация осадочного материала протекает интенсивно и является важнейшим фактором седиментогенеза. Детальное рассмотрение распределения осадков Баренцева моря подтверждает, что изменения гранулометрического состава донных отложений связаны с изменением глубины расположения морского дна (рис. 2, 3). Это объясняется тем, что гидродинамическая обстановка осадконакопления, в первую очередь, определяется рельефом. Поэтому обширные районы юго-восточной части Баренцева моря, подводные береговые склоны Новой Земли и Медвежинская равнина, расположенные на глубине 50-100 м, покрыты наиболее крупнозернистыми осадками – песками и илистыми песками. К этим же районам приурочены и максимальные концентрации грубообломочного материала: гальки, валунов, глыб (см. рис. 3). Более тонкозернистые отложения (песчанистый ил, ил) выстилают дно желобов, ложбин и отдельных впадин.

Анализируя карты грунтов (см. рис. 1 и 2) можно заметить, что большая часть дна Баренцева моря покрыта песчанистым илом. Значительные участки дна, особенно в северной половине и центральной части моря, заняты илом (дно Центральной впадины, участки Новоземельских желобов и др.). Наличие здесь системы замкнутых впадин

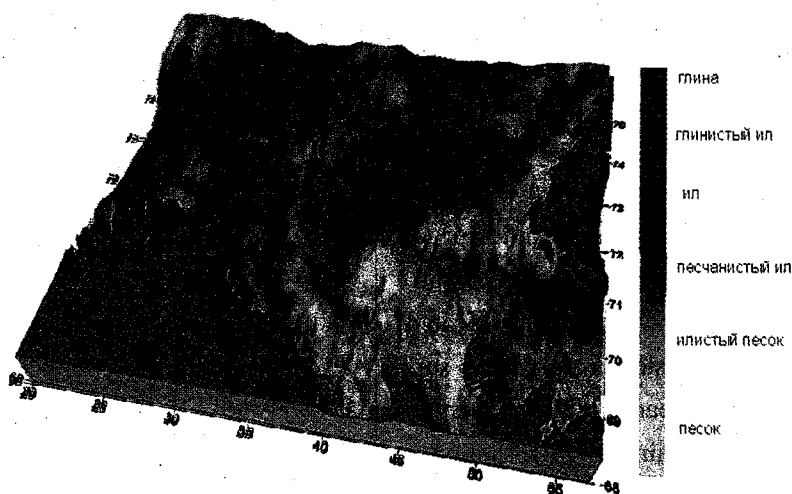


Рис 2. Карта грунтов Баренцева моря, спроецированная на объемную карту рельефа дна.

Fig. 2. A map of the Barents Sea grounds projected onto the 3-dimensional map of the bottom relief.

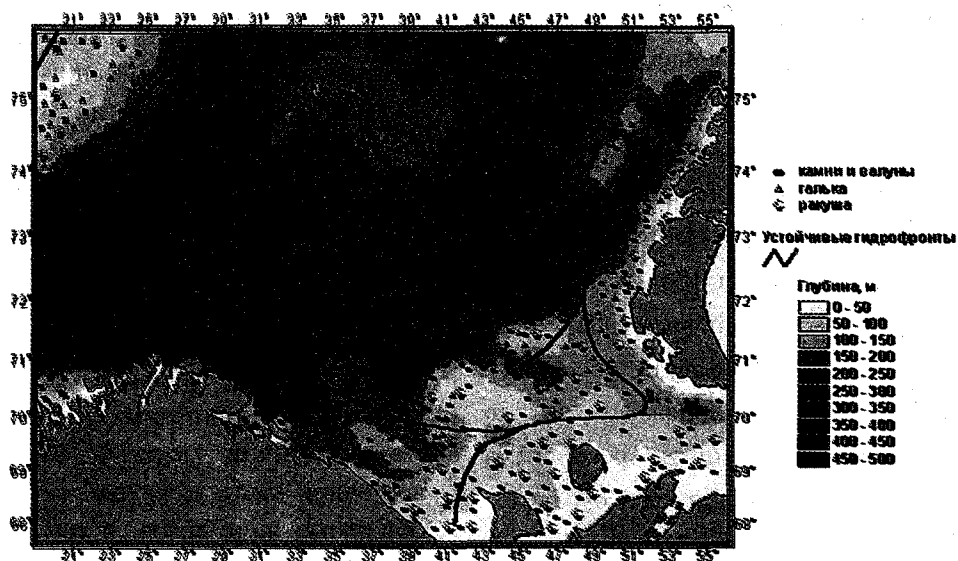


Рис. 3. Батиметрическая карта Баренцева моря с нанесенным на нее распространением на дне грубообломочного материала.

Fig. 3. Bathymetric map of the Barents Sea with distribution of coarse deposits on the bottom.

ern sea, silt covers the bottom of the Central Deep of the Western Trough east of the 21st meridian and bottom areas of the southern extremity of the Novaya Zemlya. Distribution of sand is connected with hydrodynamic processes taking place in the sea and, mainly, in shallows. Sand is located along the coastal slopes and on the surface of the Bear and Spitsbergen Banks, on the Kanin-Kolguev shallows, on the North-Kanin Bank, in the West-Central Area, in the Pechora Sea and near the Novaya Zemlya coast. Silty sand in the shape of either narrow or wide band fringes the coastal slopes and covers the ridges of the Murmansk and Rybachya Bank and of the Central Height. In the southeastern Barents Sea, silty grounds lie at less depth than in the western areas because of the weakened activity of waters. East of the Kolguev Island, silt can be observed at the depth less than 100 m. There deposit is looser than in the western areas. Vast ice floes including fast ice are observed in the southeastern sea in spring/winter. Lithologic peculiarities of this area are determined by the ice migration and falling out from them of fragmental deposits [Арктический шельф., 1987].

In some sites the outcrops of old grey clay were revealed washing away

способствует образованию затишных зон и отложению илистого материала. В южной части моря илом покрыто дно Центральной впадины Западного желоба восточнее 21 меридиана и участки дна южной оконечности Новой Земли. Распределение песка связано с гидродинамическими процессами, происходящими в море и в значительной степени приурочено к мелководьям. Песок располагается вдоль прибрежных склонов и на поверхности Медвежинской и Шпицбергенской банок, на Канино-Колгуевском мелководье, Северо-Канинской банке, в Западно-Центральном районе, в Печорском море и у побережья Новой Земли. Илистый песок то узкой, то широкой полосой окаймляет прибрежные склоны и покрывает гребни Мурманской и Рыбачьей банок, Центральной возвышенности. В юго-восточной части Баренцева моря в связи с ослабленной подвижностью вод илистые грунты залегают на меньших глубинах, чем в западных районах. К востоку острова Колгуев можно встретить ил на глубине меньше 100 м. Осадки здесь более рыхлые, чем в западных районах. В зимне-весенний период в юго-восточной части моря наблюдаются обширные поля льдов, в том числе припайных. В конце весны и в летний период происходят усиленные подвижки льдов. Миграцией льдов, выпадением из них обломочного материала во многом определяются

by the North Cape Current and main branch of the Murmansk Current (Fig. 1). Because of the rough and suddenly changed relief, there are zones in this area of the intensive washout of the bottom caused by the present-day lift of the Barents Sea shelf (strongly pronounced in its western part). Therefore, accumulation of cobbles and areas of rocky bottom are often found there. Very big quantity of large fragmental deposits within the frameworks of our map is found on the eastern slope of the Bear Bank (Fig. 3, northwestern part of the map). There, similar to the southeastern sea, the presence of coarse admixture in deposits is apparently connected with melting of icebergs and floating ice.

In deposits of the Barents Sea, even far from shore the coarse materials can be found as gravel, pebbles, stones and cobbles from the smallest to blocks of some tonnes (Fig. 3). Sediments with a big quantity of gravel are deposited close to the shore, as well as on the underwater mountains and their slopes. Detached stones in deposits occur almost everywhere. The mentioned data agree well with those presented earlier on maps and in publications [Виноградова, 1957; Кленова, 1960].

литологические особенности этого района [Арктический шельф., 1987].

В ряде мест отмечены выходы древней серой глины, размываемой Нордкапским и основной ветвью Мурманского течений (см. рис.1). Вследствие неровного и резко изменяющегося рельефа, в этом районе имеются зоны интенсивного размыва дна, образующиеся вследствие современного поднятия шельфа Баренцева моря (наиболее резко выраженного в его западной части). Поэтому здесь часто встречаются скопления валунов и участки скалистого дна. В особенно большом количестве в рамках нашей карты крупнообломочный материал встречается на восточном склоне Медвежинской банки (см. рис. 3, северо-западная часть карты). Здесь, также как и в юго-восточной части моря, присутствие грубой примеси в осадках очевидно связано с таянием айсбергов и плавучих льдов.

В осадках Баренцева моря даже очень далеко от берега можно встретить грубообломочный материал в виде гравия, гальки, камней и валунов от самых мелких до глыб несколько тонн весом (см. рис.3). Осадок с большим количеством гравия отлагается вблизи берегов, а также на подводных возвышенностях и их склонах. Отдельные камни в осадках попадают почти повсеместно. Указанные сведения хорошо согласуются с таковыми, представленными ранее на картах и в публикациях [Виноградова, 1957; Кленова, 1960].

References

Литература

- Арктический шельф* Евразии в позднечетвертичное время / А. А. Аксенов, Н. Н. Дунаев, А. С. Ионин и др. – М.: Наука, 1987. – 278 с.
- Виноградова П. С.* Грунты Баренцева моря // Научно-технический бюллетень ПИНРО. – 1957. – № 4. – С.30–35
- Кленова М. В.* Отчет о работе комиссии по механическому анализу при Государственном океанографическом институте // Бюлл. ГОИН. – 1931. – Вып. 1. – 8 с.
- Кленова М. В.* Промысловая карта грунтов Баренцева моря // Докл. I сесс. Гос. океаногр. ин-та. – 1931. – № 6. – С.1–15.
- Кленова М. В.* Геология Баренцева моря. – М.: Изд. АН СССР, 1960. – 367 с.
- Новиков М. А.* Реализация принципа ГИС-технологий при использовании приложения Microsoft Excel for Windows в целях синтетического картирования // ГИС для устойчивого развития территорий: Материалы межд. конф. "Intercarto-6". – Апатиты, 2000. – Т.1. – С.109–113.
- Новиков М. А.* Эколого-рыбохозяйственное картографирование акваторий Баренцева и Белого морей: теоретические основы и методические подходы. – Мурманск: Изд. ПИНРО, 2002. – 91 с.
- Gurevich V. I.* Recent sedimentogenesis and environment on the Arctic shelf of Western Eurasia. – Oslo: Meddelelser NR. 131, 1995. – 92 p.

УДК 628.394 (268.4)

Содержание общего мышьяка в водорослях и донных отложениях прибрежной зоны Баренцева и Белого моря

Arsenic Content in Algae and Bottom Sediments of the Barents Sea and White Sea Coastal Zone

A. M. Lapteva

Knipovich Polar Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography (PINRO)

A. M. Лантева

Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н. М. Книповича (ПИНРО)

Arsenic is a widely distributed element in nature, as for its contents in the marine environment it occupies the 14th place. Dissolved arsenic forms are present in the sea water in minimal amount, mainly arsenic is present in the connected state with solid particles

Мышьяк – широко распространенный элемент в природе, по содержанию в морской среде он находится на 14 месте. Растворимые формы мышьяка присутствуют в морской воде в минимальном количестве, в основном, мышьяк находится в связанном состоянии с твер-

which sediment to the sea bottom and during the bacterial transformation process methyl arsenic is formed [Mandal, 2002; Израэль, 1981; Мур, 1987]. Arsenic contents in the off- sea parts of the Atlantic and the Pacific oceans in the photic and near deep water layer varies in the range 1.1-1.5 and 1.6-1.8 mgk/l, correspondingly. In the bottom sediment the arsenic contents level is significantly higher than in water. Natural arsenic contents in the bottom sediments of the World ocean is 10 mkg/g dry weight [Mandal, 2002], that in the West Europe areas fluctuates in the range 3.2-12.2 mkg/g dry weight. [Петрухин, 1986].

The aim and the goal of this work was analysis and generalization of the data on the arsenic contents in bottom sediments and in algae (*Ascophyllum nodosum*, *Fucus vesiculosus*, *Laminaria saccharina*, *Laminaria digitata*, *Enteromorpha*) from the coastal zone of the Barents and the White Seas. Algae and bottom sediments samples have been collected during the April-October 2003 period in the Kola and the Motovsky bays, the Kildin strait, in the Pechenga, the Dolgaya, the Zapadnaya, the Teriberskaya bays of the Barents Sea and in the Palkina inlet of the Kandalaksha bay, and in the Pechakovskaya Salma and in the Prosperity Harbor of the Onega bay of the White Sea. Preparation and analysis of

дыми частицами, которые оседают на дно моря, и в процессе бактериальной трансформации образуется метилированный мышьяк [Mandal, 2002; Израэль, 1981; Мур, 1987]. Содержание мышьяка в открытых частях Тихого и Атлантического океанов в фотическом и глубинном слоях изменяется от 1.1 до 1.5 и от 1.6 до 1.8 мкг/л соответственно. В донных осадках уровень содержания мышьяка значительно выше, чем в воде. Естественное содержание мышьяка в донных осадках мирового океана составляет 10 мкг/г сухой массы [Mandal, 2002], а в районах Западной Европы колеблется от 3.2 до 12.2 мкг/г сухой массы [Петрухин, 1986].

Целью настоящей работы был анализ и обобщение данных по содержанию мышьяка в донных осадках и водорослях (*Ascophyllum nodosum*, *Fucus vesiculosus*, *Laminaria saccharina*, *Laminaria digitata*, *Enteromorpha*) прибрежной зоны Баренцева и Белого морей. Пробы донных осадков и водорослей отбирали в течение апреля-октября 2003 г. в Кольском и Мотовском заливах, Кильдинском проливе, губах Печенга, Долгая Западная и Териберская Баренцева моря, в губе Палкина Кандалакшского залива, а также Печаковской Салме и гавани Благополучия Онежского залива Белого моря. Подготовка и анализ проб проводились в соответствии с ГОСТ 26930-86 [Сырье..., 1986].

Водоросли, как и все другие организмы моря, обладают свойст-

samples were carried out according to the State Standards 26930–86 [Сы-
рье..., 1986].

Algae like all other marine organisms, possess the abilities to extract selectively chemical elements from the sea water. Different ions and colloid particles are absorbed from the sea water by the whole plants bodies. Rhizoids are only the organs of attachment to substrate and do not participate most likely in the extraction by the algae of the elements concentrated by them. Chemical elementary algae composition in comparison to that of sea water and sediments points out to the fact that micro- elements concentrations in the macrophytes to a significant degree exceeds their contents in water but is much lower then in the sediments with which rhizoids of the plants are in touch. Thus, arsenic contents in the macrophytes from the south- western coast of England varies in the range 59-189 mkg/g dry weight, in the *Fucus serratus* tissues from the English Channel fluctuates in the range 48-54 mkg/g wet weight [Виноградов, 2001; Патин, 1981].

A high ability of algae for accumulation, fixed inhabitancy in the constant biotope – all this allows to get the impression on the stable and long- term changes of sea water chemical composition impacted by both: natural and anthropogenic factors. This very reason is decisive for the inclusion into the list of hydrobionted supposed to be applied

вами селективно извлекать из морской воды химические элементы. Различные ионы и коллоидные частицы водные растения поглощают из морской воды всем телом. Ризоиды являются лишь органами прикрепления к субстрату и скорее всего, не участвуют в извлечении водорослями концентрируемых ими элементов. Химический элементарный состав водорослей при сравнении его с составом морской воды и грунтов указывает, что концентрации микро-элементов в макрофитах в значительной степени превышают их содержание в воде, но намного ниже, чем в грунтах, с которыми соприкасаются ризоиды растений. Так, содержание мышьяка в макрофитах юго-западного побережья Англии колеблется от 59 до 189 мкг/г сухой массы, в тканях *Fucus serratus* из пролива Ла-Манш от 48 до 54 мкг/г сырой массы [Виноградов, 2001; Патин, 1981].

Высокая способность водорослей к накоплению, фиксированное обитание в постоянном биотопе – все это позволяет получить представление об устойчивых и долгосрочных изменениях химического состава морской среды под влиянием природных и антропогенных факторов. Именно поэтому макрофиты включены в число гидробионтов, предназначенных для использования в системе мониторинга химического загрязнения морской среды.

Данные о среднем содержании общего мышьяка в донных осадках и

in the sea water chemical composition monitoring system.

Data on the total arsenic average contents in bottom sediments and in algae from the Barents and the White Seas are presented on figures 1–5.

Total arsenic concentrations in the bottom sediments of the Barents and the White Seas varied in the range 1.40–26.00 mkg /g dry weight. Increased arsenic concentrations are revealed in the Kola bay in the inlets Dolgaya, Zapadnaya, Kislaya of the Barents Sea and in the Palkina inlet from the White Sea and constituted 17.60; 26.00; 20.60 and 16.40 mkg/g dry weight. Contamination level of the bottom sediments surface layer in other investigated areas was moderate and constituted in average 6.12 dry weight (see Figures 1–3).

It is known that pesticides, food additions, coal and oil, ore and metallurgic wastes, cleaning agents and wastes of military industry enterprises are the major anthropogenic sources of arsenic input into the environment [Мур, 1987]. In the Kola station 8 is located in the Murmansk merchant harbor area (see Figure 1), besides, a heap of the sunk ships is an additional source of contamination here, station 17 is located in the area adjacent to the town of Severomorsk, where besides discards of the military industry municipal sewerage rich in suspended and synthetic surface active agents are present [Кольский..., 1997]. Sampling stations

водорослях Баренцева и Белого морей представлены на рисунках 1–5.

Концентрации общего мышьяка в донных осадках Баренцева и Белого морей варьировали от 1.40 до 26.00 мкг/г сухой массы. Повышенные концентрации мышьяка обнаружены в Кольском заливе, губах Долгая Западная, Кислая Баренцева моря и губе Палкина Белого моря и составили 17.60; 26.00; 20.60 и 16.40 мкг/г сухой массы. Уровень загрязнения поверхностного слоя донных отложений в остальных изученных районах был умеренным и в среднем составлял 6,12 сухой массы (см. рисунки 1–3).

Известно, что основными антропогенными источниками поступления мышьяка в окружающую среду являются пестициды, пищевые добавки, уголь и нефть, рудничные и металлургические отходы, моющие средства и отходы предприятий военной промышленности [Мур, 1987]. В Кольском заливе 8 станция находится в районе акватории Мурманского торгового порта (см. рисунок 1), кроме того, здесь дополнительным источником загрязнения является свалка затонувших кораблей. Станция 17 расположена на акватории прилегающей к г. Североморску, где помимо сбросов предприятий военной промышленности, присутствуют коммунальные отходы, богатые взвешенными и синтетическими поверхностно- активными веществами [Кольский..., 1997].

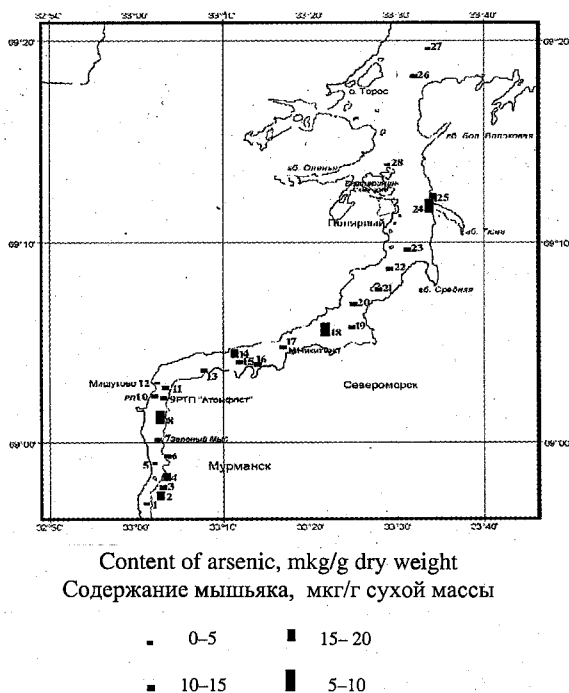


Рис. 1. Содержание общего мышьяка в донных осадках Кольского залива

Fig. 1. Total arsenic content in the Kola bay bottom sediments

in the Kislaya and in the Palkina bays are situated in the intermediate vicinity from the oil tanks base (see Figures 2, 4), and in the Dolgaya inlet in the keep zone of the North Navy ships a put out of the operation.

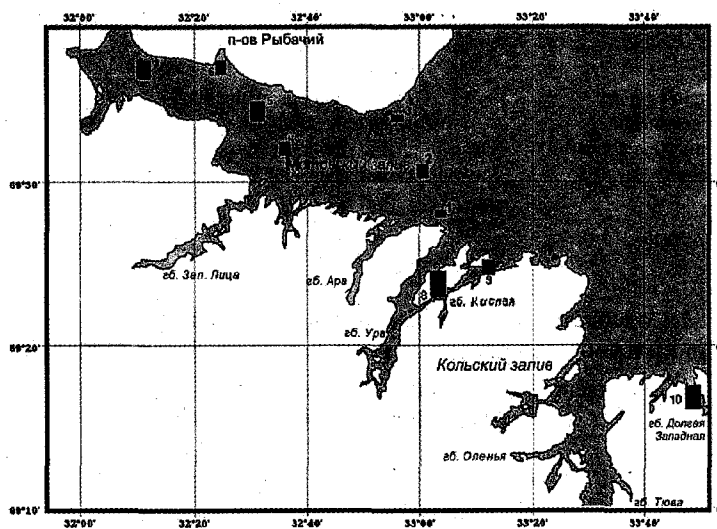
Arsenic concentrations in the algae *Laminaria saccharina* tissues (Barents and White Seas), *Enteromorpha* and *Ascophyllum nodosum* (White Sea) did not exceed the established standard of arsenic contents in the algae that is – 5 mkg /g wet weight [Гигиенические..., 2002] and constituted соответственно 1.65; 2.35; 2.50 and 1.36 mkg /g, correspondingly. A higher

Станции отбора проб в губах Кислая и Палкина находятся в непосредственной близости от нефтебазы (см. рис. 2, 4), а губе Долгая – в зоне отстоя кораблей Северного флота, выведенных из эксплуатации.

Концентрации мышьяка в тканях водорослей *Laminaria saccharina* (Баренцево и Белое моря), *Enteromorpha* и *Ascophyllum nodosum* (Белое море) не превышали установленный норматив содержания мышьяка в водорослях – 5 мкг/г сырой массы [Гигиенические..., 2002] и составляли соответственно 1.65; 2.35; 2.50 и 1.36 мкг/г сырой массы. Более высокое содержание мышьяка, превышающее норматив, обнаружено в тканях *Ascophyllum nodosum*

arsenic concentration exceeding standard is discovered in the tissues of *Ascophyllum nodosum* and *Laminaria digitata* from the Barents Sea and constituted 6.26 and 7.22 mkg/g wet weight and in *Fucus vesiculosus* from the Barents and White Seas, where average concentrations of the element reached 5.32 and 7.41 mkg/g wet weight (see Figures 4, 5) Recalculation into wet weight was carried out applying Vinogradov algae humid-ity coefficient [Виноградов, 2001].

и *Laminaria digitata* Баренцева моря и составило 6.26 и 7.22 мкг/г сырой массы, а так же в *Fucus vesiculosus* Баренцева и Белого морей, где средние концентрации элемента достигали 5.32 и 7.41 мкг/г сырой массы (см. рисунки 4,5) Пересчет на сырую массу выполнялся с использованием коэффициентов влажности водорослей по Виноградову [Виноградов, 2001].



Content of arsenic, mkg/g dry weight.
Содержание мышьяка, мкг/г сухой массы.



Рис. 2. Содержание общего мышьяка в донных осадках Мотовского залива и губы Долгая Западная.

Fig. 2. Total arsenic content in the Motovskiy gulf and Dolgaya Zapadnaya bay bottom sediments.

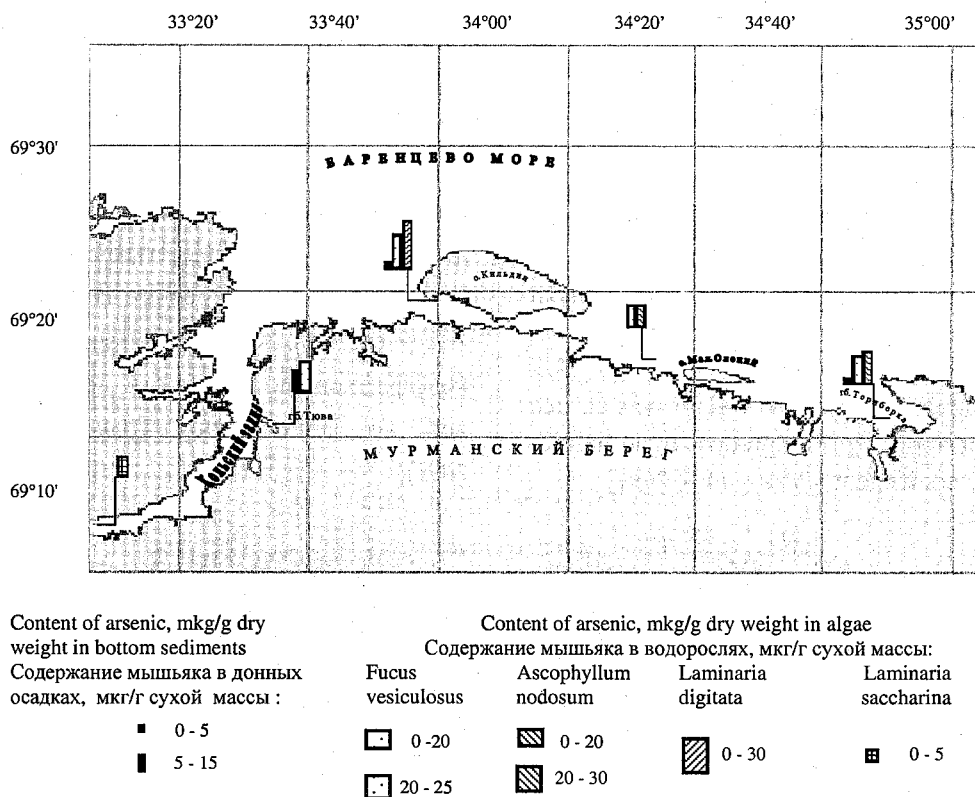


Рис. 3. Содержание общего мышьяка в водорослях и донных осадках в Кильдинском проливе и губы Териберка Баренцева моря.

Fig. 3. Total arsenic content in the Kildin strait and Teriberka bay algae and bottom sediments of the Barents Sea.

Thus, increase of total arsenic contents in the bottom sediments of the Kola bay, in the Dolgaya, Zapadnaya, Kislaya inlets of the Barents Sea and in the Palkina bay of the White Sea is found. Our country lacks the standard of metal contents in the bottom sediments. But according to contamination criteria of the sea bottom sediments in the fjords and the coastal zones accepted in Norway on the basis of total

Таким образом, обнаружено повышенное содержание общего мышьяка в донных осадках в Кольском заливе, губах Долгая Западная и Кислая Баренцева моря и губе Палкина Белого моря. В нашей стране отсутствуют нормативы содержания металлов в донных осадках. Однако, согласно критериям загрязненности морских донных осадков фьордов и прибрежных зон, принятых в Норвегии по содержанию об-

arsenic contents the samples of all investigated bottom sediments might be referred to the moderately contaminated [Klassifisering, 1997].

щего мышьяка, пробы всех исследованных донных осадков можно отнести к умеренно загрязненным [Klassifisering, 1997].

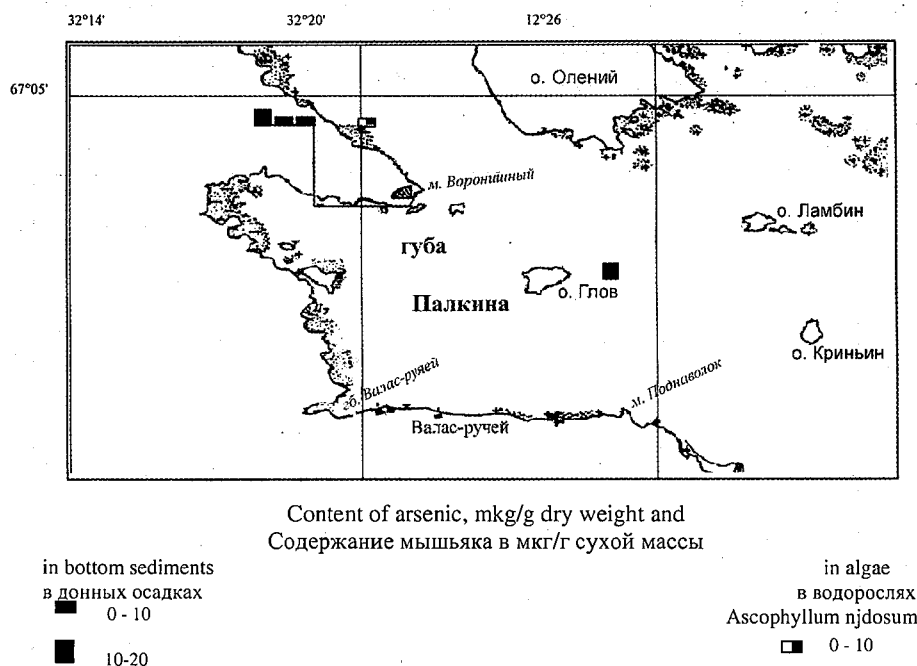


Рис. 4. Содержание общего мышьяка в донных осадках и водорослях губы Палкина Белого моря.

Fig. 4. Total arsenic content in the Palkin bay bottom sediments and algae of the White Sea.

Total arsenic contents exceeding the fixed standard is registered in algae *Ascophyllum nodosum* and *Laminaria digitata* of the Barents Sea and in *Fucus vesiculosus* of the Barents and the White Seas. Based on a set data obtained by different scientists it is known that the brown algae are able to connect arsenate with carbohydrates,

Содержание общего мышьяка, превышающее утвержденный норматив, отмечено в водорослях *Ascophyllum nodosum* и *Laminaria digitata* Баренцева моря, а так же в *Fucus vesiculosus* Баренцева и Белого морей. По данным ряда исследователей известно, что бурые водоросли способны связывать арсенат с углеводами, кроме того, водоросли имеют биохимический механизм, поддержи-

besides, algae possess a biochemical mechanism supporting arsenic contents in the cells on the un toxic level [Мур, 1987] It should be noted that organic forms of arsenic are of little toxicity and are not dangerous for the people, as they are quickly removed from the organism [[Мур, 1987; Mortime, 2000; Биология...,1998].

вающий содержание мышьяка в клетках на нетоксичном уровне [Мур, 1987] Следует также отметить, что органические формы мышьяка малотоксичны и не являются опасными для людей, так как быстро выводятся из организма [Мур, 1987; Mortime, 2000; Биология...,1998].

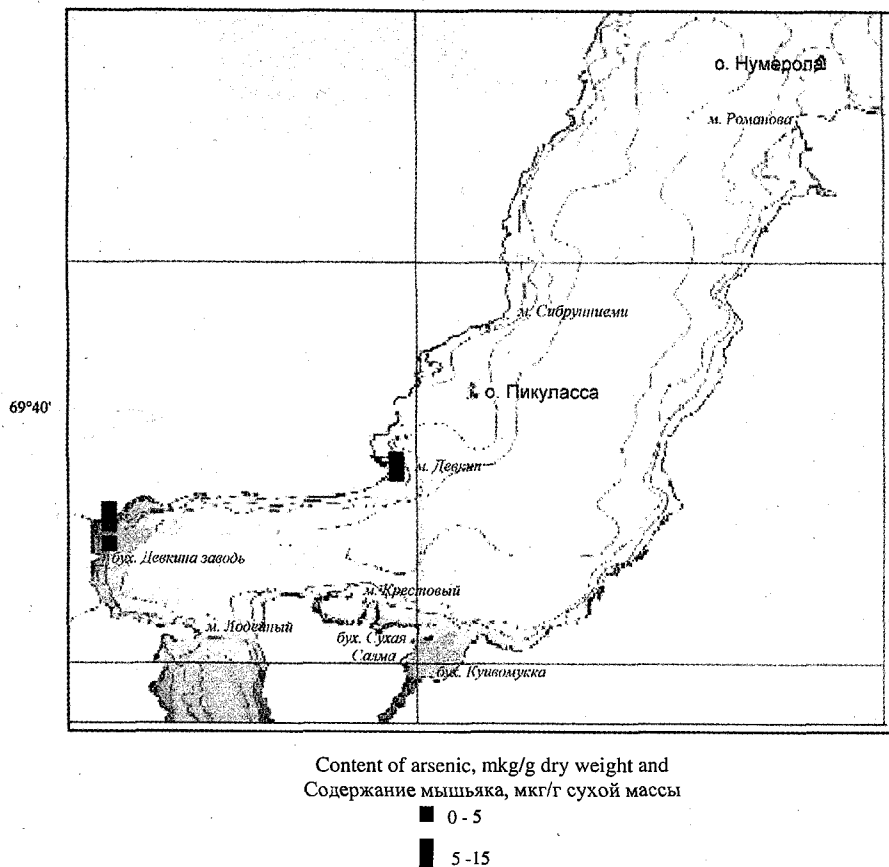


Рис. 5. Содержание общего мышьяка в донных осадках губы Печенга Баренцева моря.

Fig. 5. Total arsenic content in the Pechenga bay bottom sediments of the Barents Sea.

References

Литература

- Arsenic round the world: a review* / B. K.Mandal, K. T. Suzuki // *Talanta*, 2002. – 59. – С. 201–235.
- Израэль Ю. А., Цыбань А. В. Проблемы мониторинга экологических последствий загрязнения океана. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 59 с.
- Мур Д. В., Рамамурти. Тяжелые металлы в природных водах. – М: Мир, 1987. – 286 с.
- Петрухин В. А., Андрианова Л. В. и др. Фоновое содержание свинца, ртути, мышьяка и кадмия в природных средах (по мировым данным). // Мониторинг фонового загрязнения природных сред. Сообщение 3. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – Вып. 3. – С. 3–27.
- Сырье и продукты пищевые. ГОСТ 26930-86. Метод определения мышьяка. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – С. 34–40.
- Виноградов А. П. Химический элементарный состав организмов моря. – М.: Наука, 2001. – 620 с.
- Патин С. А., Морозов Н. П. Микроэлементы в морских организмах и экосистемах. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 152 с.
- Кольский залив: океанография, биология, экосистемы, поллютанты // Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1997. – 265 с.
- Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы (СанПиН 2.3.2.1078-01). – М.: Минздрав России, 2002. – 164 с.
- Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kistfarvann. Veiledning* / J. Movær, J. Knutzen, J. Magnusson, B. Rygg, J. Skei, J.Sørensen // *SFT Veiledning*, 1997. –1997. – 97:03. – 36 pp. (In Norwegian).
- Mortimer M. R. Pesticide and trace metal concentrations in Queensland Estuarine* // *Marine Pollution Bulletin*. – 2000. – Vol. 41, Nos. 7–12. – pp. 359–356.
- Биология и океанография Карского и Баренцева морей (по трассе Севморпути). – Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1998. – 467 с.

УДК 551.46.083 : 535

**Методика анализа сигналов авиационного лидара
для измерения гидрооптических параметров морской воды**

**The Method for Airborne Lidar Signal Analysis
for the Hydrooptical Sea Water Parameters Measurement**

*M. K. Lebedev**,
*N. E. Ovtchinnikova**,
Yu. A. Tolmachev, V. I. Chernook***

*M. K. Lebedev**,
*H. E. Овчинникова**,
Ю. А. Толмачев, В. И. Черноок***

* Saint-Petersburg State University

** Knipovich Polar Research Institute
of Marine Fisheries and Oceanography
(PINRO)

* Санкт-Петербургский
государственный университет

** Полярный НИИ морского рыбного хозяйства
и океанографии им. Н. М. Книповича

The Problem

Airborne lidar monitoring of the sea allows for the study of spatial distribution of sea water parameters as well as for revealing and identification of different biological specimens located in the water body. The optical characteristics are the water productivity indicators as well as the tracers of the dynamic processes in the ocean, that also allow to distinguish different types of water masses. It is necessary to develop the accurate method to pick out the information about hydrooptical characteristics from the lidar data in order to automate the processing of lidar mass data. This article provides the simplest convenient mathematical model of the signal detected by the PAL-1 lidar¹ module. The aviation-

Постановка задачи

Авиационный лидарный мониторинг морских акваторий позволяет изучать пространственное распределение вертикальных профилей характеристик морской воды, обнаруживать, идентифицировать и определять параметры различных биологических объектов, находящихся в толще морской воды. Оптические характеристики являются индикаторами продуктивности вод, трассерами динамических процессов в океане, а также позволяют выделить типы водных масс. Информацию об этих характеристиках, заложенную в лидарном эхо-сигнале, необходимо научиться выделять и интерпретировать для разработки алгоритмов массовой автоматизированной обработки данных лидарного зондирования. В данной работе рассматривается

based lidar signal analysis system used to identify seawater hydro-optical parameters has been tested in the White Sea. Radiation polarization changes are not discussed in the present paper, even though the model allows a generalization for that more complicated case.

Echo Signal Formation

Aircraft based laser emits a short pulse having a form of well-collimated light beam inclined by a small angle with respect to a vertical. Acquisition of optical system aimed to a laser light spot on a water surface transmits the backscattered light from a small solid angle to the photodetector. This fact allows us to neglect the peculiarities of the transversal structure of the laser beam and backscattered light.

Hence, in the simplest case an echo signal is a result of several basic processes.

a) The scattering of incident pulse on the water surface and the sub-surface layer. The moment of registration of the signal scattered by water surface is taken as a datum in further analysis.

A significant part of signal scattered by the water surface can be related to the reflection from those of random-oriented elements of the water

простейшая, удобная для решения сформулированных задач, математическая модель формирования сигнала, зарегистрированного приемной системой лидара PAL-1 [Alexeev, Fedorov. Golod et al., 2002]. Процессы изменения состояния поляризации излучения не рассматриваются, но модель допускает обобщение и на этот, более сложный случай.

Формирование рассеянного назад оптического излучения

Установленный на летательном аппарате лазер излучает короткий импульс в форме почти параллельного светового пучка под малым углом ϑ к вертикали. Приемная оптическая система, ориентированная на пятно входа луча в воду, пропускает на фотоприемник рассеянное назад излучение также в пределах малого телесного угла. Это позволяет не учитывать особенности поперечной структуры лазерного пучка и рассеянного назад излучения.

Световой сигнал тогда, в простейшем случае, формируется в результате нескольких основных процессов.

a) *Рассеяние на поверхности воды* начального светового импульса и в приповерхностном слое. Момент регистрации сигнала от поверхности при интенсивности падающего пучка $I(0)$ мы принимаем в дальнейших расчетах за ноль.

Значительную часть образующегося при рассеянии на поверхности сигнала можно связать с отраже-

surface that turned to be perpendicular to the incident beam. Intensity of the reflected beam can vary depending on the wave structure and magnitude. The angle $\vartheta \ll 1$, thus the distance between the farthest and the nearest reflecting surfaces within the beam is much less than the longitudinal pulse duration in the air, so we can disregard the scattered pulse widening. Consequently, we can describe the form of the light signal related to this process as a convolution of laser pulse form $h_0(t)$ with the Dirac delta function, corresponding signal has the following form:

$$h_1(t) = I(0)a_1 \int_{-\infty}^{\infty} h_0(t-\tau)\delta(\tau)d\tau = I(0)a_1\delta(t) \otimes h_0(t),$$

where $\otimes$ denotes the convolution, a_1 is the overall backscattering coefficient of the surface and the subsurface layer.

All the operations below are linear, so the convolution with $h_0(t)$ can be performed only once, in the final stage of the computation. Omitting it, we have

$$h_1(t) = I(0)a_1\delta(t). \quad (1)$$

b) In the homogeneous water, the lidar return will decay exponentially as

нием от элементов волнистой поверхности, случайно ориентированных перпендикулярно падающему пучку. Интенсивность отраженного пучка может варьировать в зависимости от структуры волны и ее амплитуды. В силу того, что угол $\vartheta \ll 1$, в пределах ширины пучка лидара расстояние между наиболее удаленной и наиболее близкой к регистрирующей системе поверхностями намного меньше продольной протяженности импульса лазера в воздухе, и уширением отраженного импульса можно пренебречь. Следовательно, форму связанного с этим процессом светового сигнала можно приближенно описать сверткой формы лазерного импульса $h_0(t)$ с дельта-функцией Дирака. Соответствующий сигнал запишем в виде:

где $\otimes$ — означает операцию свертки, a_1 — суммарный коэффициент рассеяния на поверхности и в приповерхностном слое воды.

Все последующие операции в нашем рассмотрении линейны, это позволяет не рассматривать свертку с $h_0(t)$ каждый раз, а осуществив ее лишь однократно на заключительном этапе. Опуская ее, получим:

б) *Затухание вошедшего в воду пучка света вследствие экстинкции и рассеяния. Предполагая водную сре-*

a function of scattering depth in the water because of absorption and scattering by Bouguer's law:

$$I(l) = I(0) \exp(-Gl), \quad (2)$$

where $I(l)$ is the lidar signal, G is the attenuation coefficient, l is the beam path in water.

In the frame of our model, the light flow backscattered in a small solid angle passes the same way l as the incident beam that penetrated into water-body; to account for this effect, we must double the exponent index or to double time of the beam propagation in water.

The extinction coefficient enters the intensity (2) as a factor; the returning beam scattering at the water surface we can take into account also as a factor. Note, that on its way down the water, the recorded signal corresponds to backscattering, while on its way backwards to the surface this is the forward scattered light. Both of these effects enter the registered intensity of light as factors; as a result, these components can be distinguished only in a special experiment.

It follows from (1) and (2) for the dependence of the intensity of light beam scattered from inside the water-body towards the aircraft:

ду в среднем однородной, воспользуемся законом Бугера, интенсивность пучка спадает как

где G — коэффициент экстинкции, l — длина пути пучка в воде.

В рамках нашей модели световой поток, рассеянный назад в малом телесном угле, проходит тот же путь l в обратном направлении, следовательно, показатель экспоненты необходимо удвоить, либо ввести коэффициент 2 при расчете времени распространения сигнала.

Коэффициент рассеяния входит в интенсивность (2) как общий множитель. Рассеяние обратного пучка на поверхности можно учесть также в виде коэффициента. На пути в глубь воды мы имеем дело с рассеянием "назад", в то время как для распространения из глубины к поверхности — "вперед". Оба эти эффекта входят в интенсивность регистрируемого излучения как множители и могут быть определены раздельно только при проведении специальных исследований.

Принимая во внимание (1) и вышесказанное, из (2) получаем для зависимости от времени сигнала, рассеянного в сторону самолета в толще однородной воды:

$$\begin{aligned}
 J(t) &= J(0) \exp(-Gl) \otimes \delta(2l - vt); \\
 v &= c/n; \\
 l &= z/\cos\vartheta; \\
 l &> 0,
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

Here $J(l)$ is the signal amplitude that includes the scatter coefficient as well as the backscatter coefficient of water, l is the light trace between the water surface and the scattering point, z is the depth of scattering point, c is the velocity of light, n is the refraction index of water, ϑ is the angle for the transmitted beam.

Note that formula (3) is valid only for $l > 0$, as the scattering from the surface is described with (1).

c) Than, we shall consider the local inhomogeneity in the waterbody as an infinitely thin object. So, we can describe the local inhomogeneity scattering as small additive scatter coefficient at the depth z_m :

где $J(t)$ – величина интенсивности, учитывающая показатели рассеяния и вперед, и назад; l – путь, пройденный импульсом света в воде от поверхности к точке рассеяния; c – скорость света в вакууме; n – показатель преломления воды; z – глубина точки рассеяния; ϑ – средний угол распространения пучка в воде, отсчитанный от нормали к средней поверхности воды.

Обращаем внимание на то, что формула (3) верна только для $l > 0$, так как рассеяние непосредственно на поверхности описывается формулой (1).

в) *Рассеяние на локальных неоднородностях* в процессе распространения, толщина которых существенно меньше продольной протяженности лазерного пучка в воде. Этот эффект можно учесть как малую аддитивную неоднородность коэффициента рассеяния на некоторой глубине z_m :

$$J(t_m) = J(0) k_m \exp(-Gl) \otimes \delta(2l_m - vt),
 \tag{4}$$

$$k_m = G_m \Delta l_m \ll 1.$$

d) The scattering from the opaque obstacle, i.e. the algae surface, the bottom at the depth z_0 are accounted for in the same way as the scattering from the

г) *Рассеяние на непрозрачном препятствии* (поверхность водорослей, дно на глубине z_0) учитывается так же, как рассеяние от неоднородности, причем полный сигнал во

inhomogeneity. The total length of the signal is to be cut out of the continuous function with the rectangle function for the signal propagation is interrupted.

The full echo-signal can be expressed by:

$$J_{\Sigma}(t) = I(0)a_0\delta(0) + \text{rect}\left(\frac{t}{2z_0n/c\cos\vartheta}\right)J(0)\exp(-Gl) \otimes \left\{ \delta(2l-vt) + \sum_m k_m \delta(2l_m - vt) + a_1 \delta(t - 2z_0n/c\cos\vartheta) \right\}. \quad (5)$$

The last item of the sum in curly braces describes the reflection from the bottom.

The rectangle function is determined in a following way:

$$\text{rect}\left(\frac{x}{a}\right) = \begin{cases} 0 & \text{при } x \leq 0 \\ 1 & \text{при } 0 < x < a \\ 0 & \text{при } x \geq a \end{cases}.$$

System Pulse Response

Lab tests and the lidar data received from White Sea air photographs in June of 2003 demonstrated that the main reason to limit the resolution in time or distance (besides the laser pulse duration) were in photomultiplier single-photon pulse length and also in signal discretization process in the digital oscilloscope. Signal transformations

времени ограничивается соответствующей функцией-прямоугольником, так как дальнейшее распространение пучка вперед прекращается.

Таким образом, общий сигнал, поступающий на приемник излучения, можно представить в виде:

Последнее слагаемое под знаком суммы в фигурных скобках учитывает отражение от дна.

Использованная здесь функция-прямоугольник определена следующим образом:

Аппаратная функция системы

Как показали лабораторные исследования и обработка сигналов лидара, полученных при проведении авиасъемок акваторий Белого моря в июне 2003 г., основными источниками ограничения разрешающей способности всей системы по времени (т.е. по расстоянию), помимо длительности лазерного импульса, являются: инерционность фотоумножителя, усилителя сигнала, а так-

are linear, therefore the resulting lidar signal can be represented by the convolution of (5) with some function that includes all the described effects. From now on we shall call this function as the lidar pulse response. This model does a good job replicating real signals from both shallow and relatively deep areas.

The only source of non-linearity of the system as a whole is the analog-to-digital transformation of the recording module which can be taken into account *a posteriori*. Lab tests and the analysis of the shallow water bed reflections demonstrated that within the error limits of the experiment the lidar pulse response can be described by a simple formula:

$$\begin{aligned} h(t) &= t \exp(-\beta t) \\ t &\geq 0 \end{aligned} \quad (6)$$

The concept of the pulse response allows for the accurate recovery of the true signal formed by the light scattering in water. The recorded signal $\tilde{J}(t)$ is related to the true $J(t)$ one as

же дискретность преобразования сигнала цифровым осциллографом. Операции соответствующих преобразований являются линейными, следовательно, форму результирующего сигнала можно представить в виде свертки аппроксимирующей функции формирования отклика (5) с некоторой функцией, включающей в себя все перечисленные эффекты. Эту функцию мы будем в дальнейшем называть *аппаратной функцией лидара* $h(t)$. Такая модель хорошо воспроизводит форму реальных сигналов, как для мелководья, так и для участков с относительно большими глубинами. Единственным источником нелинейности является ограничение сверху амплитуды аналого-цифровым преобразователем регистрирующей системы, которое может быть учтено *a posteriori*.

Лабораторные испытания лидара и анализ сигналов, отраженных от поверхности и дна на мелководье показал, что в пределах погрешности опытов аппаратная функция лидара может быть описана простой формулой:

Знание аппаратной функции позволяет восстановить истинную форму сигнала, образующегося в результате рассеяния света в воде. Учтем, что измеренный сигнал $\tilde{J}(t)$ связан с истинным $J(t)$ соотношением:

$$\tilde{J}(t) = J(t) \otimes h(t), \quad (7)$$

In other words, to find $J(t)$, one has to solve the integral equation with $h(t)$ kernel. The shape of (6) assumes the sufficient stability of the solution in relation to random errors of the signal measurements. Figures 1a-1c demonstrate several examples of the real signal. In Figs 1e – 1g the model test-signals are shown. Fig. 1h, 1i demonstrate the models of the signal for a small extinction parameter G for the case of clear water, the depths is 25 m (h) and 30 m (i).

The main characteristics of echo-signal are as following:

a) in the beginning of the observed signal there is a large peak caused by the surface reflection;

b) after the rapid decrease characterized by the characteristic time of the system pulse response $\tau = 1/\beta$, there is a slow intensity wane due to the light dissipation in water;

c) at large time delay either the signal is masked by noises or there is a maximum due to the scattering from the bottom.

т.е. для того, чтобы найти $J(t)$, необходимо решить интегральное уравнение с ядром $h(t)$. Форма ядра (6) позволяет надеяться на достаточную устойчивость решения по отношению к случайным ошибкам измерений сигнала.

Общий характер разработанной модели вполне согласуется с данными измерений. На рис. 1, а – 1, в показаны примеры реальных сигналов, рис. 1, г — 1, е – модельные тест-сигналы. Кроме того, на этом же рисунке показана модель сигнала для малого показателя ослабления G – случай прозрачной воды – при глубине моря 25 (1, ж) и 30 (1, з) метров.

Основные характеристики сигналов таковы:

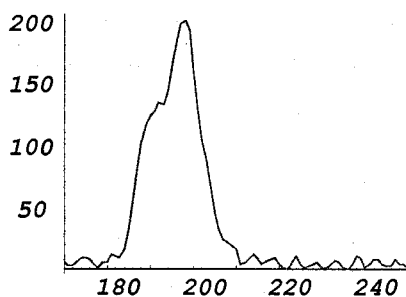
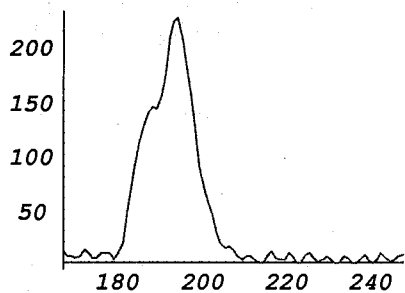
а) в начальной части рассеянного сигнала наблюдается большой пик, связанный с отражением от поверхности;

б) за быстрым спадом, который характеризуется постоянной времени $\tau = 1/\beta$ аппаратной функции, наблюдается медленный спад интенсивности, обусловленный рассеянием в воде;

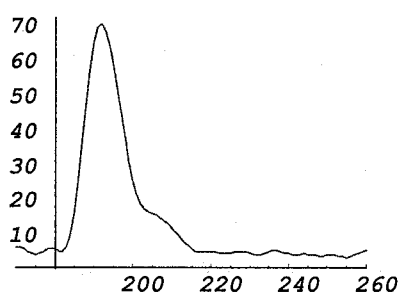
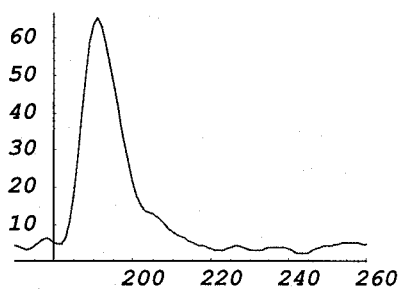
в) при больших временах сигнал либо тонет в шумах, либо наблюдается максимум, связанный с рассеянием от дна.

Обработка сигнала

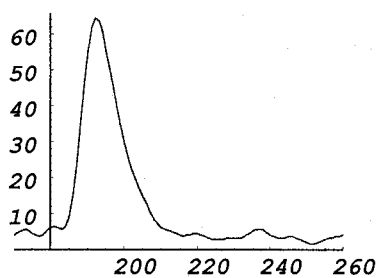
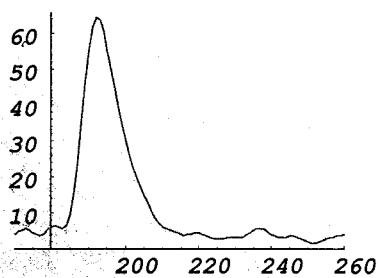
Одним из важных свойств соотношения (7) является то, что пре-



a



b



в

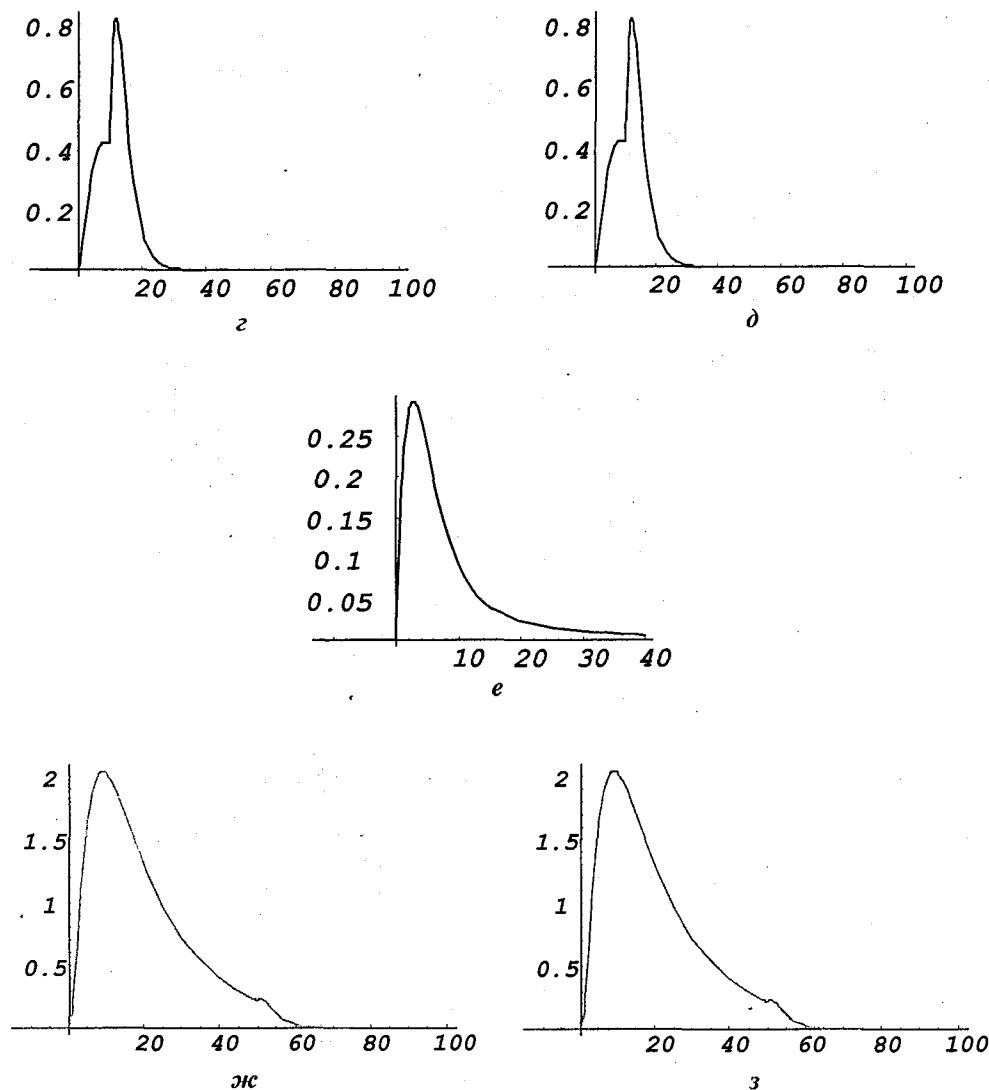


Рис. 1. а – в: примеры реальных сигналов; г – е: модельные сигналы; ж, з: модель сигнала для малого показателя ослабления (случай прозрачной воды) и сигнала от дна на глубине 25 и 30 м.

Signal Processing

For further signal processing, one may use the general property of the relation (7) that its Fourier transform is

образование Фурье функции $\tilde{J}(t)$ равно произведению преобразований Фурье истинного сигнала $J(t)$ и аппаратной функции $h(t)$. В соответствии с этим свойством свертке двух

the product of transforms of $J(t)$ and $h(t)$. On coming from the time domain to the frequency domain, one has:

$$F\{\tilde{J}(t)\} = F\{J(t) \otimes h(t)\} = F\{J(t)\} \times F\{h(t)\}, \quad (8)$$

With $F\{\}$ symbol the direct Fourier transform is denoted.

Using the backwards Fourier transform of (8), get for the recovered signal:

$$J(t) = F^{-1} \left\{ \frac{F(\tilde{J}(t))}{F(h(t))} \right\}. \quad (9)$$

In Fig. 2 the example of the recorded echo-signal is shown. Its Fourier spectrum is shown in Fig. 3. To smooth the signal, the spectrum is converted with the low-frequency pass filter, the high-frequency cease limit is to be chosen in a way not to lose time resolving power of the system. The form of pulse response of the system being analytically given, its Fourier transform does not contribute additional noises into the result of computation.

The smoothed signal is given in Fig. 4. The same one received after accounting for the pulse response is shown in Fig. 5.

функций $J(t)$ и $h(t)$ во временной области соответствует произведение преобразований Фурье этих функций в частотной:

где $F\{\}$ — символ прямого преобразования Фурье.

Применив к (8) обратное преобразование Фурье, получаем для восстановленного сигнала на выходе системы обработки:

В качестве примера на рис. 2 показан исходный вид одного из отраженных сигналов. Его спектр Фурье показан на рис. 3. Для сглаживания сигнала в спектре производится фильтрация низких частот, верхняя частота среза выбиралась такой, чтобы заметно не ухудшить разрешение по времени. Поскольку аппаратная функция системы задается аналитически, при делении на ее спектр дополнительных шумов в восстановленном сигнале не возникает.

Сглаженный сигнал показан на рис. 4, а на рис. 5 — сигнал, восстановленный после учета аппаратной функции системы.

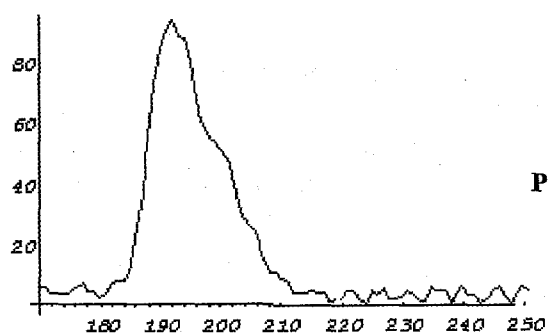


Рис. 2. Исходный вид отраженного сигнала

Рис. 3. Спектр Фурье сигнала, представленного на рис. 2

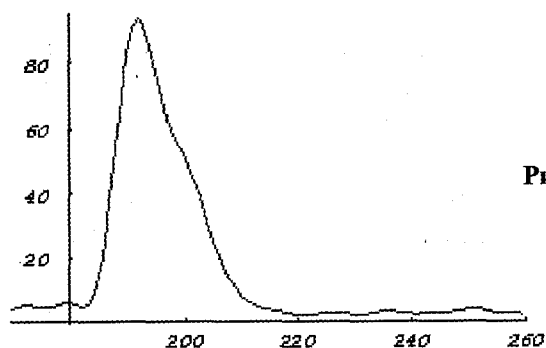
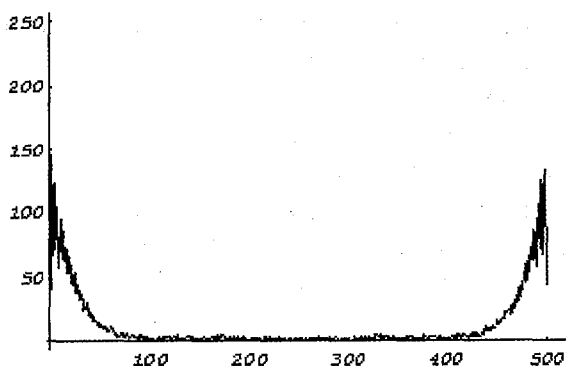
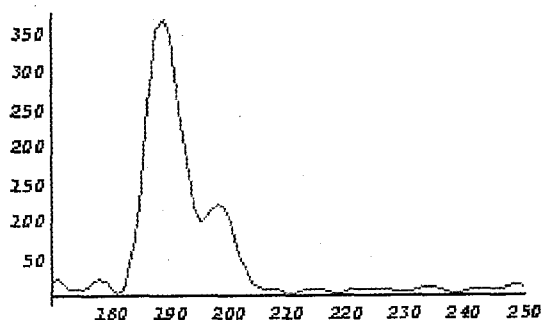


Рис. 4. Сглаженный сигнал.

Рис. 5. Сигнал, восстановленный после учета аппаратной функции системы



The described method application permits to pick out the pikes corresponding to waterfront reflection, to the backscattering from the inhomogeneity including the bottom reflection. On one hand, the form of pikes obtained as a result of signal processing is not delta-function one that impedes the measurement of the extinction coefficient. This effect results from the filtration process application as well as from some errors in the pulse response form definition.

On the other hand, the combination of the set of hypothesis proposed permits to simplify the solution of rather complicated inverse problem by reducing it to the problem of estimation of several parameters that characterize the scattering.

The form of the intensity decay is approximately described with the sum of two exponents, the first (the "fast") one is connected with the system pulse response while the second (the "slow") one describes the scattering. For the transparent water, the main component of the relation (5) is the slow exponential decay $\exp\left(-G\frac{ct}{2n}\right)=\exp(-\alpha t)$ that is related to small scattering. Consider its convolution with the system pulse response:

$$\tilde{J}(t)=\exp(-\alpha t)\otimes[t\exp(-\beta t)],$$

$$\beta\gg\alpha,$$

Calculation of this integral results in

Примененный метод обработки пиков позволяет выделить пики, соответствующие отражению от поверхности воды, дна и от неоднородностей в толще воды. Недостатком является то, что пики в результате обработки оказываются не дельтаобразными, а уширенными, что затрудняет вычисление показателя экстинкции. Это происходит как из-за недостаточно точного вычисления аппаратной функции, так и из-за применения процедуры фильтрации.

Вместе с тем, в рамках высказанных выше предположений решение сложной обратной задачи можно упростить, сведя его к оценке нескольких параметров, характеризующих рассеяние.

Форма спада зарегистрированных отраженных сигналов приближенно описывается суммой экспонент, первая из которых, "быстрая", относится к аппаратной функции, а вторая, "медленная", описывает собственно рассеяние. Рассмотрим этот случай более подробно. Основная часть соотношения (5) представляет собой медленную (для прозрачной воды) экспоненту

$\exp\left(-G\frac{ct}{2n}\right)=\exp(-\alpha t)$. Рассмотрим ее свертку с аппаратной функцией:

получаем:

$$\tilde{J}(t)\Big|_{t \geq 0} = \frac{\exp\{-(\alpha + \beta)t\}[\exp(\alpha t) + \exp(\beta t)\{(\beta - \alpha)t - 1\}]}{(\beta - \alpha)^2}. \quad (10)$$

Taking into account that $\beta \gg \alpha$ one can see that for the high water transparency the system pulse response does not disturb significantly the form of true decay curve at $t \gg 1/\alpha$. Therefore, the extinction coefficient that is the most interesting parameter of transparent water can be measured directly from the form of the decay curve. In Fig. 6 the corresponding form of the experimental curve is shown. Just after the first symmetrical pike connected with the reflection from the water surface, the slow exponential component of the decay is clearly seen for the depth greater than 5.4 m in this figure 6. (The number 5.4 corresponds to the resolution of our system.)

С учетом неравенства $\beta \gg \alpha$, видим, что при высокой прозрачности воды аппаратная функция мало искажает ход истинной кривой затухания при $t \gg 1/\alpha$. Следовательно, важнейший параметр — показатель экстинкции воды — в этом случае можно измерить, проводя прямую обработку спада яркости рассеянного излучения. Такого рода участок “медленной экспоненты” $\exp(-Gt)$, соответствующий рассеянию в толще воды, можно выделить для глубин, начиная с 5.4 м (при данной разрешающей способности системы) после первого симметричного пика, связанного с отражением от поверхности воды (рис. 6).

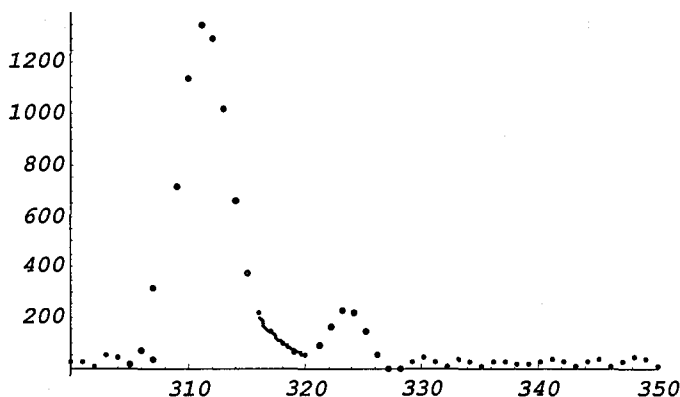


Рис. 6. Сигнал, восстановленный после учета аппаратной функции системы. Сплошной линией показана экспонента $\exp(-\alpha t)$, соответствующая рассеянию. На глубине 5.4 м (324 канал) виден пик, соответствующий отражению от дна.

Conclusions

The data presented in this paper demonstrate that the concept of system pulse response permits for

- the measurement of large extinction coefficient at small depths in cloudy water;

- the measurement of small extinction coefficient at great depths in clean water;

- the measurement of spatial distribution of hydrooptical characteristics of sea water and to determine the parameters of vertical inhomogeneities.

Заклучение

Таким образом, применение понятия аппаратной функции для анализа сигналов лидара позволяет:

- определять значение показателя ослабления для случаев малой глубины при больших значениях коэффициента экстинкции (в мутных водах);

- измерять коэффициент экстинкции излучения в случае высокой прозрачности и больших глубин;

- определять параметры вертикальных неоднородностей в толще морской воды и строить вертикальный профиль распределения оптических характеристик.

References

Alexeev A. A. Fedorov Yu. Golod at al. Oceanographic airborne lidar // Second International Conference on Lasers for measurements and Information transfer, Proceedings of SPIE. – 2002. – Vol. 4680. – 129 p.

Литература

Гидрологические условия ручьев губы Палкина и рекогносцировочное обследование о. Олений

Hydrological conditions of the Palkin Bay brooks and reconnaissance survey of Island Oleny

L. I. Lesnichy, E. E. Puzikova***

* Hallury Russian Research Institute

** Russian State

Hydrometeorological University

Л. И. Лесничий,
Е. Е. Пузикова***

* ВНИИ "Галургии"

** Российский государственный
гидрометеорологический университет

В период с 01.07.03 по 15.07.03 было проведено рекогносцировочное обследование водосбора кута губы Палкина, включившее в себя качественную оценку гидрогеологической ситуации (мощности верхних водоносных горизонтов, объема подземного стока в кут губы Палкина) и уточнение ранее полученных данных о меженном поверхностном стоке.

Результаты измерений расходов воды всех водотоков (рис.1), впадающих в губу Палкина, подтвердили сделанные ранее выводы об объеме меженного стока (примерно 0.8 % от объема прилива) и позволили сделать вывод, что сток всех ручьев, кроме Валас ручья, слабо зарегулирован и практически не имеет подземной составляющей. Так, например, сток малых ручьев в период с 5 по 9 июля изменился в 2–3 раза (табл. 1, 2), а ручьи №№ 0, 1, 2, 5, 6, 9, 11, в которых в предыду-

щие годы наблюдался сток – пересохла.

Отсутствие подземной составляющей в питании водотоков косвенно подтверждается незначительной глубиной эрозионного вреза и малыми меженными расходами. В то же время проведенные рекогносцировочные обследования скважин в районе губы Палкина свидетельствуют о наличии относительно мощных верхних водоносных горизонтов. Так в водозаборных скважинах расположенных на территории полевой базы ПИНРО, за все время эксплуатации (1996-2003 г.г.), не было отмечено полного истощения или сколько-нибудь существенного понижения уровня воды. Несмотря на небольшое удаление скважин от берега губы и незначительную разницу между уровнем воды в них и отметкой прилива не было отмечено проникновения морской воды в пресный водоносный горизонт. Гидравлическая связь "море – грунтовые воды".

не фиксировалась даже при возникновении воронки депрессии вызван-

ной интенсивной откачкой воды из скважины.

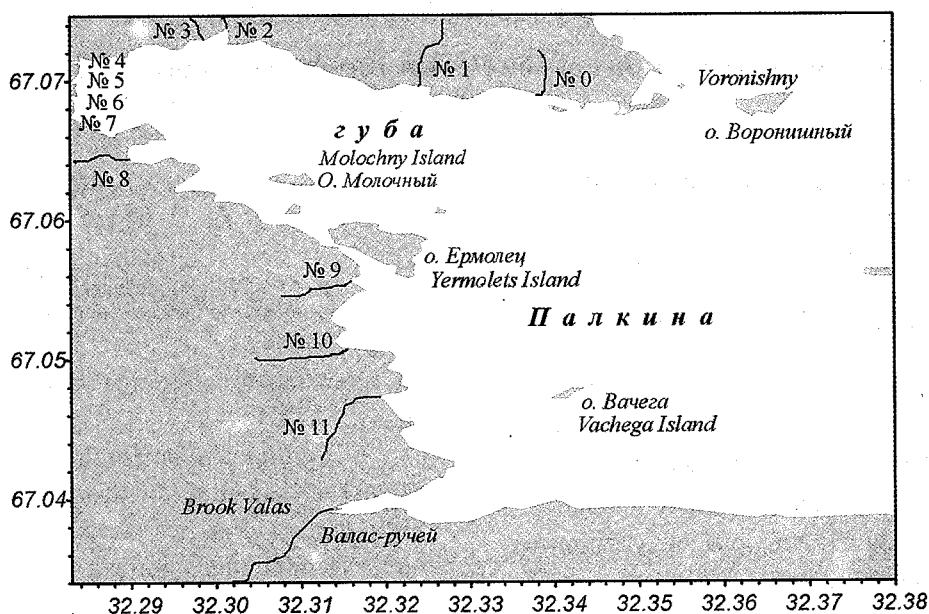


Рис. 1. Схема расположения впадающих ручьев в кут губы Палкина.

Fig. 1. Location of the brooks entering the head of Palkin Bay.

Рекогносцировочное обследование о. Олений – самого крупного в Кандалакшском заливе Белого моря было выполнено 12 июля 2003 г. Флора и фауна острова представляет собой высокую ценность, остров является заповедным. Гидрографическая сеть острова является местом гнездования редких и особо ценных видов птиц.

Остров Олений (рис. 1) относится к островам тектонического происхождения, поверхность остро-

ва покрыта мхами, лишайниками, травянистой, кустарниковой растительностью и смешанным хвойно-лиственным лесом.

В результате неравномерного распределения ледниковой морены на острове образовалось несколько различных по размеру котловин, являющихся в настоящее время ложем озер и болот. Озера и болота занимают значительную часть площади острова. При высоком уровне из некоторых озер наблюдается сток в море. Дно озер покрыто илистыми

Таблица 1. Измеренные расходы воды

№ п/п	Дата	Название ручья	Координаты, °		Ширина, м	Глубина, м		Скорость, м/с		Расход, м³/с	Метод измерения
			X	Y		Нср	Нтах	Уср	Итах		
1	04.07.03	№ 3	67,075	32,297	0,40		0,13		0,25	7,80	поплав.
2	04.07.03	№ 4	67,072	32,279	0,60		0,07		0,20	5,04	поплав.
3	05.07.03	№ 12	67,039	32,325	0,35	0,03	0,05	0,10	0,22	1,55	в 2/2
4	05.07.03	руч. Валас	67,039	32,321	6,20	0,21	0,40	0,11	0,23	214	в 6/6
5	05.07.03	№ 11	67,047	32,316						стока нет	
6	05.07.03	№ 9	67,058	32,313						стока нет	
7	05.07.03	№ 8а	67,060	32,299						стока нет	
8	05.07.03	№ 8	67,065	32,286	0,25	0,11	0,14	0,23	0,51	8,91	в 2/2
9	05.07.03	№ 7	67,067	32,276	0,30	0,06	0,07	0,05	0,22	2,04	в 2/2
10	05.07.03	№ 6	67,070	32,281	0,25		0,08			0,00	-
11	05.07.03	№ 5	67,070	32,282	0,15		0,07			0,00	-
12	05.07.03	№ 4	67,072	32,279	1,20	0,08	0,13	0,05	0,27	9,03	в 5/5
13	05.07.03	№ 3	67,075	32,297	0,45	0,05	0,08	0,19	0,33	6,73	в 4/4
14	05.07.03	№ 2	67,074	32,310						стока нет	
15	05.07.03	№ 1	67,068	32,325						стока нет	
16	05.07.03	№ 0	67,068	32,336						стока нет	
										Сумма:	255

Таблица 2. Измеренные расходы воды

№ п/п	Дата	Название ручья	Координаты, °		Ширина, м	Глубина, м		Скорость, м/с		Расход, ³ м/с	Метод измерения
			X	Y		Нср	Нmax	Иср	Иmax		
1	09.07.03	№ 12	67,039	32,325	0,28	0,04	0,06	0,62	0,13	0,65	в 2/2
2	09.07.03	руч. Валас	67,039	32,321	6,20	0,24	0,37	0,11	0,31	168	в 7/7
3	09.07.03	№ 11	67,047	32,316						стока нет	
4	09.07.03	№ 9	67,058	32,313						стока нет	
5	09.07.03	№ 8а	67,060	32,299						стока нет	
6	09.07.03	№ 8	67,065	32,286	0,30	0,07	0,08	0,14	0,31	3,02	в 2/2
7	09.07.03	№ 7	67,067	32,276	0,07	0,05	0,05	0,20	0,20	0,42	в 1/1
8	09.07.03	№ 6	67,070	32,281	0,25		0,08			0,00	-
9	09.07.03	№ 5	67,070	32,282	0,15		0,07			0,00	-
10	09.07.03	№ 4	67,072	32,279	0,60	0,06	0,12	0,17	0,25	5,73	в 3/3
11	09.07.03	№ 3	67,075	32,297	0,50	0,05	0,07	0,13	0,19	3,85	в 2/2
12	09.07.03	№ 2	67,074	32,310						стока нет	
13	09.07.03	№ 1	67,068	32,325						стока нет	
14	09.07.03	№ 0	67,068	32,336						стока нет	
15	09.07.03	Понур 1	67,072	32,279	0,20	0,05	0,05	0,16	0,16	0,79	в 1/1
Сумма:											183

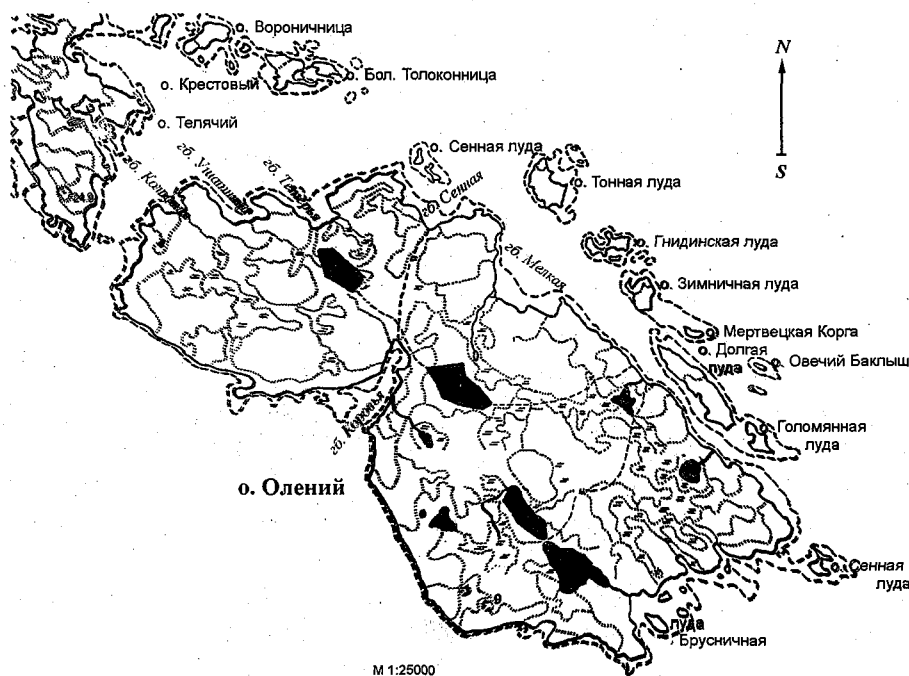


Рис. 1. Остров Олений.

отложениями аллохтонного и автохтонного происхождения. Процесс накопления отложений и приводит к заболачиванию, особенно это проявляется на бессточных озерах. В прибрежной части озер наблюдается большое количество упавших деревьев.

Ярким примером здесь может служить озеро, расположенное в 250 м на юг, юго-запад от Коровьей губы, где процесс зарастания ярко выражен.

Особый интерес представляет собой система двух самых крупных озер, расположенных на юго-востоке острова. Северо-западное (верхнее) озеро имеет большую площадь водо-

сбора и более подвержено процессам заболачивания, чем юго-восточное (нижнее) озеро. Озера связаны между собой протокой, длиной около 20 м, протекающей по заболоченному перешейку между ними. В момент обследования в протоке зафиксирован сток воды из верхнего озера в нижнее, с расходом менее 0.1 л/с.

Из нижнего озера зафиксирован сток в море, в момент обследования он составил около 0.7 л/с. Водоток представляет собой ручей с невыработанным базисом эрозии. Максимальное понижение уровня озера вследствие оттока воды в море может достигать 15–20 см, от уровня зафиксированного в момент обследо-

дования. В тоже время отметки высоких вод превышали уровень воды в нижнем озере на 15–25 см. Таким образом, амплитуда колебаний воды в озере скорее всего не превышает 0.4–0.5 м.

Для более детального изучения гидрологического и гидрохимического режима озер предполагается установка на них гидропостов, оборудованных месячными самописцами уровня воды. Предварительно выбрано место для их установки. На нижнем озере создан временный гидропост для измерений уровней воды. Пост расположен на левом берегу озера в 70 метрах выше ручья, впадающего в море, и представляет собой камень, поверхность которого находится выше отметки вы-

соких вод, а сторона, обращенная к озеру, представляет собой ровную вертикальную стенку, на которую нанесены деления. Пост оборудован двумя реперами, первый расположен в 30 метрах от берега, на каменной гряде в пределах видимости с гидропоста, второй – непосредственно на гидропосту. В момент открытия постом уровень составил 8 см относительно нуля графика.

Основной вывод, который можно сделать по результатам обследования заключается в том, что процесс эвтрофикации постепенно приведет к полному заболачиванию озер, причем один из вариантов развития процесса будет представлять собой последовательное деление перешейками крупных озер на мелкие.

УДК 574.5 (98) : [025.4.03 : 55]

Геоинформационный подход к анализу экологического состояния морских экосистем Арктики

Geo-informational Approach to the Analysis of Ecological Status of the Arctic Marine Ecosystems

M. A. Novikov

Knipovich Polar Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography

М. А. Новиков

Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н. М. Книповича

Solving of the problem of steady development of areas depends mainly on the effective, right and operative decisions on organization of the rational exploitation and protection of the

Решение задачи устойчивого развития территорий (акваторий) во многом зависит от эффективного, правильного и оперативного принятия решений по организации рацио-

environment. These decisions should be based on the comprehensive analysis and estimation of the initial information and usage of the entire knowledge on the object. Therefore, the perspective step is the usage of geographical informational systems as a way of collection, systematization, storage and processing of information, as well as obtaining of new knowledge on the environment which is a basis for making decisions and control.

Although the natural processes in the marine ecosystems are continuous and interrelated, the ecological and geographical characteristics of the shelf can differ, as well as the importance of areas regarded to the conservation of the reproduction and abundance of commercial populations is different. Bio-production potential of marine ecosystems is determined by the spatial heterogeneity of areas of reproduction of commercial species, their spawning and fattening concentrations, ways of mass migrations, zones of high biomass of food objects etc. It is known that one of the drastic ways to solve complex and various problems arising at searching of a balance between activities of oil and gas and fishing industries on the marine shelf is the classification of ecological and fishing activity (taxation) of the area marking the most important

нального использования и охраны окружающей среды. Эти решения должны базироваться на всестороннем анализе и оценке исходной информации и использования всего багажа знаний об объекте. Перспективным в данном направлении является использование географических информационных систем как средства сбора, систематизации, хранения, обработки информации и получения новых знаний об окружающей среде, служащих основой для принятия решений и осуществления контроля.

При всей непрерывности и взаимосвязи природных процессов в морских экосистемах шельф неоднороден по своим эколого-географическим характеристикам и его разные участки могут различаться по степени их значимости для поддержания воспроизводства и численности промысловых популяций. Биопродукционный потенциал морских экосистем определяется пространственной неоднородностью районов размножения промысловых видов, их нерестовых и нагульных скоплений, путей массовых миграций, зон повышенных биомасс кормовых объектов и др. Известно, что одним из радикальных путей решения сложных и многообразных вопросов, возникающих при поиске баланса интересов нефтегазодобывающей и рыбохозяйственной деятельности на морском шельфе является эколого-рыбохозяйственная классификация (таксация) акваторий с выделением наиболее продуктив-

fisheries areas. It is known that classification is a dividing of a multitude of objects (event, situations or processes) by groups (classes) basing on their similarity. Objects attributed to the same class should be similar between each other and should differ from other classes objects. One can say that classification is a way of determination of the most important peculiarities of the classified objects and summarizing of our notions on them.

The existing schemes of area division are as a rule built on the narrow empiric base and intended for the solving of certain applied tasks. To Bakanov (1990), in order to do ecological area division, i.e. to divide water ecosystems by areas, it is necessary to make deep theoretical investigations of problems of territorial differentiation of main biotic components, as well as objective classification of water biogeocenoses on the base of which the schemes of regional and typological area division can be done and the optimal system of taxons can be built. It is commonly supposed that when classifying geographical objects, it is necessary to determine (to form) an operational taxonomic unit [Куприянова, 1977] or an elementary object of classification [Кожара, Смирнов, 1974]. It can be different in different cases but

ных и особо ценных в рыбохозяйственном отношении районов. Как известно, классификация – это разбиение множества объектов (явлений, ситуаций или процессов) на группы (классы) по признаку их сходства. Объекты, отнесенные к одному и тому же классу, должны быть сходны между собой и отличаться от объектов других классов. Можно сказать, что классификация – это средство выделения наиболее важных особенностей классифицируемых объектов и обобщения наших представлений о них.

Существующие схемы районирования, как правило, построены на узкой эмпирической базе и предназначены для решения определенных прикладных задач. Для проведения экологического районирования, т.е. районирования экосистемы водоема, по мнению А. И. Баканова (1990) необходимы глубокие теоретические проработки вопросов территориальной дифференциации основных компонентов биоты водоема, объективного выделения и классификации водных биogeоценозов, на основании чего могут быть созданы схемы регионального и типологического районирования, построена оптимальная система таксонов. Принято считать, что при выполнении классификаций географических объектов вначале нужно выделить (сформировать) операционную так-

its size should always be the same – two times less in the comparison with the supposed areas.

We have developed and tested a method of the estimating classification of the Barents and White Seas on the principle basis of technologies of geographical information systems (GIS) in the form of a raster model of data organization. Bases of cartographic digital data were formed within the frameworks of preliminary determined geographic position: a trapezium of the grade net with a diagonal $76^{\circ} \text{ N } 20^{\circ} \text{ E}$ – $67^{\circ}50' \text{ N } 57^{\circ} \text{ E}$ for the Barents Sea and $68^{\circ}06' \text{ N } 32^{\circ}30' \text{ E}$ – $63^{\circ}48' \text{ N } 44^{\circ}30' \text{ E}$ for the White Sea. One so called fishery square – a trapezium of a regular grade net with the size of $10' \times 30'$ by latitude and longitude, correspondingly – was accepted for the element of a raster (pixel). Thus, when mapping the Barents Sea, 3 626 squares have been processed in the given area, of which 796 squares covered land. In the process of mapping the White Sea, the elementary unit of classification was a trapezium of a regular grade net with the size of $6' \times 6'$. As a result, 5 324 trapeze were marked, of which 1 794 are data concerning the sea (the area). Thus, the chosen in both cases trapeze of the regular grade net (raster ele-

сономическую единицу [Куприянова, 1977], или элементарный объект классификации [Кожжара, Смирнов, 1974]. В разных случаях она может быть разной, но ее размер должен быть на один – два порядка меньше, по сравнению с предполагаемыми районами.

Нами была разработана и опробована методика отраслевой оценочной классификации акваторий Баренцева и Белого морей, выполненная на принципиальной основе технологий географических информационных систем (ГИС) в форме растровой модели организации данных. Базы картографических цифровых данных формировали в рамках предварительно установленных географических координат: трапеция градусной сетки с диагональю 76° с.ш. 20° в.д. – $67^{\circ}50'$ с.ш. 57° в.д. для Баренцева моря и $68^{\circ}06'$ с.ш. $32^{\circ}30'$ в.д. – $63^{\circ}48'$ с.ш. $44^{\circ}30'$ в.д. для Белого. За элемент раstra (пиксель) в случае картографирования Баренцева моря был принят 1 так называемый промысловый квадрат – трапеция регулярной градусной сетки размером $10' \times 30'$ по широте и долготе соответственно. Итого, на заданной площади при составлении каждой карты Баренцева моря подвергалось обработке 3626 квадратов, из которых 796 приходилось на сушу. При картографировании Белого моря элементарной единицей классификации являлась трапеция регулярной

ments) acted as elementary objects of classification.

It is known that the summarized area of the Barents and White Seas constitutes about 1.5 mill. km², whereas the area of their drainage basins is about 1.4 mill. km². Borders of the Barents Sea extend for a long distance along the conventional lines, but in general they are close to the external borders of the West Arctic Shelf. Therefore, the Barents Sea can be considered as a single whole geographical object which have sufficient internal differences. A portion of the White Sea is about 6 % of the area and 2 % of the summarized volume of both seas and more than half of the total area of the drainage basin, that determines some differences in its hydrological and hydrochemical regimes [*Проблемы и методы.., 2001*].

Sizes of the determined elementary objects of classification were defined coming from the mentioned differences in sizes of the studied seas area, as well as with the consideration of peculiarities of the chosen cartographic bases (basic maps).

It is believed that the most acceptable system for the applied cartography of marine areas is a system of electronic maps aimed at a certain idea

градусной сетки размером 6'×6'. В результате в рамках заданной территории было выделено 5324 трапеций, из которых 1794 – собственно данные по морю (акватория). Таким образом, выбранные в обоих случаях трапеции регулярной координатной сетки (элементы раstra) выступали в качестве элементарных объектов классификации.

Известно, что суммарная площадь Баренцева и Белого морей составляет около 1.5 млн. км², их водосборных бассейнов – около 1.4 млн. км². Границы Баренцева моря на большом протяжении проходят по условным линиям, но в целом они близки к внешним границам шельфа Западной Арктики, поэтому Баренцево море может рассматриваться как единый географический объект, хотя и обладающий значительными внутренними различиями. На долю Белого моря приходится около 6 % площади акватории и 2 % суммарного объема обоих морей, но более половины общей площади водосборного бассейна, что обуславливает ряд отличий его гидрологического и гидрохимического режима [*Проблемы и методы.., 2001*]. Размеры установленных элементарных объектов классификации определялись исходя из указанных различий в размерах акватории изучаемых морей, а также с учетом особенностей выбранных картографических основ (базовых карт).

electronic maps aimed at a certain idea (a series of maps or atlas) in the basis of which is the data base, constantly refilled and corrected. When composing electronic atlases on ecology and fishery in the Barents and White Seas, we came from the idea that the final estimation of areas should include the aggregation of environmental quality indices, variability of biological species in the environment, and human exploitation of natural resources. These indices should, on one hand, characterize the natural functioning of geo-object and, on the other hand, reflect its response to the man-induced influence. Atlases of the Barents and White Seas are done by a single plan and consist of three parts: oceanography, distribution of bioresources and synthetic estimation maps. At the moment, the electronic atlases of the Barents and White Seas include 17 digital maps each (thematic layers) and their "paper" copies done in GIS *Arcview*. Maps of the Barents Sea atlas are drawn in the scale 1:8000000 in Mercator cylindrical projection, whereas the White Sea maps – in the scale 1:3500000 in a conic equigraphic projection.

The main problem at drawing of electronic atlases on ecology and fish-

Наиболее приемлемой для прикладного картирования морских акваторий представляется система электронных карт, подчиненных определенному замыслу (серия карт или атлас), в основе которой лежит непрерывно пополняемая и корректируемая база данных. При составлении электронных эколого-рыбохозяйственных атласов Баренцева и Белого морей мы исходили из того, что итоговая оценка состояния акваторий должна складываться из совокупности показателей качества среды обитания, многообразия биологических видов ее населяющих, использования природных ресурсов человеком. Эти показатели, с одной стороны, должны характеризовать естественное функционирование геообъекта, а с другой, отображать его реакцию на антропогенное воздействие. Атласы Баренцева и Белого моря выполнены по единому плану и состоят из трех частей: океанография, распределение биоресурсов и синтетические оценочные карты. На текущий момент электронные атласы Баренцева моря и Белого морей включают в себя по 17 цифровых карт (тематических слоев) и их "бумажных" копий, выполненных в среде ГИС *Arcview*. Карты атласа Баренцева моря выполнены в масштабе 1:8000000 в цилиндрической проекции Меркатора, а карты Белого моря – в масштабе 1:3500000 в равновеликой конической проекции.

Главная задача при создании электронных эколого-рыбохозяйст-

ery is not only in accumulation of digital cartographic data, but in building on its basis of synthetic maps to estimate vulnerability of the sea area to the diverse man-induced effects. The main methodical approaches to the synthetic cartography are presented in our published papers [Novikov, 2000 a, b]. The electronic character of synthetic estimation maps gives the opportunity to monitor the influence of dynamics of variability of the most important oceanographic and bioresources parameters on the formation of indices of vulnerability of the studied area.

The initial data are stored in the format of *Excel for Windows* as digital maps-matrices of a standard size. In order to obtain a qualitative cartographic material, digital maps-matrices are transformed with the use of the macros "*Koordinata*" created by us into the form perceived by standard cartographic packages *Surfer*, *Mag*, *Arcview* etc., where the users' maps are carried out in accordance with requirements. All maps can be complex ones, since any thematic layers of an electronic atlas can be combined. Examples of the drawn users' maps are presented in Figs. 1 and 2. Beside the complex cartography, the so-called over-lay opera-

венных атласов состоит не столько в накоплении базы оцифрованных картографических данных, сколько в построении на ее основе синтетических оценочных картограмм уязвимости акватории моря к разного рода антропогенным воздействиям. Основные методические подходы к синтетическому картированию нашли отражение в опубликованных нами работах [Новиков, 2000 а, б]. Электронный характер синтетических оценочных карт позволяет отслеживать влияние динамики изменчивости важнейших океанографических и биоресурсных параметров на формирование показателей уязвимости изучаемой акватории.

Исходные данные хранятся в формате приложения *Excel for Windows* в виде цифровых карт-матриц стандартного размера. Для получения качественного картографического материала цифровые карты-таблицы с помощью созданного нами макроса "*Координата*" легко преобразуются в форму, воспринимаемую стандартными картографическими пакетами *Surfer*, *Mag*, *Arcview* и др., где и выполняются пользовательские карты в соответствии с предъявляемыми к ним требованиями. Все создаваемые карты могут носить комплексный характер, т.к. при их исполнении могут быть совмещены любые тематические слои электронного атласа. Примеры созданных пользовательских карт представлены на рис. 1 и 2. Кроме комплексного картографирования

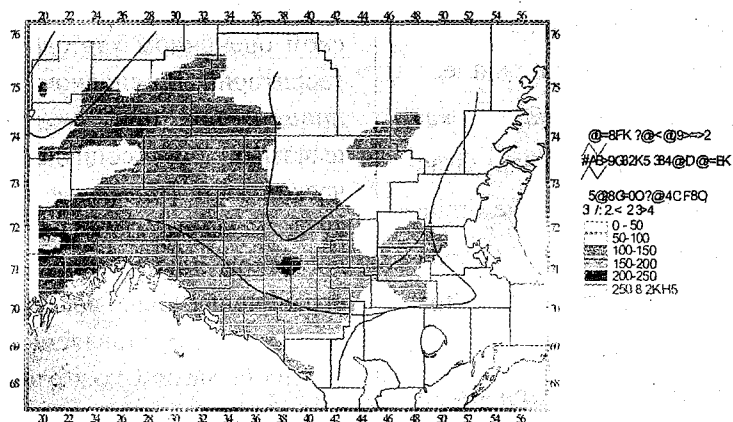


Рис. 1. Карта среднееголетнего распределения величины первичной продуктивности в Баренцевом море.

Fig. 1. Map of long-term mean distribution of a value of primary productivity in the Barents Sea.

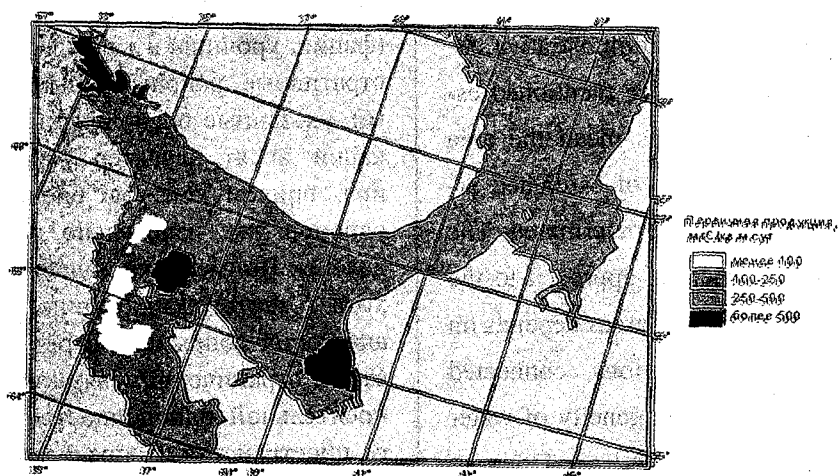


Рис. 2. Карта среднееголетнего распределения величины первичной продуктивности в Белом море в летний период.

Fig. 2. Map of long-term mean distribution of a value of primary productivity in the White Sea in summer.

tions are also used in the applied synthetic estimation cartography of the area. This approach is mainly used to make landscape and social and economical maps [Лопатина, Назаревский, 1972; Исаченко, 1980]. The main disadvantage of such approach is the limitation of a number of possible simultaneously presented characteristics (thematic layers) by the reason of the elementary difficulty of perception of some combined images. The other disadvantage is the necessity to attach the obtained estimated indices to already determined areas, either they are landscape elements (facies, natural boundaries etc.) or administrative areas. In other words, the mentioned estimation classifications mean the area division, and outlines of estimated areas have already been determined. The application of such an approach to the cartography of marine areas depends on some serious limitations connected with the relative homogeneity of water space and a certain independence of processes taking place in a water column from the geomorphology of the bottom and biogeochemistry of bottom sediments [Голиков, Скарлато, 1979].

The developed by us principle of organization and storage of digital

использование так называемых оверлейных операций нашло отражение и в прикладном синтетическом оценочном картографировании территорий. В основном этот подход применяется при создании ландшафтных и социально-экономических карт [Лопатина, Назаревский, 1972; Исаченко, 1980]. Главным недостатком такого подхода является ограничение числа возможных одновременно представляемых характеристик (тематических слоев) по причине элементарной трудности восприятия нескольких совмещенных изображений. Другим недостатком является необходимость привязки получаемых оценочных показателей к уже выделенным участкам территории, будь то элементы ландшафта (фации, урочища и т.п.) или административные районы. Иными словами, указанные оценочные классификации носят характер районирования, причем контуры оцениваемых районов уже изначально predetermined. Применение подобного подхода к картографированию морских акваторий сопряжено с рядом серьезных ограничений, связанных с относительной однородностью водного пространства и определенной независимостью процессов, происходящих в толще воды от геоморфологии дна и биогеохимии донных отложений [Голиков, Скарлато, 1979].

Разработанный нами принцип организации и хранения цифровых карт в среде электронных таблиц *Excel* позволяет осуществлять пред-

maps in the form of electronic tables *Excel* allows to do the preliminary analysis of both synthetic estimation maps and thematic maps through drawing of a planar diagram (cartographic scheme). In the process of development of this principle the final form of synthetic estimation cartographic schemes can be corrected with the use of the expert-analytical approach. The expert approach is realised in two directions: choosing of algorithm for integrating of thematic layers and "weighing" of them. Choosing of algorithms is directed to the searching of an optimal model of the multiple regression describing the interrelation of different ecosystem components at formation of a measure of its vulnerability. Weighing, i. e. determination of coefficients at arguments in the formula of a regression (in the simplest case – linear regression of the first order), can be carried out both on the basis of the subjective expert estimations and with the use of methods of multivariate statistics, for example, analysis of main components. In any case, these or those chosen weight coefficients can be sub of a synthetic digital map on the final cartographic scheme (Fig. 3). Beside cells, presenting weights of themes, the other block of the electronic table is

варительный анализ синтетических оценочных карт, как, впрочем, и тематических, через построение плоскостной диаграммы (картограммы-схемы). При развитии данного принципа конечный вид синтетических оценочных картограмм может быть откорректирован с применением экспертно-аналитического подхода. Экспертный подход реализуется по двум направлениям: подбору алгоритма интегрирования тематических слоев и "взвешиванию" последних. Подбор алгоритмов направлен на выявление оптимальной модели множественной регрессии, описывающей взаимодействие различных компонентов экосистемы при формировании величины её уязвимости. Взвешивание, т.е. определение коэффициентов при аргументах в уравнении регрессии (в простейшем случае – линейной первого порядка), может проводиться как на основе субъективных экспертных оценок, так и с применением методов многомерной статистики, например, анализа главных компонент. В любом случае выбранные те или иные весовые коэффициенты могут быть подставлены в электронную таблицу, и исследователь сразу увидит результаты соответствующих перерасчетов синтетической цифровой карты на итоговой картограмме-схеме (рис. 3). Кроме ячеек, представляющих веса тем, также активизирован другой блок электронной таблицы. В нем в двух рядах ячеек содержится площади и количестве

activated. In its two rows of cells the current information is presented on the area and number of fishing squares occupied by a certain class of areas marked on the map by a certain colour. This information makes also easier the development of expert decisions on the sea division.

промысловых квадратов, занимаемых отдельным классом акваторий (районом), выделенным на карте определенным цветом. Эта информация также облегчает принятие экспертных решений по районированию моря.

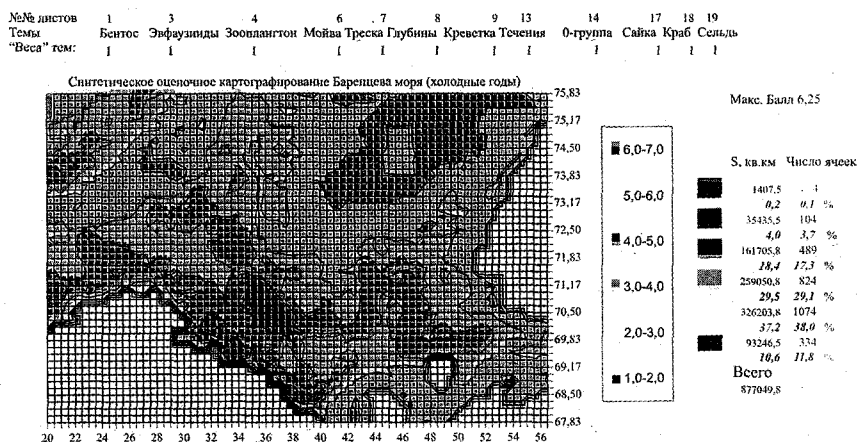


Рис. 3. Фрагмент листа Excel с синтетической картой-схемой оценки уязвимости акваторий, весами тематических слоев и таблицей площадей.

Исходный вид

Fig. 3. Fragment of Excel sheet with a synthetic map-scheme of estimation of areas vulnerability by weights of thematic layers and a table of areas.

Initial view.

The presentation of cartographic data in a raster model opens the unique possibilities for ecological and geographical and statistical analysis of spatial-coordination data on distribution of bioresources and abiotic characteristics

Представление картографических данных в растровой модели открывает уникальные возможности для эколого-географического и статистического анализов пространственно-координированных данных по распределению биоресурсов и абио-

of environment in the area of the Barents and White Seas. This analysis can result in more full and objective understanding of interrelation between components of ecosystems of the northern seas of Russia and natural laws of their functioning. The example of results of statistical processing of digital cartographic data by a method of a factor analysis is presented in the Table and Figs. 4 and 5. We present some results of the factor analysis without deep description of its procedure during which we analysed the structure of interrelations of 11 variables – the distribution within the area of the Barents Sea such parameters as: bathymetry, characteristics of currents, benthos, mezozooplankton, euphausiids, fries of cods and 5 species of commercial bio-objects.

тических характеристик среды на акватории Баренцева и Белого морей. Результатом этого анализа может стать более полное и объективное понимание взаимосвязи между компонентами экосистем северных морей России и закономерностей их функционирования. Пример результатов статистической обработки цифровых картографических данных методом факторного анализа представлен в таблице и на рис. 4 и 5. Не вдаваясь в подробное описание процедуры факторного анализа, где нами была проанализирована структура взаимоотношений 11 переменных – распределение по акватории Баренцева моря таких показателей как: батиметрия, характеристики течений, бентоса, мезозoopланктона, эвфаузиид, мальков тресковых рыб и 5 видов промысловых биообъектов, – мы лишь сообщим о некоторых его результатах.

Таблица 1. Величины коэффициентов корреляции между анализируемыми переменными

Table 1. Values of coefficients of correlation between the analysed variables.

Переменная	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Бентос (1)	1.00									
Эвфаузииды (2)	0.09	1.00								
Мойва (3)	-0.16	-0.07	1.00							
Треска (4)	-0.09	0.20	-0.11	1.00						
Глубины (5)	0.53	0.18	-0.28	-0.15	1.00					
Мальки (6)	-0.23	0.14	-0.15	0.59	-0.44	1.00				
Сельдь (7)	0.16	0.14	-0.36	0.39	0.13	0.40	1.00			
Зоопланктон (8)	0.03	-0.00	0.20	-0.17	0.00	-0.22	-0.08	1.00		
Сайка (9)	0.16	0.02	-0.18	-0.14	0.23	-0.24	-0.02	-0.02	1.00	
Течения (10)	0.06	0.10	-0.10	-0.17	0.12	-0.18	-0.15	-0.05	0.09	1.00

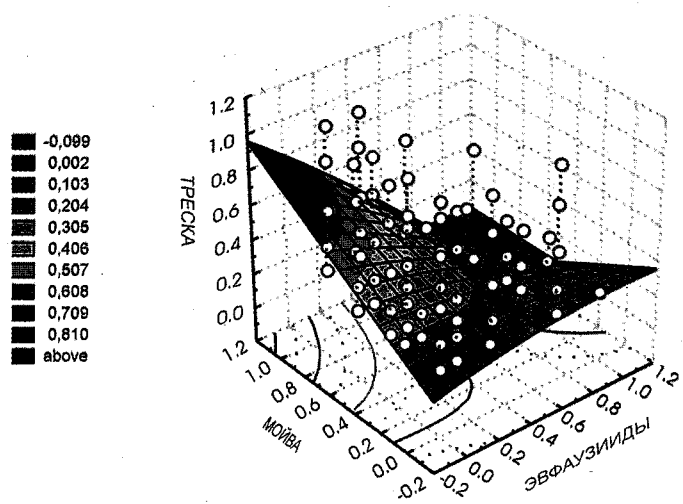


Рис. 4. Поверхностная диаграмма зависимости распределения эвфаузиид, мойвы и трески по акватории Баренцева моря (модель сглаживания – квадратичная).

Fig. 4. A surface diagram of a dependence of distribution of euphausiids, capelin and cod over the area of the Barents Sea (a model of smoothing is the quadratic one).

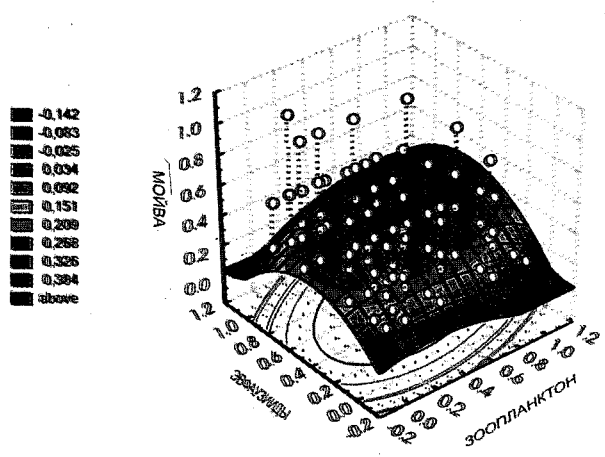


Рис. 5. Поверхностная диаграмма зависимости распределения зоопланктона, эвфаузиид и мойвы по акватории Баренцева моря (модель сглаживания – квадратичная).

Fig. 5. A surface diagram of dependence of distribution of zooplankton, capelin and cod over the area of the Barents Sea (a model of smoothing is the quadratic one).

In the process of a factor analysis the correlation matrix is built, which reflects the value of a linear interrelation between the studied spatial-coordinated variables.

Figs. 4 and 5 demonstrates the surface diagrams of scattering of some variables (the standardized data) within the procedure of the factor analysis. To plot the surface, fitting is used by dots of 3-dimensional graph of scattering. Such presentation of data, as well as 3-dimensional graph of scattering, let us to reveal the deep-seated structure of data and relationships between three variables. 3-dimensional diagram of the surface in Fig. 4 reflects the situation with the distribution of some species of bioresources in the area of the Barents Sea in the end of 1980's – beginning of 1990's. The diagram shows that the distribution of cod in the area of the Barents Sea is interrelated to the distribution of capelin and euphausiids – the main objects of their diet. It is evident that capelin played the main role in feeding of cod in the mentioned period, and as a result the commercial concentrations of cod were attributed to the areas of capelin concentration. The role of euphausiids in those years in feeding of cod was insufficient. In its turn, capelin were present in areas of joint inter-conditional concentrations of euphausiids.

В процессе выполнения процедуры факторного анализа создается корреляционная матрица, отражающая величины линейной взаимосвязи между изучаемыми пространственно-координированными переменными.

На рисунках 4 и 5 показаны поверхностные диаграммы рассеяния отдельных переменных (нормированные данные) в рамках процедуры факторного анализа. Для построения поверхности используется подгонка по точкам трехмерного графика рассеяния. Такое представление данных, как и собственно 3-мерная диаграмма рассеяния, позволяет выявить скрытую структуру данных и взаимосвязи между тремя переменными. Трехмерная диаграмма поверхности, изображенная на рис. 4 отражает ситуацию с распределением некоторых видов биоресурсов по акватории Баренцева моря на конец 80-х – начало 90-х годов прошлого века. Из диаграммы видно как распределение трески по акватории Баренцева моря взаимосвязано с распределением мойвы и эвфаузиид – основных объектов ее рациона. Совершенно очевидно, что главную роль в питании трески в указанный период играла мойва, в результате чего промысловые скопления трески были приурочены к районам концентрации мойвы. Роль эвфаузиид в эти годы в питании трески была незначительной. Со своей стороны, мойва держалась в районах совместных взаимообусловленных скоплений.

sids and zooplankton (mezo-zooplankton), and euphausids played evidently just the leading role (Fig. 5).

The full factor analysis with the use of a model of main components resulted in the following main conclusions at the attempt to analyze the significance of some components of the ecosystem in order to estimate its status in general:

1. Distribution of a biomass of consumers of high orders can serve as a good visiting-card of a status of this or that area, especially of the key species – mass predators standing on the peak of the energetic pyramid (cod, haddock).

2. Very important indices for estimation of a status of the Barents Sea ecosystem are the “landscape”, the most conservative indices – bathymetry and benthos which have minimal own fluctuations, both in time and in space.

Thus, a comprehensive analysis of oceanographic spatial and coordinated data presented in a raster model of GIS gave the results which are outside of simple overlinear operations with maps. Wide possibilities arise for calculation of a synthetic quantitative estimation of a status of the area. This estimation can be derived by actual

ний эвфаузиид и зоопланктона (мезозопланктона), причем ведущую роль при этом, очевидно, играли именно эвфаузииды (рис. 5).

Полный факторный анализ с использованием модели главных компонент позволил сделать следующие основные выводы при попытке анализа значимости отдельных компонентов экосистемы для оценки ее состояния в целом.

1. Распределение биомассы консументов высоких порядков может служить хорошей “визитной карточкой” состояния той или акватории, особенно, если речь идет о ключевых видах – массовых хищниках, находящихся на вершине энергетической пирамиды (треска, пикша).

2. Весьма важными для оценки статуса экосистемы Баренцева моря являются и так сказать “ландшафтные”, наиболее консервативные показатели – батиметрия и бентос, имеющие минимальные собственные колебания, как во времени, так и в пространстве.

Таким образом, всесторонний анализ океанологических пространственно-координированных данных, представленных в растровой модели ГИС, позволил получить результаты, выходящие за пределы простых оверлейных операций с картами. При этом открываются широкие возможности для вычисления синтетической количественной оценки состояния акватории. Эта оценка может быть получена по фактическим сочетаниям природных усло-

unity of natural conditions and resources (preliminary standardized), but not by the given to them conventional numbers. Data presented in a raster model in the form of a matrix of position – latitude/longitude – are suitable for usage in the statistical procedures. Interesting results can be reached by methods of multivariate statistical analysis that will makes easier the understanding and interpretation of a character of interrelation between components of marine ecosystems in the geographical space.

вий и ресурсов (предварительно нормированных), а не по присвоенным им условным баллам. Данные, представленные в растровой модели в виде матрицы координат: широта-долгота, удобны для использования в статистических процедурах. Методами многомерного статистического анализа здесь можно получить интересные результаты, существенно облегчающие понимание и трактовку характера взаимосвязи между компонентами морских экосистем в географическом пространстве.

References

Литература

- Баканов А. И.* Обзор существующих подходов к районированию водохранилищ // Экологическое районирование пресноводных водоемов: / Тр. ИБВВ АН СССР. – Рыбинск, 1990. – Вып. 62 (65). – С. 3–16.
- Голиков А. Н., Скарлато О. А.* Некоторые принципы комплексного ландшафтно-географического районирования шельфа на экологической основе // Биология моря. – 1979. – № 5. – С. 3–16.
- Исаченко А. Г.* Методы прикладных ландшафтных исследований. – Л.: Наука, 1980. – 222 с.
- Куприянова Т. П.* Принципы и методы физико-географического районирования с применением ЭВМ. – М., 1977. – 151 с.
- Кожара В. Л., Смирнов Н. П.* Лимнологическое районирование Верхней Волги в гидрохимическом аспекте // Факторы формирования водных масс и районирование внутренних водоемов. – Тр. ИБВВ АН СССР. – Л.: Наука, 1974. – Вып. 26 (29). – С. 206–225.
- Лопатина Е. Б., Назаревский О. Р.* Оценка природных условий жизни населения. – М.: Наука, 1972. – 148 с.
- Новиков М. А.* Реализация принципа ГИС-технологий при использовании приложения Microsoft Excel for Windows в целях синтетического картирования // ГИС для устойчивого развития территорий: Материалы межд. конф. "Intercarto-6", Апатиты, 21–25 авг. 2000 г. – Апатиты, 2000. – Т. 1. – С. 109–113.
- Новиков М. А.* Метод оценочного эколого-рыбохозяйственного картографирования морских акваторий на основе электронного комплексного атласа Баренцева моря // Материалы отчетной сессии ПИНРО по итогам научно-исследовательских работ в 1998–1999 гг. – Мурманск, 2000. – Ч. 1. – С. 212–224.

Проблемы и методы экологического мониторинга морей и прибрежных зон Западной Арктики / Г.Г.Матишов, В.В.Денисов, С.Л.Дженюк и др. — Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 2001. — 278 с.

УДК 556.555.7 (282.247.18)

**Исследование растворенного органического вещества
внутренних водоемов Кольского полуострова
по спектрам флуоресценции**

**Investigation of Dissolved Organic Compound of the Inland Water
Reserves of the Kola Peninsula by Fluorescence Spectra**

*M. A. Novikov**,
*M. N. Kharlamova***

* Knipovich Polar Research Institute of Marine
Fisheries and Oceanography

** Murmansk State Teachers' Training University

*М. А. Новиков **,
*М. Н. Харламова ***

* Полярный научно-исследовательский
институт морского рыбного хозяйства
и океанографии им. Н. М. Книповича

** Мурманский государственный
педагогический университет

The current information on status of natural waters by seasons, as well as on their chemical composition and hydrocarbon contamination can be obtained with the use of optic methods of investigations, including the luminescent ones.

The usage of spectrofluorimeters to register of fluorescence spectra and excitation is very perspective for studying of the dissolved organic compound (DOC) of natural waters. The first detail research of fluorescence spectra were carried out in relation to the sea water in the 1950's. K. Kalle (1962 and 1966) summarized the results. Kalle attributed the fluorescent substances of

Оперативная информация о состоянии природных вод в различные сезоны года, об их химическом составе, присутствии углеводородного загрязнения может быть получена при использовании оптических, в том числе и люминесцентных, методов исследования.

Весьма перспективным при изучении растворенного органического вещества (РОВ) природных вод является использование спектрофлуориметров для регистрации спектров флуоресценции и возбуждения. Первые детальные исследования спектров флуоресценции были проведены на морских водах в 50-е годы. В работах К. Калле [Kalle, 1962; 1966] обобщены результаты таких исследований. Флуоресцирующие

natural waters to the organic compounds capable to dissolve in the sea water and constituting so called "yellow substance". Being highly stable, these substances are close to humic substances of the land and absorb light in the ultra-violet range of spectrum, that was reflected in their name. In our country such studies were performed by S. V. Lutsarev [Люцарев, 1968; Люцарев, Федосов, 1970]. The first researchers considered the spectrum of the sea water fluorescence as of little information, since it consisted of one wide structureless band with maximum of 463 nm (the excitation by mercury line is of 365 nm). The location of maximum for water samples of different seas fluctuated within the range of ± 3 nm that was within the frameworks of the experiment error [Люцарев, 1968]. The possibility of the shift of the wave excitation length to the more short-wave range was not considered by reason of the strong increase of absorption by the sea water in this range of spectrum induced by salinity.

For the surface waters of the land such an approach with methodical developments was used by some authors only [Синельников, 1970, 1972; Синельников, Хмылев, 1987]. It is accepted that in natural waters the fluorescence registered in the blue/pale blue range is mainly caused

вещества природных вод Калле относил к органическим соединениям, растворимым в морской воде и составляющим в основном так называемое "желтое вещество". Отличаясь высокой стабильностью, эти вещества близки к гуминовым веществам суши и поглощают свет в ультрафиолетовой области спектра, за что и получили свое название. В нашей стране подобные исследования были проведены С. В. Люцаревым [Люцарев, 1968; Люцарев, Федосов, 1970]. Спектр флуоресценции морской воды представлялся первым исследователям малоинформативным, так как состоял из одной широкой бесструктурной полосы с максимумом 463 нм (возбуждение линией ртути 365 нм). Положение максимума для проб воды различных морей колебалось в интервале ± 3 нм, что находилось в пределах ошибки опыта [Люцарев, 1968]. Возможность сдвига длины волны возбуждения в более коротковолновую область не рассматривалась из-за сильного возрастания поглощения морской водой в этой области спектра, обусловленного соленостью.

Для поверхностных вод суши подобный подход с методическими усовершенствованиями применялся только отдельными авторами [Синельников, 1970, 1972; Синельников, Хмылев, 1987]. Принято считать, что в природных водах, регистрируемая в сине-голубой области флуоресценция, может быть обусловлена, главным образом, гумусовыми веществ-

by the humic substances, whereas in the ultra-violet range – by aromatic substances of the anthropogenic origin [Анонасенко и др., 1997; Ерлов, 1980; Карабашев, 1987; Синельников, 1970; Синельников, Хмылев, 1987]. Besides, a small contribution can be made by the in-lifetime excrements of photosynthesizing organisms: peptides, cyclic carbon and nucleic acids. Comparatively small interest in fluorescence of the surface waters is to our opinion caused by two main reasons. The first is as follows: at the chosen length of the excitation wave (which is usually 365 nm) borrowed from marine investigations, the ultra-violet part of the fluorescence with the account of combinational dispersion of water was practically not used in analysis. And the fluorescence of the humic substances in the blue area of the spectrum screens the fluorescence of the other compounds if the first ones have the concentration of 25.0 ± 10 mg/l [Синельников, Хмылев, 1987]. The second reason is just little attention paid to the studying of excitation spectra.

The simplest standardized methodology of quantitative determination of humic substances in the sea waters by the fluorescent method was developed in the 1980's only on the basis of

вами, а в ультрафиолетовой – ароматическими соединениями антропогенного происхождения [Анонасенко и др., 1997; Ерлов, 1980; Карабашев, 1987; Синельников, 1970; Синельников, Хмылев, 1987]. Кроме того, незначительный вклад могут вносить прижизненные выделения фотосинтезирующих организмов: пептиды, циклические карбоновые и нуклеиновые кислоты. Сравнительно малый интерес к флуоресценции поверхностных вод, по нашему мнению, обусловлен двумя основными причинами. Первая, при выбранной длине волны возбуждения, обычно 365 нм, заимствованной из морских исследований, ультрафиолетовая часть флуоресценции с учетом комбинационного рассеяния воды практически выпадала из анализа. При этом свечение гумусовых веществ в синей области спектра практически экранирует флуоресценцию других соединений, если первые содержатся в концентрации 25.0 ± 10 мг/л [Синельников, Хмылев, 1987]. Вторая причина – явно недостаточное внимание уделялось изучению спектров возбуждения.

Простейшая стандартизированная методика количественного определения гуминовых веществ в морских водах флуоресцентным методом была разработана только в 80-х и то на основе зарубежного опыта [Методические основы., 1988; Almgren et al., 1975]. Из нее следует, что предел обнаружения гуминовых

the foreign experience [Методические основы..., 1988; Almgren et al., 1975]. It follows from it that the limit of determination of humic acids constitutes 0.5 mg/l; the method is based on the registration of one peak of fluorescence with maximum 430÷450 nm at the excitation wave length 365 nm.

Materials and Methods

To determine water fluorescence and excitation spectra the spectrofluorimeter FP-550 of the "Jasco" company (Japan) was used. The device is capable to register fluorescence and excitation spectra in the range 220–750 nm both in a separate samples and in the running water. To excite the fluorescence, a xenon gas-discharge lamp (150 W) with the continuous spectrum of emission in the studied range is used in the device. An error of the wave length measuring constituted $\pm 1,5$ nm. Owing to the technical properties of the used spectrofluorimeter, the obtained spectra of fluorescence are corrected ones, i.e. there practically is no the effect on them of the receiver's sensitivity and of the emission spectrum. Spectra were registered in a sample trough 10 mm long and with volume of 3 ml with plane-parallel walls. Length of fluorescence excitation wave constituted 266 nm. We have not revealed in

кислот составляет 0.5 мг/л; основана методика на регистрации одного пика флуоресценции с максимумом 430÷450 нм при длине волны возбуждения 365 нм.

Материал и методика

Для определения спектров флуоресценции и возбуждения воды использовали спектрофлуориметр FP-550 фирмы "Jasco" (Япония). Прибор позволяет регистрировать спектры флуоресценции и возбуждения в области 220–750 нм в отдельных пробах и проточной воде. Для возбуждения флуоресценции в данном приборе используется ксеноновая газоразрядная лампа (150 Вт) с непрерывным спектром излучения в изучаемой нами области. Погрешность измерения длины волны составляла $\pm 1,5$ нм. Благодаря техническим особенностям применяемого спектрофлуориметра, полученные спектры флуоресценции являются исправленными, то есть практически отсутствует влияние на них чувствительности приемника и спектра излучения источника. Спектры регистрировали в кювете длиной 10 мм и объемом 3 мл с плоскопараллельными стенками. Длина волны возбуждения флуоресценции составляла 266 нм. Сведения об использовании подобной длины волны возбуждения при измерениях флуоресценции РОВ в научной литературе нами не обнаружены. Такая длина волны была выбрана с учетом того, чтобы в максимальной степени из-

publications any data on the use of the similar length of the excitation wave. Such a length of the wave was chosen in order to avoid maximally the overlapping of the area of the DOC fluorescence by bands of the scattered emission of Raman and Rayleigh.

Spectra of fluorescence were registered at wave lengths 300–520 nm. A peak of combinational water dispersion (Raman's) was at 292 nm, whereas the emission of the Rayleigh type called "doubled order of dispersion of the diffracted grid" was at 532 nm, correspondingly.

For clarification of the chemical nature of fluorescent compounds, spectra of excitation were analyzed. They reflect in a great measure the spectral characteristics of absorption of fluorescent compounds, but they are more informative ones in view of the higher sensitivity and selectivity. Spectra of excitation were registered at wave lengths of the fluorescence maxima within the range of excitation 220–350 nm.

The natural water was preliminary filtered through the paper filter "the blue band" (diameter is $1 \div 2.5 \mu\text{m}$) in order to remove the organic mineral suspension (seston) if any.

Simultaneously with the spectral characteristics, dichromatic oxidation

бежать перекрытия области флуоресценции РОВ с полосами рассеянного излучения Рамана и Рэлея.

Спектры флуоресценции регистрировали на длинах волн 300–520 нм. При этом пик комбинационного рассеяния воды (Рамана) приходился на 292 нм, а излучение рэлеевского типа, именуемое "двойным порядком рассеяния дифракционной решетки", соответственно – на 532 нм.

Для выяснения химической природы флуоресцирующих соединений были измерены и проанализированы спектры возбуждения. Они в значительной мере отражают спектральные характеристики поглощения флуоресцирующих соединений, но более информативны в виду большей чувствительности и селективности. Спектры возбуждения регистрировали на длинах волн максимумов флуоресценции в диапазоне экситации 220–350 нм.

Природную воду предварительно фильтровали через бумажный фильтр "синяя лента" ($\varnothing 1\text{--}2.5 \mu\text{m}$) для удаления органоминеральной взвеси (сестон), если таковая присутствовала.

Параллельно со спектральными характеристиками в пробах определяли бихроматную окисляемость (БО) и содержание нефтепродуктов. Бихроматную окисляемость измеряли по известной стандартной методике с последующим пересчетом на содержание РОВ с применением коэффициента 0.75, предложенного

(BO) and the content of oil products were determined in samples. The dichromatic oxidation was determined by the known standard method with the subsequent recalculation per the content of DOC with the use of coefficient 0,75 proposed by B. A. Skopintsev (1950). Oil products were determined fluorimetrically by the standard certified method at the analyzer of liquid "Fluorat-02-3M".

In the period of investigations (1998–1999) more than 70 water samples from various freshwater reserves of the Murmansk Region including the Murmansk City were analyzed. Samples were taken for several stations in different seasons of the year. Water samples were taken from the surface horizon (the depth is 0.5–1 m).

Results and Discussion

Analyzing spectra of DOC fluorescence one should come from the fact that they do not depend on the wave length of the exciting light [Левшин, Салецкий, 1994]. However, considering the fact that the observed bands of fluorescence are the result of luminescence of a sum of compounds of the similar origin but different molecular mass, the shift of the emission maxima synchronically with variation of the wave length of the exiting light can be expected. It can happen by the reason of more active (selective) excitation by light of the given wave length of compounds with

Б. А. Скопинцевым (1950).

Нефтепродукты определяли флуориметрически по стандартной сертифицированной методике на анализаторе жидкости "Флюорат-02-3М".

В ходе исследований (1998–1999 гг.) было проанализировано более 70 проб воды из различных пресноводных водоемов Мурманской области, включая г. Мурманск. Забор проб проводили для ряда станций в различные сезоны года. Пробы воды брали с поверхностного горизонта (глубина 0.5–1 м).

Результаты и их обсуждение

При анализе спектров флуоресценции РОВ следовало бы исходить из того, что они не зависят от длины волны возбуждающего света [Левшин, Салецкий, 1994]. Однако, учитывая тот факт, что наблюдаемые полосы флуоресценции являются результатом свечения некоторой суммы соединений сходной природы, но разной молекулярной массы, можно ожидать смещения максимумов излучения синхронно с изменением длины волны возбуждающего света. Это может происходить по причине более активного (избирательного) возбуждения светом заданной длины волны соединений с определенным молекулярным весом. Так, в работе В. Е. Синельникова А. Н. Хмылева (1987) показано, что при изменении длины волны возбуждающего света с 365 нм на 312 нм максимум полосы флуоресценции

a certain molecular weight. In Sinelnikov and Khmylev (1987), it is shown that at the change of wave length of the exciting light from 365 nm to 312 nm, maximum of the fluorescence band of a compound group called the "primary humus", shifted from 470 to 425 nm, correspondingly. Such a shift of the fluorescence maximum is not of course unbounded. On the basis of the author's and published data it was ascertained that at the change of the excitation wave length from 250 to 365 nm, a peak of luminescence of the primary humus fluctuates from 416 to 480 nm.

As it is seen from the chosen data presented in Fig. 1, a band of fluorescence with the emission maximum of 480÷500 nm, which corresponds by published data [Анонасенко и др., 1997; Синельников, Хмылев, 1987] to directly humic acids and fulvic acids, was not practically observed in the final view in the examined waters of the Murmansk Region. To our opinion, there are two reasons of this. The first is that the quantity of the mentioned compounds is evidently not large. The second one is that the luminescence of the given group overlapped by the strong fluorescence of compounds having maximum luminescence in the range 416÷436 nm. We consider the latter circumstance as the most significant one. Indirectly it is possible to judge on the

группы соединений, именуемых "первичным гумусом", сдвигался с 470 на 425 нм соответственно. Аналогичные данные были получены и для морских вод [Карабашев, 1987]. Такой сдвиг максимума флуоресценции, разумеется, не беспределен. На основании собственных и литературных данных установлено, что при изменении длины волны возбуждения от 250 до 365 нм пик свечения первичного гумуса колеблется от 416 до 480 нм.

Как видно из выборочных данных, представленных на рис.1, полоса флуоресценции с максимумом излучения 480–500 нм, соответствующая по данным литературы [Анонасенко и др., 1997; Синельников, Хмылев, 1987] собственно гуминовым кислотам и фульвокислотам, в исследованных водах Мурманской области в оформленном виде практически не наблюдалась. По нашему мнению, по двум причинам. Первая: количество указанных соединений, очевидно, было невелико. Вторая: свечение данной группы перекрывалось сильной флуоресценцией соединений, имеющих максимум свечения в области 416–436 нм. Последнее обстоятельство представляется нам более значимым. Косвенно лярных веществ гуминовой природы

presence of a group of high-molecular substances of the humic origin by points of bend on the spectral curves about 490 nm and by the increase of the value of minimum usually observed in the range of 508÷512 nm. The mentioned bend points were observed on the majority of spectra that let us safely to point to the presence in the examined waters of a small quantity of the corresponding organic acids, mainly, fulvic acids.

можно судить по точкам перегиба на спектральных кривых около 490 нм и возрастанию величины минимума, обычно наблюдаемого в области 508÷512 нм. Упомянутые точки перегиба наблюдались на большинстве спектров, что позволяет с уверенностью указывать на наличие в исследованных водах небольшого количества соответствующих органических кислот, главным образом, фульвокислот

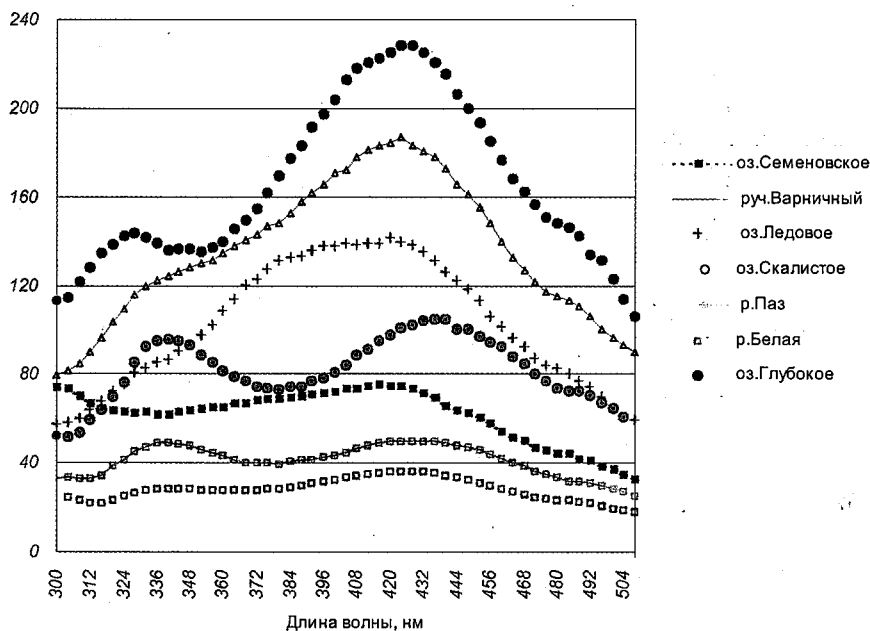


Рис. 1. Спектры флуоресценции некоторых природных вод Мурманской области (относительные единицы)

Fig. 1. Spectra of fluorescence of some natural waters of the Murmansk Region (relative units).

The absence of big quantity of humic acids in the studied waters is explained very simply: peculiarities of the geographical location and climatic

Отсутствие существенных количеств гуминовых кислот в изучаемых водах объясняется довольно просто: особенности географическо-

conditions of the Kola Peninsula stipulate the formation of the natural hydrochemical regime of water objects, mainly, at the expense of atmospheric precipitations. About 74 % of rivers feeding consist of snow melt and summer/autumn rain waters. As a result, the majority of waters of the central and western parts of the Kola Peninsula is characterized by the relative cleanliness, insufficient chromaticity (10–50° by the platinum/cobalt scale), oligotrophness and low temperature [Кудрявцева, 1996]. It is also known that chemical exchange complex of soils of the Russian North is usually small, fulvic acids predominate in it [Справочник по гидрохимии, 1989]. It concerns in a full measure of podzols of the Kola Peninsula.

The appearance in the water reserve of the high-molecular humic compounds depends on the intensity of oxidation processes and microbiological transformation of dead organic remnants (detritus) into humic and fulvic acids (humifications). However, by the reason of peculiar for the Kola Peninsula low water temperature and availability of saprophytes, the humification in water reserves occurs slowly and in a small measure. The additional corroboration is a fact that the overwhelming majority of waters examined by us had a low content of DOC (Та-

го положения и климатических условий Кольского полуострова обуславливают формирование природного гидрохимического режима водных объектов в основном за счет атмосферных осадков. Примерно 75 % в питании рек составляют талые снеговые и летне-осенние дождевые воды. Как следствие, для большинства вод центральной и западной частей Кольского п-ва характерна относительная чистота, незначительная цветность (10–50° по платино-кобальтовой шкале), олиготрофность и низкая температура [Кудрявцева, 1996]. Известно также, что обменный комплекс почв севера России обычно весьма мал и преобладают в нем фульвокислоты [Справочник по гидрохимии, 1989], это в полной мере касается и подзолов Кольского п-ва.

Появление в водоемах высокомолекулярных гуминовых соединений зависит от интенсивности процессов окисления и микробиологической трансформации мертвых органических остатков (детрита) в гуминовые и фульвокислоты (гумификации). Однако, по причине характерных для Кольского полуострова низких величин температуры воды и сапробности гумификация в водоемах происходит медленно и в незначительной степени. Дополнительным подтверждением этого является то, что подавляющее большинство исследованных нами вод обладало низким содержанием РОВ (см. табл. 1). Кроме того, согласно

ble 1). Besides, due to Kharkevich (1985), a distinctive feature of little-humic and oligotrophic water reserves, for example, lakes of Karelia, is a high percentage of organic compounds in the water in a true solution: 46–55 % by the dichromate oxidation (fulvic acids, proteins, amino acids, carbohydrates etc.). A group of humic acids constituted 4÷14 %, and that of fulvic acids in the colloid status – 35÷50 %.

данным [Харкевич, 1985] отличительной чертой малогумусных, олиготрофных водоемов, например озер Карелии, является высокий процент органических веществ, находящихся в воде в истинном растворе: 46÷55 % по бихроматной окисляемости (фульвокислоты, белки, аминокислоты, углеводы и др.). Группа гуминовых кислот составляла 4÷14 %, а фульвокислот в коллоидном состоянии – 35–50 %.

Таблица 1. Физико-химические показатели исследованных проб воды из водоемов Кольского полуострова

(1 макс. – уровень первого максимума флуоресценции, 2 макс. – уровень второго максимума, ОУФ – относительная удельная флуоресценция, АПАВ – анионные поверхностно активные вещества, Н/ПР – нефтепродукты, отн. ед. – относительные единицы, н/д – нет данных, пл. – плотина)

Table 1. Physical and chemical indices of investigated water samples from water reserves of the Kola Peninsula

(1 макс. – a level of the 1st fluorescence maximum; 2 макс. – a level of the 2nd fluorescence maximum; ОУФ – a relative specific fluorescence; АПАВ – anion surface-active substances; Н/ПР – oil hydrocarbons; отн. ед. – relative units; н/д – no data, пл. – a dam)

Место взятия пробы воды	БО, мг/л	РОВ, мгС/л	1 макс., отн.ед.	2 макс., отн.ед.	ОУФ	АПАВ, мг/л	Н/ПР, мг/л
оз.Планерное (лето)	159.0	119.2	63.9	229.0	1.92	н/д	н/д
оз.Планерное (осень)	148.5	111.4	192.8	264.9	2.38	н/д	н/д
оз.Глубокое (лето)	14.0	10.5	136.4	228.5	21.76	0.126	0.075
оз.Глубокое (осень)	10.9	8.2	110.8	259.8	31.80	0.138	0.120
оз.Ледовое (лето)	56.2	42.1	41.4	141.5	3.36	н/д	н/д
оз.Ледовое (осень)	120.4	90.3	47.4	154.0	1.71	н/д	н/д
оз.Семеновское (лето)	16.9	12.7	58.2	75.5	5.94	н/д	н/д
Большое Питьеовое озеро (лето)	9.2	6.9	6.5	62.3	9.00	н/д	н/д
Большое Питьеовое озеро (осень)	17.3	13.0	164.8	95.1	7.33	н/д	н/д
оз.Чайка (лето)	29.2	21.9	7.6	54.5	2.49	н/д	н/д
оз.Чайка (осень)	25.8	19.4	3.4	74.6	3.86	н/д	н/д

оз.Шуониявр (лето)	<6	<4,5	0.0	33.2	—	0.045	0.042
оз.Шуониявр (осень)	<6	<4,5	15.3	50.9	—	н/д	н/д
оз.Алла-Аккаярви (лето)	10.5	7.9	25.0	68.2	8.63	0.011	0.049
оз.Алла-Аккаярви (осень)	9.1	6.8	0.0	80.5	11.79	н/д	0.130
оз.Нялъявр (лето)	н/д	н/д	16.9	0.0	—	н/д	н/д
оз.Килпъявр (лето)	9.0	6.75	2.9	76.1	11.27	н/д	н/д
Малое Пулозеро (осень)	н/д	н/д	0.0	67.8	—	н/д	н/д
оз.Скалистое (осень)	13.9	10.4	88.1	104.6	10.06	н/д	0.040
р.Ура (лето)	33.2	24.9	14.5	51.5	2.07	н/д	н/д
р.Ура, устье (лето)	н/д	н/д	0.0	54.8	—	н/д	н/д
р.Оленица (осень)	н/д	н/д	0.0	122.9	—	н/д	н/д
р.Кола, исток (весна)	14.9	11.2	25.1	102.3	9.15	н/д	0.040
р.Кола, ст.Кица (весна)	н/д	н/д	17.6	101.0	—	н/д	0.050
р.Кола, пос.Кильдинстрой (весна)	9.2	6.9	8.6	93.0	13.44	н/д	0.055
р.Кола, устье (весна)	15.6	11.7	3.3	78.5	6.70	н/д	0.075
р.Кола, р-н Молочного (осень)	30.7	23.0	180.5	107.0	4.65	н/д	0.066
р.Печа, приток Туломы (лето)	18.8	14.1	2.4	70.8	5.02	н/д	0.004
р.Тулома, исток (лето)	11.3	8.5	0.0	71.7	8.48	н/д	0.007
р.Тулома, р-н Нижнетуломской ГЭС (лето)	17.9	13.4	0.0	84.4	6.30	н/д	н/д
р.Тулома, р-н Нижнетуломской ГЭС (осень)	н/д	н/д	0.0	78.6	—	н/д	н/д
р.Белая, выше сброса (весна)	н/д	н/д	21.0	36.5	—	0.006	0.048
р.Белая, ниже сброса (весна)	<6	<4,5	25.2	0.0	—	0.130	0.149
р.Паз, пос.Раякоски, выше сброса	6.9	5.2	64.6	0.0	—	н/д	0.044
р.Паз, пос.Раякоски, ниже сброса	8.9	6.7	51.1	94.6	14.16	н/д	0.039
р.Паз, выше пл.Раякоски (осень)	н/д	н/д	41.5	50.1	—	н/д	0.060
р.Паз, ниже пл.Раякоски (весна)	н/д	н/д	124.9	223.0	—	н/д	н/д
р.Паз, ниже пл.Раякоски (осень)	14.9	11.1	199.0	82.1	7.37	н/д	0.100

р.Паз, выше пл.Кайтакоски (весна)	24.6	18.5	80.9	189.0	10.24	н/д	н/д
р.Паз, выше пл.Кайтакоски (осень)	<6	<4,5	23.5	40.3	—	н/д	0.260
р.Паз, ниже пл.Кайтакоски (весна)	н/д	н/д	94.9	216.0	—	н/д	н/д
р.Паз, ниже пл.Кайтакоски (осень)	9.9	7.4	46.2	42.0	5.65	н/д	0.082
р.Паз, пос. Борисоглебск-1 (весна)	25.6	19.2	75.7	220.0	11.46	н/д	0.039
р.Паз, пос. Борисоглебск-2 (весна)	10.3	7.7	82.2	224.0	29.13	н/д	0.048
р.Паз, пос.Сальмиярви (весна)	8.2	6.2	75.4	211.0	34.31	н/д	0.055
р.Паз, выше пл.Янискоски (осень)	12.9	9.7	15.3	42.0	4.35	н/д	0.094
р.Паз, ниже пл.Янискоски (весна)	27.7	20.8	165.0	221.0	10.65	н/д	н/д
р.Паз, ниже пл.Янискоски (осень)	7.9	5.9	20.3	44.2	7.44	н/д	0.139
р.Печенга, исток (лето)	6.3	4.7	2.0	74.0	15.64	0.005	0.043
р.Печенга, исток (осень)	12.9	9.7	1.8	90.6	9.39	н/д	0.080
р.Печенга (весна)	61.5	46.1	23.6	87.1	1.89	н/д	н/д
руч. Нама-йоки, 34 км (весна)	9.2	6.9	22.8	53.0	7.68	0.068	н/д
Урагубский ручей (весна)	36.9	27.7	11.7	81.1	2.93	н/д	н/д
Урагубский ручей (лето)	45.6	34.2	11.4	69.1	2.02	н/д	н/д
руч. Варничный (лето)	38.5	28.9	63.7	186.7	6.46	н/д	н/д
руч. Варничный (осень)	68.8	51.6	230.5	210.0	4.07	н/д	0.107

As it is seen from spectra of the Fig. 1, the existence of two bands of fluorescence can be determined. The first is a short-wave band with maximum luminescence in the range of 316÷340 nm. Due to published data, only man-induced contaminants of the aromatic origin can have fluorescing property [Синельников, 1970, 1972; Синельников, Хмылев, 1987]. The second wide band of fluorescence covered a blue range of spectrum. Many natural waters were characterized by

Как видно из спектров на рис. 1, на них можно общем виде выделить существование двух полос флуоресценции. Первая — коротковолновая с максимумом свечения в области 316÷340 нм. Согласно данным литературы, флуоресценцией в этой области могут обладать только антропогенные загрязнители ароматической природы [Синельников, 1970, 1972; Синельников, Хмылев, 1987]. Вторая широкая полоса флуоресценции охватывала синюю область спектра. Для многих природных вод было

the existence of one of two main bands of fluorescence: either the first or the second one. More often only the second peak or both simultaneously were observed, and very seldom – only the first one.

A value of fluorescence peaks, as well as the other measured indices of the major part of examined waters are in Table.

At first, let's consider the second band of emission related to the presence in the water of a group of substances of the cyclic origin attributed by some authors (V. E. Sinelnikov, L. A. Sirenko) to the primary humus – “a sum of phenol compounds of algae and superior plants” [Синельникову, Хмылеву, 1987]. This band was characterized by a big width (semi-width is $75 \div 110$ nm) and by maximum in the major part of waters at $416 \div 436$ nm. Apparently, fluctuations of maximum wave length depends directly on the molecular mass of organic compounds predominating in the given fraction composition. The described band of emission had been almost constantly presented in the examined waters. Fluorescence intensity of the second peak was mainly bigger than that of the first one. The presence in this group of fluorescing compounds of fulvic acid type is very probable. At the static analysis of data, a reliable correlation of the second peak value with the index of dichromatic

характерно присутствие одной из двух основных полос флуоресценции: либо первой, либо второй. Чаще наблюдался только второй пик или оба одновременно, и совсем редко – только первый.

Величина пиков флуоресценции, а также другие измеренные показатели для большинства исследованных вод представлены в таблице.

Остановимся сначала на второй полосе излучения, связанной с присутствием в воде группы веществ циклической природы, относимых отдельными авторами (В. Е. Синельников, Л. А. Сиренко) к первичному гумусу – “сумме фенольных соединений из водорослей и высших растений” [цит. по Синельникову, Хмылеву, 1987]. Эта полоса характеризовалась весьма большой шириной (полуширина $75 \div 110$ нм) и максимумом, приходящимся у большинства вод на $416 \div 436$ нм. Колебания длины волны максимума, очевидно, прямо зависят от молекулярной массы преобладающих в составе данной фракции органических соединений. Описываемая полоса излучения присутствовала в изученных водах почти постоянно. Интенсивность флуоресценции второго пика в подавляющем большинстве случаев была больше первого. Весьма вероятно присутствие в этой группе флуоресцирующих соединений типа фульвокислот. При статистическом анализе данных была обнаружена достоверная корреляция величины второго пика с показателем бихроматной окисляемости

oxidation ($r = 0.55$ ($n = 43$)) at the level of significance of 0.002) was revealed.

It should be mentioned that in the corresponding scientific literature there is a stable opinion on the absence of a correlation between the DOC's fluorescence and values of its total content (dichromatic oxidation) [Анонасенко и др., 1997; Ерлов, 1980; Карабашев, 1987]. It is accepted to ground the absence of correlation by the conservatism of a fluorescing component of DOC – the water humus, the content of which in natural waters is considered as relatively stable. Daily, seasonal and other variability of total concentration of the dissolved organic compounds are usually considered as connected with their non-fluorescing mobile component: carbohydrates, lipids, fat acids etc. It can be considered as a right idea if to register high-molecular humic compounds proper but not the substances of the primary humus. Then, the correlation will actually be absent. The correlation we have revealed does not indicate to the noticeable role of fulvic acids in formation of a value of blue fluorescence of the Kola Peninsula natural waters.

Thus, one can state that a group of compounds fluorescing in the blue range of spectrum and called the primary humus is a fairly mobile fraction of substances of autochthonous origin and connected by its genesis

($r = 0.55$ ($n = 43$)) при уровне значимости 0.002).

Следует отметить, что в соответствующей научной литературе сложилось устойчивое мнение об отсутствии корреляции между флуоресценцией РОВ и величинами его общего содержания (бихроматной окисляемостью) [Анонасенко и др., 1997; Ерлов, 1980; Карабашев, 1987]. Отсутствие корреляции принято обосновывать консервативностью флуоресцирующей компоненты РОВ – водного гумуса, содержание которого в природных водах считается относительно постоянным. Суточную, сезонную динамику и другую изменчивость общей концентрации растворенной органики обычно связывают с ее нефлуоресцирующей мобильной компонентой: углеводами, липидами, жирными кислотами и т.д. Это можно считать верным, если регистрировать собственно высокомолекулярные гуминовые соединения, а не вещества первичного гумуса. Тогда корреляция действительно будет отсутствовать. Обнаруженная нами корреляция свидетельствует не пользу заметной роли фульвокислот в формировании величины синей флуоресценции природных вод Кольского полуострова.

Таким образом, можно утверждать, что группа соединений, флуоресцирующих в синей области спектра и именуемых первичным гумусом, – достаточно мобильная фракция веществ автохтонного происхождения, по своему генезису

with water humus proper (fulvo- and humic acids). Due to K. M. Khailov (1971), for example, "non-humic" part of "yellow-coloured substances" of natural waters represents low-molecular predecessors (or, vice versa, fragments) of macro-molecules of humic acids. It is possible as well that low-molecular fraction of humic acids does not present itself the lower melanins [Хайлов, 1971]. E. Duursma (1965) believed in particular that the formation of melanins is possible at the participation of amino acids. The mentioned above does not deny some contribution of fulvic acids into formation of the terminate value of fluorescence of natural waters at the wave length about 416÷432 nm.

Registration of excitation spectra at the length of fluorescence wave of 432 nm has revealed the existence of bands of emission corresponding to maxima of absorption in the range of 246÷252 and 326÷330 nm. The first determination of excitation spectrum in the water samples was done by Lutsarev (1968). He obtained it for the sea water in the shape of a wide structureless band with maximum of about 370 nm.

Interpretation of the origin of blue fluorescence even at the availability of data on the agitation spectra is very difficult. There are indications in the literature to the fact that parameters

как-то связанная с собственно водным гумусом (фульво- и гуминовыми кислотами). По мнению К. М. Хайлова (1971), например, "негуминовая" часть "желтоокрашенных веществ" природных вод представляет собой низкомолекулярные предшественники (или, наоборот, осколки) макромолекул гуминовых кислот. Не исключено также, что низкомолекулярная фракция гуминовых кислот представляет собой низшие меланины [Хайлов, 1971]. Э. Дуурсма [Duursma, 1965] в частности полагал, что образование меланинов возможно при участии аминокислот. Сказанное, ни в коей мере не отрицает некоторый вклад фульвокислот в формирование конечной величины флуоресценции природных вод на длине волны около 416÷432 nm.

Регистрация спектров возбуждения на длине волны флуоресценции порядка 432 nm выявила существование полос излучения, соответствующих максимумам поглощения в областях 246÷252 и 326÷330 nm. Первое определение спектра возбуждения в пробах воды было сделано С. В. Люцаревым (1968), который получил его для морской воды в виде широкой бесструктурной полосы с максимумом около 370 nm.

Интерпретация происхождения синей флуоресценции, даже при наличии данных о спектрах возбуждения, сильно затруднена. В литературе есть указания на то, что параметры флуоресценции свойственные первичному гумусу могут иметь

of fluorescence peculiar for the primary humus can be characteristic for the aromatic compounds with the condensed nuclei (bi- and tri-cyclic rings) [Синельников, Хмылев, 1987; Теренин, 1974]. In some publications based on the analysis of absorption spectra [Карабашев, 1987; Dalloken et al., 1995; Fogg and Boalch, 1958; Yentsch and Reichert, 1962], there are indirect indications to the relation between the given group of compounds and the "yellow substance" of the sea water. Investigations done by authors of this paper on cultures of fresh water and sea water organisms let us to state that the main mass of compounds of the mentioned primary humus appears in water reserves in the result of the in-life secretion by the plankton algae and, in a less measure, by macrophytes [Харламова, 2000; Харламова, Новиков, 2000]. Thus, a term "primary humus" do not characterize exactly the composition of the discussed group of compounds, since it is not humus proper in the direct understanding of this word. However, until we clear up finally the chemical nature and origin of the DOC fraction, we abstain from attempts to introduce a new terminology.

The first of the registered maxima on spectra of fluorescence of natural waters have usually been observed in the range 316÷340 nm, whereas minimum was found in the

ароматические соединения с конденсированными ядрами (би- и трициклические арены) [Синельников, Хмылев, 1987; Теренин, 1974]. На связь данной группы веществ с "желтым веществом" морских вод косвенно указывается в работах ряда исследователей на основе анализа спектров поглощения [Карабашев, 1987; Dalloken et al., 1995; Fogg, Boalch, 1958; Yentsch, Reichert, 1962]. Собственные исследования, проведенные авторами на культурах пресноводных и морских гидробионтов, позволяют утверждать, что основная масса соединений упомянутого первичного гумуса появляется в водоемах за счет прижизненного выделения планктонными водорослями и в меньшей степени макрофитами [Харламова, 2000; Харламова, Новиков, 2000]. Таким образом, термин первичный гумус не совсем точно характеризует состав обсуждаемой группы соединений, т.к. не является собственно гумусом в точном понимании этого слова. Однако до окончательного выяснения химической природы и происхождения фракции РОВ, флуоресцирующей в синей области, мы воздержались от попыток ввести новую терминологию.

Первый из регистрируемых максимумов на спектрах флуоресценции природных вод обычно наблюдался в диапазоне 316÷340 нм, при этом обнаруживался минимум в области 304÷312 нм, отделяющий данную полосу флуоресценции от пика комбинационного рассеяния

range 304÷312 nm. That separates the given band of fluorescence from a peak of combinational spread of water. For some waters, a band of luminescence was not legible, but high values in the beginning of registration (at 300 nm) indicate that the given band of emission is present, and its maximum is shifted to the left where it overlaps a peak of the combinational water disperse. For bidistilled and very clean lake waters a value of fluorescence at the wave length of 300 nm is approximately equal to 16–17 relative units. Consequently, quantities exceeding these values point to the availability of a band of DOC fluorescence, partly overlapped by the Raman band in the case of the shift of luminescence maximum into the range shorter than 312 nm. We should note that basing on a simple comparison between indices of the level of ultraviolet fluorescence and contamination by oil products (Table) the doubt arises in its anthropogenic origin. A short-wave peak of luminescence was often registered in the absolutely pure waters.

At registration of spectral excitation of a fluorescence line with maximum of 328 nm, two wide bands of emission with peaks in the range 232÷236 and 276÷282 nm have been revealed. It is evident that the presence of the mentioned peaks is connected with the availability in a fluorescence

воды. Для ряда вод первая полоса свечения четко не проявлялась, но высокие значения в начале регистрации (при 300 нм) свидетельствуют о том, что данная полоса излучения присутствует, а ее максимум смещен в левую сторону, где накладывается на пик комбинационного рассеяния воды. Для бидистиллированной и очень чистых озерных вод показано, что величина флуоресценции при длине волны 300 нм приблизительно равна 16÷17 отн. ед. Следовательно, величины, превышающие эти значения, указывают на наличие полосы флуоресценции РОВ, частично перекрывающейся с полосой Рамана в случае смещения максимума свечения в область короче 312 нм. Сразу же заметим, что на основании простого сравнения показателей уровня ультрафиолетовой флуоресценции и наличия загрязнения нефтепродуктами (см. табл.) возникают сомнения в ее антропогенном происхождении. Коротковолновый пик свечения зачастую регистрировался в абсолютно чистых водах.

Регистрация спектров возбуждения линии флуоресценции с максимумом порядка 328 нм обнаружила две широкие полосы излучения с пиками в области 232÷236 и 276÷282 нм. Очевидно, что присутствие указанных пиков связано с наличием в составе флуоресцирующей фракции, по меньшей мере, двух химических соединений, поглощающих в данных областях. Именно присутствие нескольких соединений, формирую-

fraction of at least two chemical compounds absorbing in these ranges. Just the presence of some compounds forming one general band of fluorescence can, at the alternating of their predomination, shift maximum of this band to this or that side. On the basis of some reference sources [Артюхов, Путинцева, 1996; Баренбойм и др., 1966; Гордон, Форд, 1976] one can suppose that the emission with peaks at wavelengths 300÷328 nm is sent out by aromatic carbon acids of cinnamic and phenol types (a peak of absorption is about 236 nm with the extinction coefficient $\epsilon = 9400 - 10\ 000$), as well as by amino acids tyrosine and tryptophan. Tyrosine has the following peaks of absorption: 240 nm with $\epsilon = 11\ 050$ and 293.5 with $\epsilon = 2\ 330$. For tryptophan three peaks of absorption in the ultraviolet range are known: 218 nm with $\epsilon = 33\ 500$, 278 nm with $\epsilon = 5\ 550$ and 287.5 nm with $\epsilon = 4\ 550$.

A fact of the presence in natural waters of amino acids tyrosine and tryptophan, both free and combined, does not contradict to the known data. Due to V. S. Zlobin (1976), the content of tyrosine amino acid in DOC from water samples of the Faroe-Shetland Channel constituted 0.28 ± 0.06 mg/l; in the Norwegian Sea waters it fluctuated in different years from 0.05 to 0.13 mg/l. Tryptophan was present in the sea waters (the Norwegian Sea) in the

щих одну общую полосу флуоресценции, может при попеременном их преобладании сдвигать максимум этой полосы в ту или иную сторону. На основании ряда справочных данных [Артюхов, Путинцева, 1996; Баренбойм и др., 1966; Гордон, Форд, 1976] можно предположить, что излучение с пиками на длинах волн 300÷328 нм испускается ароматическими карбоновыми кислотами типа коричневых и феноловых (пик поглощения около 236 нм с коэффициентом экстинкции $\epsilon = 9400 - 10000$), а также аминокислотами тирозином и триптофаном. Тирозин имеет следующие пики поглощения: 240 нм с $\epsilon = 11050$ и $\epsilon = 293.5$ с $\epsilon = 2330$. Для триптофана известны три пика поглощения в ультрафиолетовой области: 218 нм с $\epsilon = 33500$, 278 нм с $\epsilon = 5550$ и 287.5 нм с $\epsilon = 4550$.

Факт присутствия в природных водах аминокислот тирозина и триптофана в свободном и связанном виде не противоречит известным данным. Так, по указаниям В. С. Злобина (1976), содержание аминокислоты тирозина в РОВ из проб воды Фареро-Шетландского канала составляло 0.28 ± 0.06 мг/л; в водах Норвежского моря оно колебалось в разные годы от 0.05 до 0.13 мг/л. Триптофан присутствовал в морских водах (Норвежском море) в меньшем количестве: 0.04 ± 0.07 мг/л [Злобин, 1976]. По данным М. Ф. Перлюк (1977) содержание свободных и связанных аминокислот в РОВ отдель-

smaller quantity, namely: 0,04-0,07 mg/l [Злобин, 1976]. Due to M. F. Perlyuk (1977), the content of free and combined amino acids in DOC of some areas of the Atlantic Ocean reaches 3,86 mgC/l in the photic layer with the mean about 2 mgC/l in the period of mass development of plankton. The content of tyrosine amino acid in the sum of amino acids is fairly stable and constitutes about 3.2 % [Злобин, 1976; Перлюк, 1977]. I. e. the content of tyrosine in the Atlantic waters can reach 0.12 mgC/l (with the mean of 0,06 mgC/l). Since the presence of tryptophan in the content of amino acids of DOC is as a rule very small (to 2 % by Zlobin (1976)), it influences evidently the formation of characteristics of fluorescence just as an additional factor. In the coastal areas of the Barents and White Seas, the content of amino acids in DOC was even higher and reached 5.3 mgC/l, that is fairly grounded [Перлюк, 1977]. It is known that the presence of amino acids in the oceanic waters is usually lower than in the fresh waters. Concentration of cinnamic acids in natural waters are very small and they, probably, does not influence on the luminescence indices.

The additional evidence of the amino acidic origin of ultraviolet fluorescence of natural waters was obtained by authors by comparison between spectra registered under artificial mineral media, where plankton algae were cultivated, and spectra of investigated

ных районов Атлантики достигает в фотическом слое 3.86 мгC/л, со средним около 2 мгC/л в период массового развития планктона. Содержание аминокислоты тирозина в сумме аминокислот довольно постоянно и составляет около 3.2 % [Злобин, 1976; Перлюк, 1977]. То есть содержание тирозина в водах Атлантики может достигать 0.12 мгC/л (со средним 0.06 мгC/л). Поскольку присутствие триптофана в составе аминокислот РОВ, как правило, очень невелико (до 2 % по [Злобину, 1976]), то на формирование характеристик флуоресценции он, очевидно, оказывает лишь дополняющее влияние. В прибрежных районах Баренцева и Белого морей содержание аминокислот в РОВ было еще выше и достигало 5.3 мгC/л, что вполне закономерно [Перлюк, 1977]. Известно, что присутствие аминокислот в океанских водах обычно значительно меньше, чем в пресных. Концентрации коричневых кислот в природных водах очень малы и они, по всей вероятности, не оказывают влияния на показатели свечения.

Дополнительное подтверждение аминокислотного происхождения ультрафиолетовой флуоресценции природных вод получено авторами из сравнения спектров, регистрируемых в искусственных минеральных средах, где культивировали планктонные водоросли, и спектров исследованных природных вод [Харламова, 2000; Харламова, Новиков, 2000]. Структурные характеристики

natural waters [Харламова, 2000; Харламова, Новиков, 2000]. The structural characteristics of compared spectra coincided absolutely, and it concerned the spectra of excitation as well. Yet K. M. Khailov and Z. P. Burlakova in 1970 have shown that exometabolites of one-celled algae consist in a great measure of proteins and peptides for identification of which they used in particular the indices of light absorption at wave lengths 230 and 280 nm [Бурлакова, 1970; Хайлов, 1977]. Due to some authors [Daglay and Johnson, 1956], amino acids are accumulated in the cultural fluid, since their synthesis exceeds over the usage of them by cells. However, to our opinion identical to the idea of V. S. Zlobin (1976), the intensive exchange of amino acids between a medium and a cell presumes more likely the presence of mechanisms of the selected excretion and absorption of these substances to support the active balance of free and combined amino acids under the change of environmental conditions.

Our investigations of spectral characteristics of pure solutions of tyrosine and tryptophan amino acids in different concentrations and of their mixture for modeling of a situation have proved the suppositions mentioned above (Fig. 2). It was ascertained that a threshold of minimum re-

сравниваемых спектров полностью совпадали, причем это касалось и спектров возбуждения тоже. Еще К. М. Хайловым и З. П. Бурлаковой в 1970 г. показано, что экзометаболиты одноклеточных водорослей в значительной мере состоят из белков и пептидов, для идентификации которых они использовали, в частности, показатели поглощения света на длинах волн 230 и 280 нм [Бурлакова, 1970; Хайлов, 1977]. По мнению некоторых авторов [Daglay, Johnson, 1956] аминокислоты накапливаются в культуральной жидкости из-за превышения их синтеза над использованием клетками. Однако, по нашему мнению, совпадающему также с мнением В. С. Злобина (1976), интенсивный обмен аминокислот между средой и клеткой предполагает скорее наличие механизмов избирательного выделения и поглощения этих веществ для поддержания активного баланса свободных и связанных аминокислот при изменении факторов среды обитания.

Изучение нами спектральных характеристик чистых растворов аминокислот тирозина и триптофана при различных концентрациях и их смеси для моделирования ситуации также подтвердило выдвинутые выше предположения (рис. 2). Установлено, что порог минимальных надежно обнаруживаемых в водных растворах флуоресцентным методом количеств тирозина и триптофана на

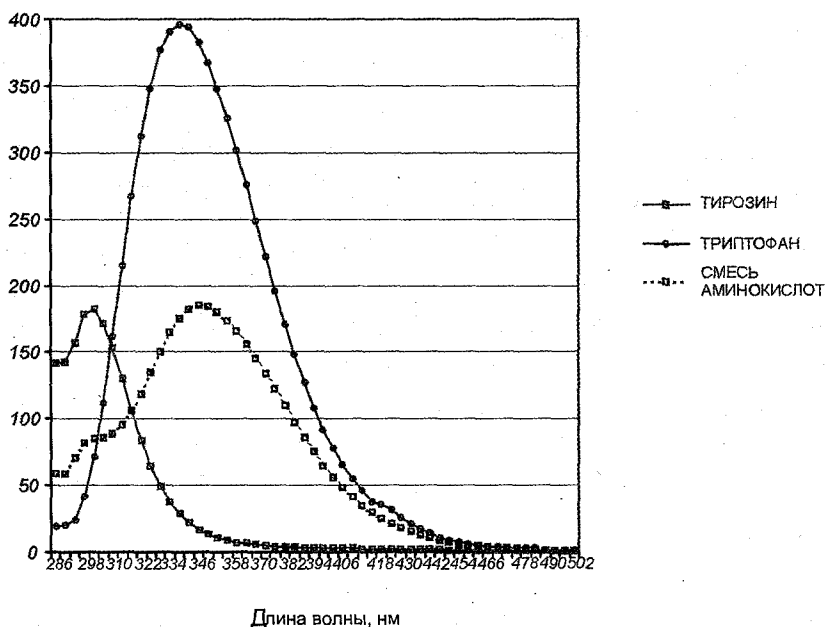


Рис. 2. Флуоресценция чистых водных растворов тирозина (1 мг/л), триптофана (1 мг/л) и их смеси (0.5+0.5 мг/л) на параметрах регистрации спектров излучения природных вод, отн. ед.

Fig. 2. Fluorescence of pure water solution of tyrosine (1 mg/l), tryptophan (1 mg/l) and their mixture (0.5±0.5 mg/l) on the parameters of registration of emission spectra of natural waters, relative units.

liable quantities of tyrosine and tryptophane detected in the water solutions by a fluorescence method on the parameters of spectra registrations constitutes 0.06 and 0.03 mg/l, correspondingly. Besides, extraction of DOC by chloroform and tetrachloride carbon was carried out. After extraction, even in pure waters which do not contain oil products the diminishing of intensity of the first luminescence peak by 12–44 % was observed. The second peak remained without any change or its intensity increased noticeably that can indicate to quenching of luminescence of

параметрах регистрации спектров составляет порядка 0.06 и 0.03 мг/л соответственно. Кроме того, проводили экстракцию РОВ хлороформом и четыреххлористым углеродом. После экстракции, даже в чистых водах, не содержащих нефтепродукты, наблюдали уменьшение интенсивности первого пика свечения на 12–44 %. Второй пик оставался без изменений или его интенсивность заметно возрастала, что может свидетельствовать в пользу тушения веществами первой группы соединений люминесценции второй группы (пик 416–436). Известно, что высокомо-

the second group of compounds (peak 416÷436) by substances of the first group. It is known that high molecular humic substances are not extracted by chloroform and similar non-polar solvents. On the other hand, there are indications that aromatic amino acids and peptone decrease the fluorescence of fulvic acids, although they themselves emit fluorescence as well [Синельников, 1970]. However, compounds which are extracted by chloroform and which stipulate the appearance of the first peak in the water spectrum are the substances not of the humic origin, but more likely of low-molecular protein origin. The sources of their origin in the water reserves can be very diverse: the in-life secretions of plankton algae and macrophytes, the secondary inflow from detritus and bottom sediments. At the same time, the extract of bottom sediments from the Palkin Bay had a high maximum of fluorescence in the range of 340 nm and equal to 90.1 relative units. Compounds of protein origin of the peptide and free amino acids type can both include themselves into the process of humification and fossilization and to be assimilated directly by marine organisms, for example, by algae, protozoa and microorganisms.

The location of water reserves with the manifested first peak of fluorescence, as well as maxima values of dichromatic oxidation, indicates to their closeness to the populated areas (Table

лекулярные гуминовые вещества не экстрагируются хлороформом и подобными неполярными растворителями. С другой стороны, есть указания на то, что ароматические аминокислоты и пептон снижают флуоресценцию фульвокислот, хотя сами по себе тоже флуоресцируют [Синельников, 1970]. Очевидно, извлекаемые хлороформом соединения, обуславливающие появление первого пика в спектре воды, являются веществами не гуминовой, а скорее низкомолекулярной белковой природы. Источники их происхождения в водоемах могут быть самыми разнообразными: прижизненные выделения планктонных водорослей и макрофитов, вторичное поступление из детрита и донных отложений. Кстати, вытяжка донных отложений из губы Палкина имела высокий максимум флуоресценции в области 340 нм, равный 90.1 отн. ед. Соединения белковой природы типа пептидов и свободных аминокислот могут, как включаться в процессы гумификации и фоссилизации, так и непосредственно усваиваться гидробионтами, например, водорослями, простейшими и микроорганизмами.

Месторасположение водоемов, имеющих выраженный первый пик флуоресценции, а также максимальные величины бихроматной окисляемости показывает на их приуроченность к населенным пунктам (см. табл. и рис. 3). Это прежде всего г. Мурманск и его окрестности, пос. Молочный и каскад ГЭС р. Паз. Ве-

and Fig. 3). They are the Murmansk city and its surroundings, Molochny settlement and a cascade of hydroelectric generating stations on the Paz River. Probably, the anthropogenic sewage influences in this or that measure on the eutrophication of water reserves by means of the organic household contamination. Eutrophication is followed by the increased production of phytoplankton. The comparison of the content of oil products and a value of the first maximum of the fluorescence spectrum indicates to the impossibility of the direct registration of oil products in the water by spectrofluorimeter FP-550, at least, in concentrations lower than 0.13 mg/l (data on the Alla-Akkajarvi Lake).

роятно, влияние антропогенных сточных вод вызывает ту или иную степень эвтрофикации водоемов за счет присутствия органического хозяйственно-бытового загрязнения. Эвтрофикация сопровождается повышенной продукцией фитопланктона. Сравнение содержания нефтепродуктов и величины первого максимума спектра флуоресценции свидетельствует о невозможности непосредственной регистрации присутствия нефтепродуктов в воде спектрофлуориметром FP-550, по крайней мере в концентрациях ниже 0.13 мг/л (см. данные по оз. Алла-Аккаярви).

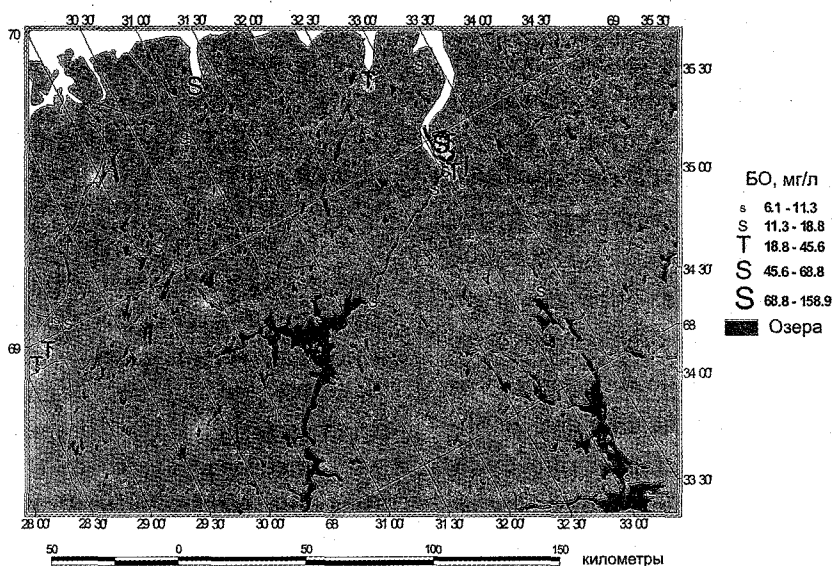


Рис. 3. Распределение величин бихроматной окисляемости в исследованных водоемах на территории Кольского полуострова (по формально выделенным классам), мг/л

Fig. 3. Distribution of values of dichromate oxidation in the studied water reserves on the territory of the Kola Peninsula (by the formally determined classes). mg/l.

Comparing data obtained during different seasons, a sufficient seasonal dynamics of the fluorescence spectra was noticed (Table and Fig. 4). The analysis of the seasonal dynamics has revealed the direct dependence between the second peak value (416÷432 nm) and hydrological regime of water reserves. Maximum value has always been the least in summer, larger one – in autumn and the largest one – in spring. Nevertheless, it would be hurriedly to state that a value of a band of blue fluorescence depends directly on the surface sewage. The increase of blue fluorescence intensity in spring and in autumn can be connected with peaks of biomass dynamics at the development of the local phytoplankton mainly presented by diatomaceous and green algae [Шаров, 2000]. In this period (April-May and September) the active hydrodynamics of waters and the overland runoff are relatively small. Many lakes and rivers are under the ice till the end of May – beginning of June. Summer/autumn rise of water caused by rains is as a rule not big. The overland runoff is minimal in March and July (Anon., 1999). Thus, the increase of indices of fluorescence with a peak in the range of 416÷432 nm in spring and autumn should probably be connected not directly with the overland runoff but with the biological seasonal events in water reserves – fluctuations

При сопоставлении данных, полученных в разные сезоны года, отмечена существенная сезонная динамика спектров флуоресценции (см. табл. и рис. 4). Анализ сезонной динамики выявил прямую зависимость величины второго пика (416–432 нм) от гидрологического режима водоемов. Величина максимума всегда была наименьшей летом, большей – осенью и самой большой – весной. Тем не менее, в данном случае было бы поспешным утверждать, что величина полосы синей флуоресценции напрямую зависит от поверхностного стока. Увеличение интенсивности синей флуоресценции весной и осенью может быть связано с пиками динамики биомассы при развитии местного фитопланктона, представленного в основном диатомовыми и зелеными водорослями [Шаров, 2000]. В этот период (апрель-май и сентябрь) активная гидродинамика вод и поверхностный сток сравнительно невысоки. Многие озера и реки находятся подо льдом до конца мая – начала июня. Летне-осенние подъемы вод, вызванные дождями, как правило, невелики. Поверхностный сток минимален в марте и июле [Тенденция эколого-гидрологических..., 1999]. Таким образом, возрастание показателей флуоресценции с пиком в области 416–432 нм весной и осенью следует, очевидно, связывать не напрямую с поверхностным стоком, а с биологическими сезонными явлениями в водоемах – флуктуациями численности

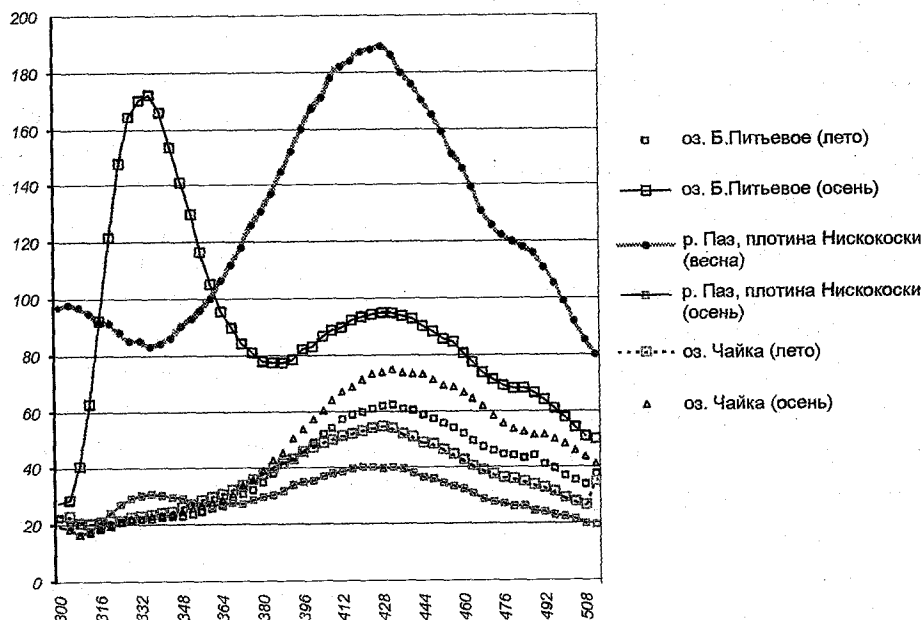


Рис. 4. Примеры сезонной динамики спектров флуоресценции природных вод (относительные единицы).

Fig. 4. Examples of the seasonal dynamics of spectra of natural waters fluorescence (relative units).

of phytoplankton abundance. These fluctuations are without doubt connected with the water excitation following the seasonal fluctuations of water level. Besides, the predominantly autochthonous origin of blue fluorescence of natural waters of the Murmansk Region is proved by the absence of difference between the level of water luminescence from water reserves of various characters and a measure of flowage of rivers, brooks, exorheic lakes etc. However, it is early to deny

фитопланктона. Эти флуктуации безусловно связаны с перемешиванием вод, сопровождающем сезонные колебания уровня воды. Кроме того, на преимущественно автохтонное происхождение синей флуоресценции природных вод Мурманской области указывает отсутствие отличий между уровнем свечения воды из водоемов различного характера и степени проточности: рек, ручьев, сточных озер, бессточных озер и т.п. Однако, полностью отрицать вклад аллохтонной, или почвенной компоненты в происхождение данного пика представляется преждевремен-

fully the contribution of allochthonic or soil component into the origin of the given peak. Investigations of this problem will be continued.

Ultraviolet band of fluorescence was not directly connected with the hydrological regime and a season; consequently, just the absence of regularity in its manifestation justifies into the favour of its autochthonous origin caused mainly by the local reasons.

Conclusions

Fluorescing component of the dissolved organic substance of the Kola Peninsula natural waters included mainly colorless compounds of comparatively low molecular mass.

Spectra of fluorescence included two main bands of emission: the first one is with maximum in the range of 300÷340 nm, and the second one – 416÷436 nm. And two peaks could be observed either simultaneously, or any of them separately. No connection of emission with the contamination by oil products was revealed.

By origin, both bands of fluorescence are evidently interrelated. Their spectral characteristics (spectra of emission and excitation) can be stipulated by the presence of two types of compounds: free and combined cyclic amino acids, tyrosine predominantly, as well as by a group of autochthonous phenol compounds, called conditionally the primary humus. Nevertheless,

Исследования в этом направлении будут продолжены.

Ультрафиолетовая полоса флуоресценции прямой связи с гидрологическим режимом и временем года не имела, следовательно, именно отсутствие регулярности в ее проявлении, убедительно свидетельствует в пользу ее автохтонного происхождения, имеющего в основном локальные причины.

Выводы

Флуоресцирующая компонента растворенного органического вещества природных вод Кольского полуострова включала в себя в основном бесцветные соединения сравнительно невысокой молекулярной массы.

Спектры флуоресценции включали в себя две основных полосы излучения: первая с максимумом в пределах 300÷340 нм, вторая – 416÷436 нм. Причем, могли наблюдаться как два пика одновременно, так и любой из них по отдельности. Связь спектров излучения с загрязнением нефтепродуктами не установлена.

По происхождению обе полосы флуоресценции очевидно взаимосвязаны. Их спектральные характеристики (спектры эмиссии и возбуждения) могут быть обусловлены присутствием двух типов соединений: свободных и связанных циклических аминокислот, преимущественно тирозина, а также группой автохтонных фенольных соединений,

allochthonic origin of a part of DOC fluorescence stipulated by the terrigenous flowage is not excluded.

The connection of the amplitude characteristics of the fluorescence spectra with indices of dichromate oxidation (including waters of bays) indicates their closeness to the populated areas and can be stipulated by the anthropogenic eutrophication of waters followed by the increase of exometabolites production by phytoplankton.

условно именуемой первичным гумусом. Тем не менее, аллохтонное происхождение части флуоресценции РОВ, обусловленное терригенным стоком, не исключается.

Связь амплитудных характеристик спектров флуоресценции с показателями бихроматной окисляемости (включая воды заливов) показывает их приуроченность к урбанизированным территориям и может обуславливаться антропогенным эвтрофированием вод, сопровождающимся увеличением продукции экзометаболитов фитопланктоном.

References

Литература

- Апонасенко А. Д. и др. Оценка экологической ситуации и качества воды дальневосточного озера Ханка оптическими методами / Апонасенко А. Д., Лопатин В. Н., Щур Л. А., Филимонов В. С. // Гидробиол. журн. – 1997. – Т.33, № 5. – 54 с..
- Артюхов В. Г., Путинцева О. В. Оптические методы анализа интактных и модифицированных биологических систем. – Воронеж: Изд. ВГУ, 1996. – 240 с.
- Баренбойм Г. М., Доманский А. Н., Туроверов К. К. Люминесценция биополимеров и клеток. – М., Л.: Наука, 1966. – 233 с.
- Бурлакова З. П. Одноклеточные и многоклеточные водоросли – продуценты растворенного органического вещества в море // Химические ресурсы морей и океанов. – М.: Наука, 1970. – С. 155–162.
- Гордон А., Форд Р. Спутник химика. – М.: Мир, 1976. – 541 с.
- Ерлов Н. Г. Оптика моря. – Л.: Гидрометеиздат, 1980. – 248 с.
- Злобин В. С. Первичная продукция и культивирование морского фитопланктона. – М.: Пищевая промышленность, 1976. – 247 с.
- Карабашев Г. С. Флуоресценция в океане. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 200 с.
- Кудрявцева Л. П. Влияние антропогенных нагрузок на изменение гидрохимических показателей поверхностных вод Кольского Севера: Автореф. дис. канд. геогр. наук. – СПб: Ин-т Озероведения РАН, 1996. – 24 с.
- Левшин Л. В., Салецкий А. М. Оптические методы исследования молекулярных систем. – М.: Изд. Моск. ун-та, 1994. – 320 с.
- Люцарев С. В. Методика исследования свойств флуоресцирующих соединений морской воды // Методы рыбохозяйственных и химико-океанографических исследований. – М.: Изд. ВНИРО, 1968. – Ч. 2. – С. 69–92.

- Люцарев С. В., Федосов М. В. Исследование флуоресценции растворенного органического вещества морской воды // Химические ресурсы морей и океанов. – М.: Наука, 1970. – С. 187–192.
- Методические основы комплексного экологического мониторинга океана. – М.: Гидрометеиздат, 1988. – 287 с.
- Перлюк М. Ф. Исследование аминокислотной и минеральной составляющей органического вещества открытых частей океана и прибрежной зоны: Автореф. дис. ... к.б.н. – Севастополь: Ин-т биологии южных морей АН УССР, 1977. – 25 с.
- Синельников В. Е. Применение люминесцентного метода при изучении органического вещества чистых и загрязненных речных вод // Химические ресурсы морей и океанов. – М.: Наука, 1970. – С. 193–201.
- Синельников В. Е. Флуоресценция воды открытых водоемов в ультрафиолетовой области спектра // Биол. внутр. вод: Информ. бюлл. – 1972. – № 16. – С. 65–68.
- Синельников В. Е., Хмылев А. Н. Определение содержания органических веществ в природных водах с помощью спектров флуоресценции в видимой и ультрафиолетовой области // Гидрохим. материалы. – 1987. – Т. 98. – С. 125–140.
- Скопинцев Б. А. Органическое вещество в природных водах (водный гумус) // Тр. ГО-ИН. – 1950. – Вып. 17 (29). – 290 с.
- Справочник по гидрохимии / Под ред. А. М. Никанорова. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 391 с.
- Тенденция эколого-гидрологических изменений водоемов Мурманска (Справочное пособие) / Под ред. А. В. Семенова. – Мурманск, 1999. – 28 с.
- Теренин А. Н. Избранные труды. Т. 2. Элементарные фотопроцессы в сложных органических молекулах. – Л.: Наука, 1974. – 474 с.
- Хайлов К. М. Методы молекулярной фильтрации и ионного обмена в исследовании органического вещества морской воды // Химические ресурсы морей и океанов. – М.: Наука, 1970. – С. 180–186.
- Хайлов К. М. Экологический метаболизм в море. – Киев: Наукова думка, 1971. – 252 с.
- Харкевич Н. С. Состав гумусовых веществ поверхностных вод Карелии // Органическое вещество и биогенные элементы в водах Карелии. – Петрозаводск: Изд. КФ АН СССР, 1985. – С. 5–19.
- Харламова М. Н. Роль водных растений в формировании динамики растворенных органических веществ по флуоресцентным характеристикам: Автореф. дис. канд. биол. наук. – М.: Изд. МГУ, 2000. – 24 с.
- Харламова М. Н., Новиков М. А. Спектральный анализ происхождения флуоресцирующей части растворенного органического вещества природных вод // Поморье в Баренц-регионе на рубеже веков: экология, экономика, культура: Материалы межд. конф. – Архангельск, 2000. – С. 245–246.
- Шаров А. Н. Структура фитопланктона водоемов Крайнего Севера в условиях техногенного загрязнения: Автореф. дис. канд. биол. наук. – СПб., 2000. – 23 с.
- Almgren T., Josefsson B., Nygyst G. Fluorimetric determination of lignosulfonate and humic acids in spend sulphide liguore // Anal. Chim. Acta. – 1975. – V. 78. – 411 p.

- Daglay S., Johnson A.* Appearance of amino acids and peptides in culture filtrates of microorganisms in mineral salt media // *Biochim. et biophys. acta.* – 1956. – V. 21, No 2. – P. 270–277.
- Dallogen R., Sandvik R., Sakshaug E.* Seasonal variations in the vertical light attenuation coefficient in the Greenland Sea: effect of phytoplankton light absorption // *Ecology of Fjords and Coastal Waters: Proc. Mare Nor Symp.* – Amsterdam: Elsevier, 1995. – P. 33–43.
- Duursma E. K.* The dissolved organic constituents of sea water // *Chemical oceanography* / Editors J.P.Riley and G.Skirrow. – London: Academic Press, 1965. – V. 1. – P. 433–475.
- Fogg G. E., Boalch G. T.* Extracellular products in pure cultures of a brown alga // *Nature.* – 1958. – V. 181. – P. 789–790.
- Kalle K.* Über die gelösten organischen Komponenten in Meer-Wasser // *Kieler Meeresforsch.* – 1962. – V. 18, No 3. – P. 128–131.
- Kalle K.* The problem of the Gelbstoff in the sea // *Ocenogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* – 1966. – No 4. – P. 91–104.
- Yentsch C. S., Reichert C. A.* The interrelationship between water-soluble yellow substances and chloroplastic pigments in marine algae // *Botan. Marina.* – 1962. – V. 3. – P. 65–74.

УДК 628.394 (268.45)

Мониторинг химического загрязнения водных масс Баренцева моря

Monitoring of Chemical Pollution in the Barents Sea Water Mass

N. F. Plotitsyna

Knipovich Polar Research Institute
of Marine Fisheries and Oceanography
(PINRO)

Н. Ф. Плотичина

Полярный НИИ морского рыбного хозяйства
и океанографии им. Н. М. Книповича
(ПИНРО)

In accordance with the national programme, PINRO monitors the contamination of commercial species of the Barents Sea and their habitat. In 2001, levels of content of main groups of contaminants in the sea water were observed in zones where Atlantic waters enter the Barents Sea, as well as along migration ways of main commercial fish species and on the fishing

В соответствии с национальной программой ПИНРО осуществляет мониторинг загрязнения промысловых организмов Баренцева моря и среды их обитания. В 2001 г. наблюдения за уровнями содержания основных групп загрязняющих веществ в морской воде проводились в зонах поступления атлантических вод в Баренцево море, на путях ми-

grounds.

1. Aliphatic and polycyclic aromatic hydrocarbons

Concentrations of aliphatic hydrocarbons (*n*-paraffins C_{11} – C_{31}) in the surface and bottom layers of investigated areas of the Barents Sea varied from 3 to 34 mkg/l and did not exceed the Russian Standard of 50 mkg/l [*Перечень рыбохозяйственных нормативов ...*, 1999]. Concentrations of *n*-paraffins in the Atlantic waters penetrating into the Barents Sea varied from 3 to 10 mkg/l, those in the south-western part of the sea varied from 5 to 9 mkg/l and those in the south-eastern part were from 10 to 18 mkg/l (Fig. 1). Distribution of concentrations of aliphatic hydrocarbons in the water column was not subjected to any law because of their low levels. Aliphatic hydrocarbons of oil origin dominated in the coastal waters of the Barents Sea and of the biogenic origin – in the open Barents Sea.

In summer 2001, the summarized concentrations of polycyclic aromatic hydrocarbons (ПАУ) varied as follows: from 26.3 to 48.5 ng/l in the Atlantic waters penetrating into the Barents Sea, from 0 to 29.4 ng/l in the western sea, and from 23.5 to 127 ng/l in the eastern sea (Fig. 2), and they exceeded the summarized concentrations of ПАУ corresponding to the global background level of 20 ng/l [*Cripps*,

грации основных промысловых рыб, в районах рыбного промысла.

1. Алифатические и полициклические ароматические углеводороды

Концентрации алифатических углеводородов (*n*-парафины C_{11} – C_{31}) в поверхностном и придонном слоях воды исследованных районов Баренцева моря варьировали от 3 до 34 мкг/л и не превышали рыбохозяйственную предельно допустимую концентрацию (ПДК), равную 50 мкг/л [*Перечень рыбохозяйственных нормативов ...*, 1999]. Концентрации *n*-парафинов в атлантических водах, поступающих в Баренцево море, изменялись от 3 до 10 мкг/л, в юго-западной части моря – от 5 до 9 мкг/л, в юго-восточной части – от 10 до 18 мкг/л (рис. 1). Распределение концентраций алифатических углеводородов в толще воды не подчинялось каким либо закономерностям вследствие их очень низких значений. В прибрежных водах Баренцева моря доминировали алифатические углеводороды нефтяного происхождения, а в открытых районах – биогенного происхождения.

Летом 2001 г. суммарные концентрации полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в атлантических водах, поступающих в Баренцево море, варьировали от 26.3 до 48.5 нг/л, в западных районах моря – от 0 до 29.4 нг/л, в восточных районах – от 23.5 до 127 нг/л (рис. 2) и превышали суммарную концен-

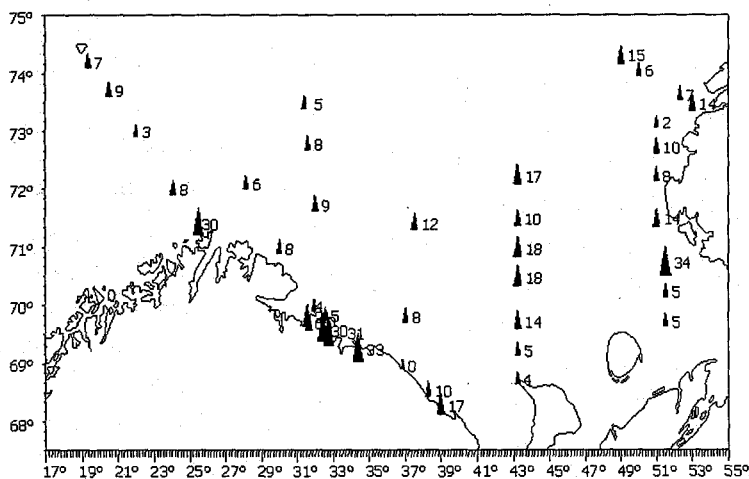


Рис. 1. Концентрации алифатических углеводородов в поверхностном слое воды Баренцева моря, мкг/л. Август 2001 г.
Fig. 1. Concentrations of aliphatic hydrocarbons in the surface water layer of the Barents Sea, mkg/l. August, 2001.

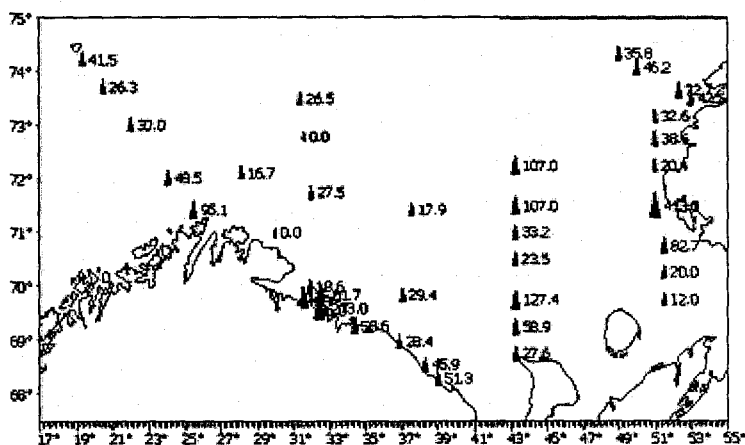


Рис. 2. Суммарная концентрация ПАУ в поверхностном слое воды Баренцева моря, нг/л. Август 2001 г.

Fig. 2. Summary concentrations of PAH in the surface water layer of the Barents Sea, ng/l. August, 2001.

1995]. Of individual PAHs, fluoranthene dominated in the south-western sea and Murman coastal waters. In the Atlantic waters entering into the Bar-

трацию ПАУ, соответствующую глобальному фоновому уровню 20 нг/л [Cripps, 1995]. Из индивидуальных ПАУ в юго-западных районах

ents Sea, fluoranthene concentration constituted more than 30 % of the summarized concentration of PAH; that in the south-western area was more than 50 % and that in the Murman coastal waters reached 70 %. In the south-eastern part of the Barents Sea, the relative concentration of low molecular compounds (phenanthrene, fluoranthene) reduced down to 20–30 % and that of high molecular compounds (benzofluoranthene, dibenzanthracene) increased. Mean concentration of the indicator compound – benzo(a)pyrene – varied from 0.9 to 1.5 ng/l in the Barents Sea water. All the mentioned PAHs are products of combustion of fossil and transport fuel, and this means that the Barents Sea is polluted by the atmospheric precipitation.

2. Persistent chlorinated hydrocarbons

The summarized concentrations of hexachlorocyclohexane (HCH) in the Atlantic waters penetrating into the Barents Sea varied from 1.83 to 3.54 ng/l under the average concentration of 2.44 ng/l; the average concentration of HCH was 2.16 ng/l in the Atlantic waters of the south-western sea and 0.84 ng/l in the south-eastern part, that means that HCH concentration reduced eastwards in the Atlantic waters (Fig. 3). The average concentration of HCH in the Norwegian coastal waters constituted 3.54 ng/l, that is in the Murman

моря и в прибрежных мурманских водах доминировал флуорантен. В атлантических водах, поступающих в Баренцево море, его концентрация составляла более 30 % от суммарной концентрации ПАУ, в юго-западных районах моря – более 50 в %, в прибрежных мурманских водах достигала 70 %. В воде юго-восточной части Баренцева моря относительная концентрация низкомолекулярных соединений (фенантрен, флуорантен) снизилась до 20–30 %, а высокомолекулярных (бензфлуорантен, дибензантрацен) возросла. Средняя концентрация индикаторного соединения – бенз(а)пирена в воде Баренцева моря варьировала от 0.9 до 1.5 нг/л. Все перечисленные ПАУ являются продуктами сгорания ископаемого и транспортного топлива, что свидетельствует о загрязнении Баренцева моря за счет атмосферных выпадений.

2. Персистентные хлорированные углеводороды

Суммарные концентрации гексахлорциклогексана (ГХЦГ) в атлантических водах, поступающих в Баренцево море, варьировали от 1.83 до 3.54 нг/л при средней концентрации 2.44 нг/л, в атлантических водах юго-западной части моря средняя концентрация ГХЦГ составляла 2.16 нг/л, юго-восточной части – 0.84 нг/л, то есть в восточном направлении концентрация ГХЦГ в атлантических водных массах снижалась (рис. 3). В прибрежных норвежских

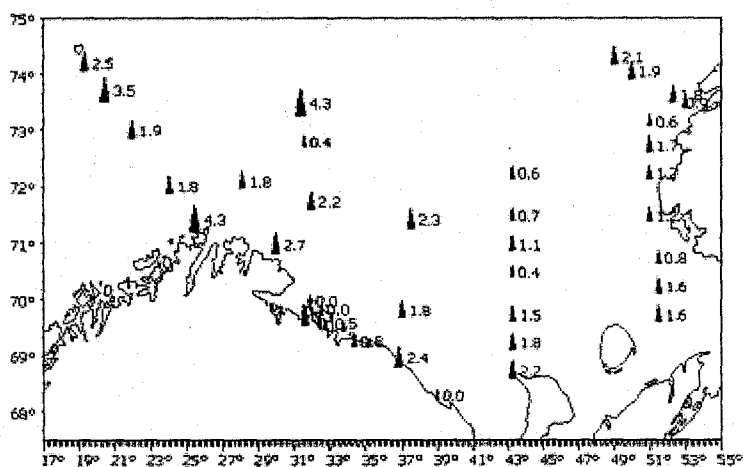


Рис. 3. Суммарные концентрации ГХЦГ в поверхностном слое воды Баренцева моря, нг/л. Август 2001 г.

Fig.3. Summary concentrations of HCH in the surface water layer of the Barents Sea, ng/l. August, 2001.

coastal waters varied in different seasons from 0.69 ng/l (August) to 1.51 ng/l (April), in the White Sea coastal waters it was 1.29 ng/l and in the coastal waters of the south-eastern part of the Barents Sea it varied from 1.34 to 1.45 ng/l. Distribution of HCH concentrations in the water column was not subjected to any law because of their low values. In the Atlantic waters penetrating into the Barents Sea, as well as in all surveyed areas, the ratio between concentrations α -HCH/ γ -HCH was less than 1 (0.28–0.82). In the Murman coastal waters in August, 2001, only γ -HCH concentration was found, and the concentration of α -HCH was equal to the analytical zero. This fact points to the “fresh” introduction of γ -HCH into

водах средняя концентрация ГХЦГ составляла 3.54 нг/л, в прибрежных мурманских водах в разные сезоны года варьировала от 0.69 нг/л (август) до 1.51 нг/л (апрель), в прибрежных беломорских водах равнялась 1.29 нг/л, в прибрежных водах юго-восточной части Баренцева моря колебалась от 1.34 до 1.45 нг/л. Распределение концентраций ГХЦГ в толще воды не подчинялось каким либо закономерностям вследствие их очень низких значений. В атлантических водах, поступающих в Баренцево море, а также в водах всех исследованных районов, отношение концентраций α -ГХЦГ/ γ -ГХЦГ было меньше 1 (0.28–0.82). В прибрежных мурманских водах в августе 2001 г. был обнаружен только γ -ГХЦГ, концентрация α -ГХЦГ равнялась аналитическому нулю. Это обстоятельство указывает на “све-

the marine environment. Nevertheless, HCH concentrations in the Barents Sea water were much lower than the Russian Standard of 10 ng/l [*Перечень рыбохозяйственных нормативов ...*, 1999].

Mean concentrations of hexachlorobenzene (HCB) and chlordane isomers in the Atlantic waters penetrating into the Barents Sea, as well as in waters of all areas surveyed, did not exceed 0.07–0.18 ng/l. Low concentrations of these pesticides in the sea water are explained by the fact that in the 1970s their usage was limited. Now, only residual numbers of these compounds are determined in the Arctic sea waters.

The summarized concentrations of DDT in the surface layer in the south-western part of the sea varied within the narrow interval from 1.84 to 3.25 ng/l. DDT concentrations reduced in the Barents Sea eastwards and varied from 1.5 to 2.2 ng/l in the south-eastern waters of the Barents Sea (Fig. 4). DDT concentrations in the surface and bottom layers of the Barents Sea differed slightly and did not exceed the Russian Standard of 10 ng/l [*Перечень рыбохозяйственных нормативов ...*, 1999].

In the typical technical DDT, the dominating component is p'p-DDT (77 %). In the result of physical and chemical and biological processes in the sea

жее" поступление γ -ГХЦГ в морскую среду. Тем не менее концентрации гексахлорциклогексана в воде Баренцева моря были значительно ниже рыбохозяйственной ПДК 10 нг/л [*Перечень рыбохозяйственных нормативов ...*, 1999].

Средние концентрации гексахлорбензола (ГХБ) и изомеров хлордана в атлантических водах, поступающих в Баренцево море, а также в водах всех исследованных районов не превышали десятые доли нг/л (0.07÷0.18). Низкие концентрации этих пестицидов в морской воде объясняются тем, что в 70-е годы были введены ограничения на их использование. В настоящее время в арктических морских водах определяются лишь остаточные количества этих токсичных соединений.

Суммарные концентрации ДДТ в поверхностном слое воды юго-западной части моря варьировали в узком интервале от 1.84 до 3.25 нг/л. В восточном направлении суммарные концентрации ДДТ в воде Баренцева моря уменьшались и в воде юго-восточных районов Баренцева моря изменялись от 1.5 до 2.2 нг/л (рис. 4). Концентрации ДДТ в поверхностном и придонном слоях воды Баренцева моря отличались незначительно и не превышали рыбохозяйственную ПДК 10 нг/л [*Перечень рыбохозяйственных нормативов ...*, 1999].

В типичном техническом ДДТ преобладающим компонентом является p'p-ДДТ (77 %). В результате

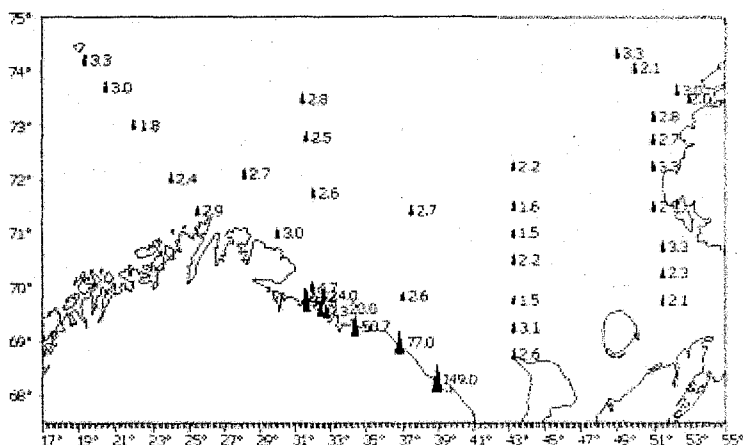


Рис. 4. Суммарные концентрации ДДТ в поверхностном слое воды Баренцева моря, нг/л. Август 2001 г.

Fig. 4. Summary concentrations of DDT in the surface water layer of the Barents Sea, ng/l. August, 2001.

DDT transforms into more stable DDD and DDE metabolites. According to the published data, in the atmosphere of high latitudes, as well as in the biotic and abiotic components of the Arctic sea ecosystems the ratio between concentrations p'p-DDT/p'p-DDE < 1 that means that DDT appeared in the environment long ago [Chernyak, McConnel and Rice, 1995; *Distribution of persistent organochlorines ...*, 1993]. The results of determination of the relative content of metabolites p'p-DDT and p'p-DDE in the Barents Sea showed that they did not exceed 1, this points to the relatively "fresh" penetration of this pesticide into the Barents Sea and especially into the coastal waters of the Kola Peninsula.

физико-химических и биологических процессов, происходящих в море, ДДТ трансформируется в более стойкие метаболиты ДДД и ДДЕ. Согласно литературным данным в атмосфере высоких широт, в биотической и абиотической компонентах морских арктических экосистем отношение концентраций p'p-DDT/p'p-DDE < 1, что указывает на давнее поступление ДДТ в окружающую среду [Chernyak, McConnel, Rice, 1995; *Distribution of persistent organochlorines ...*, 1993]. Результаты определения относительного содержания метаболитов p'p-DDT и p'p-DDE в воде Баренцева моря превышали 1, что указывает на сравнительно "свежее" поступление этого пестицида в Баренцево море и особенно в прибрежные воды Кольского полуострова.

Average concentration of polychlorinated biphenyls (PCB) in the Atlantic waters penetrating into the Barents Sea constituted 5.03 ng/l, that in the south-western part of the Barents Sea was 4.29 ng/l, and in the south-eastern sea – 3.28 ng/l, i. e. PCB concentrations in the Atlantic waters reduced eastwards (Fig. 5). The Atlantic waters penetrating into the Barents Sea and water masses of the south-western and south-eastern areas are characterized by high content of low molecular tri-, tetra- and pentachlorobiphenyls with IUPAC nomenclature numbers 28, 31, 99 and 101 which constituted 60–80 % of the PCB sum. High percentage of low molecular congeners proves that they penetrated into the Barents Sea from the atmosphere. However, the increase of the relative content of high molecular polychlorinated biphenyls (PCB) in the Murman coastal waters up to 60–78 % pointed to the existence of local resources of contamination. In total, concentrations of PCB in the Barents Sea waters did not exceed the Russian Standard of 10 ng/l [*Перечень рыбохозяйственных нормативов ...*, 1999].

3. Heavy Metals

In August in the surface layer of the Atlantic waters penetrating into the Barents Sea, the average concentrations

Средняя концентрация полихлорбифенилов (ПХБ) в атлантических водах, поступающих в Баренцево море, составляла 5.03 нг/л, в водах юго-западной части Баренцева моря – 4.29 нг/л, юго-восточной – 3.28 нг/л, то есть в восточном направлении концентрации ПХБ в атлантических водных массах снижались (рис. 5). Для атлантических вод, поступающих в Баренцево море, водных масс юго-западных и юго-восточных районов характерно высокое относительное содержание низкомолекулярных три-, тетра-, пентахлорированных бифенилов с номерами по номенклатуре IUPAC 28, 31, 99, 101, которые составляли 60–80 % от суммы ПХБ. Высокое процентное содержание низкомолекулярных конгенов свидетельствует об атмосферном источнике их поступления в Баренцево море. В то же время увеличение относительного содержания высокомолекулярных полихлорбифенилов в прибрежных мурманских водах до 60–78 % указывает на существование местных источников загрязнения. В целом, концентрации полихлорбифенилов в воде Баренцева моря не превышали рыбохозяйственную ПДК 10 нг/л [*Перечень рыбохозяйственных нормативов ...*, 1999].

3. Тяжелые металлы

В августе в поверхностном слое атлантических вод, поступающих в Баренцево море, средняя концентрация меди составляла 0.75,

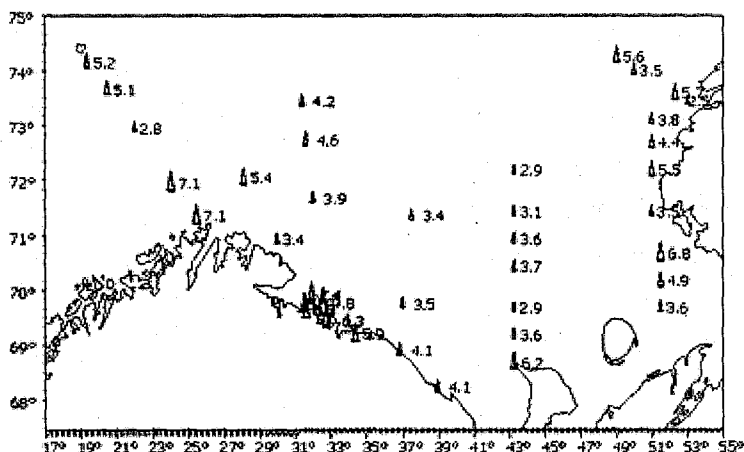


Рис. 5. Суммарные концентрации ПХБ в поверхностном слое воды Баренцева моря, нг/л. Август 2001 г.

Fig. 5. Summary concentrations of PCB in the surface water layer of the Barents Sea, ng/l. August, 2001.

were as follows: copper – 0.75, zinc – 15.4, chromium – 3.9, iron – 4.2 mkg/l, and concentrations of nickel, manganese and cobalt were lower than the level detected by the method of analysis.

In the Atlantic waters of the south-western part of the Barents Sea, the average concentration of copper increased to 2.6, and that of zinc – to 20.2 mkg/l, concentrations of chromium and iron were at the same level of 3.6 and 4.4 mkg/l, correspondingly. Concentrations of nickel, manganese and cobalt were also lower than levels which can be detected.

In the Atlantic waters of the south-eastern part of the sea, the aver-

цинка – 15.4, хрома – 3.9, железа – 4.2 мкг/л, а концентрации никеля, марганца и кобальта были ниже пределов обнаружения применяемого метода анализа.

В атлантических водах юго-западной части Баренцева моря средняя концентрация меди увеличилась до 2.6, а цинка – до 20.2 мкг/л, концентрации хрома и железа остались на том же уровне – 3.6 и 4.4 мкг/л соответственно. Концентрации никеля, марганца и кобальта также были ниже пределов детектирования.

В атлантических водах юго-восточной части моря отмечено увеличение средней концентрации цинка до 27.1 мкг/л и марганца до 1.7 мкг/л, концентрации меди и железа уменьшились, а средняя концентрация хрома не изменилась и состав-

age concentration of zinc increased to 27.1 mkg/l and that of manganese – to 1.7 mkg/l, whereas concentrations of copper and iron diminished and the average concentration of chromium did not change and constituted 3.9 mkg/l. The concentration of cobalt was lower than detected level, and that of nickel corresponded to the minimum determined value of 0.5 mkg/l. Eastwards in the Atlantic waters, the concentrations of copper and iron diminished, those of chromium were stable and low. It is evident that the concentration of chromium in the open part of the Barents Sea corresponded to the natural background.

In summer of 2001 in the Norwegian coastal waters, the average concentration of copper was 2.0, that of zinc – 24.0, chromium – 4.8, iron – 4.7 mkg/l. The concentrations of nickel, manganese and cobalt were lower than detected levels.

In the Murman coastal waters, the average concentrations of copper, zinc, nickel and iron increased and constituted 3.0, 44.3, 0.7 and 9.7 mkg/l, correspondingly. The increase of concentrations of zinc and iron points to the high measure of urbanization on the Kola Peninsula (Fig. 6, 7). In the White Sea, Pechora and Novaya Zemlya coastal waters the concentrations of zinc, nickel, chromium, manganese and iron were higher than in the Atlantic

ляла 3.9 мкг/л. Концентрация кобальта была ниже предела обнаружения, а никеля соответствовала минимально определяемому значению 0.5 мкг/л. В восточном направлении в атлантических водных массах концентрации меди и железа уменьшались, цинка, никеля и марганца увеличивались, а хрома оставались стабильно низкими. Очевидно концентрация хрома в воде открытых районов Баренцева моря соответствовала природному фоновому уровню.

Летом 2001 г. в прибрежных норвежских водах средняя концентрация меди равнялась 2.0, цинка – 24.0, хрома – 4.8, железа – 4.7 мкг/л. Концентрации никеля, марганца и кобальта были ниже пределов обнаружения.

В прибрежных мурманских водах средние концентрации меди, цинка, никеля и железа возросли и составили соответственно 3.0, 44.3, 0.7 и 9.7 мкг/л. Увеличение концентраций цинка и железа указывает на высокую степень урбанизации территории Кольского полуострова (рис. 6, 7). В прибрежных беломорских, печорских и новоземельских водах концентрации цинка, никеля, хрома, марганца железа были выше, чем в атлантических водах открытых районов Баренцева моря вследствие влияния материкового стока.

Концентрация свинца в воде всех исследованных районов была ниже предела обнаружения приме-

waters of the open Barents Sea because of the land run-off.

The concentration of lead in the water of all surveyed areas was lower than the detected level. The concentration of cadmium in the Atlantic waters of the south-western Barents Sea was lower than the detected level, whereas in the south-eastern part it constituted 0.3 mkg/l. Concentration of cadmium in the Norwegian and Murman coastal waters was higher than in the Atlantic waters penetrating into the Barents Sea, and it corresponded to that in the Atlantic waters of the south-eastern sea in the White Sea, Pechora and Novaya Zemlya coastal waters.

няемого метода анализа. В атлантических водах юго-западной части Баренцева моря концентрация кадмия была ниже предела детектирования, а в юго-восточной – составляла 0.3 мкг/л. Концентрация кадмия в прибрежных норвежских и мурманских водах была выше, чем в атлантических водах, поступающих в Баренцево море, а в прибрежных беломорских, печорских и новоземельских соответствовала концентрации в атлантических водных массах юго-восточной части моря.

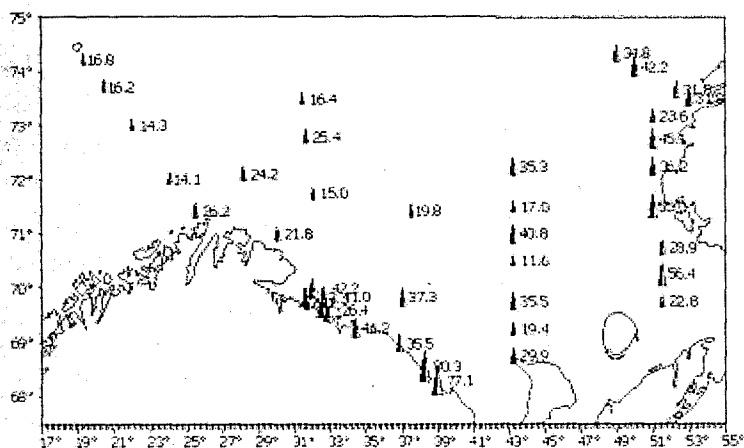


Рис. 6. Концентрации цинка в поверхностном слое Баренцева моря, мкг/л. Август 2001 г.

Fig. 6. Concentrations of zinc in the surface layer of the Barents Sea, mkg/l. August, 2001.

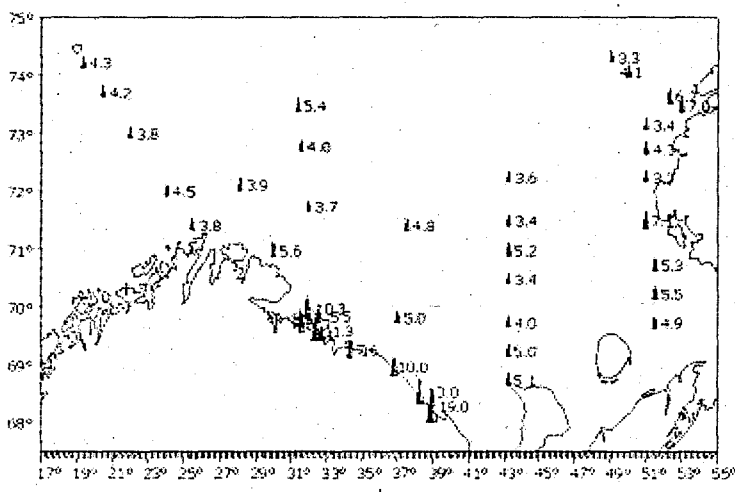


Рис. 7. Концентрации железа в поверхностном слое Баренцева моря, мкг/л. Август 2001 г.

Fig. 7. Concentrations of iron in the surface layer of the Barents Sea, mkg/l. August, 2001.

The average concentration of mercury in the open Barents Sea waters constituted 0.02 mkg/l and, possibly, corresponded to the natural background level (Fig. 8). Concentrations of heavy metals in the surface and bottom layers of the coastal waters and open Barents Sea differed slightly and did not exceed the Russian Standards as follows: for copper – 5, zinc – 50, nickel – 10, chromium – 20, manganese – 50, iron – 50, lead – 10, cadmium – 10, cobalt – 5 and mercury – 0.1 mkg/l [Перечень рыбохозяйственных нормативов ..., 1999].

No tendency of worsening of the Barents Sea ecosystem status in 2001 compared to the previous years is ob-

Средняя концентрация ртути в воде открытых районов Баренцева моря составляла 0.02 мкг/л и вероятно соответствовала природному фоновому уровню (рис. 8). Концентрации тяжелых металлов в поверхностном и придонном слоях воды прибрежной зоны и открытых районов Баренцева моря отличались незначительно и не превышали рыбохозяйственные предельно допустимые концентрации для меди – 5, цинка – 50, никеля – 10, хрома – 20, марганца – 50, железа – 50, свинца – 10, кадмия – 10, кобальта – 5, ртути – 0.1 мкг/л [Перечень рыбохозяйственных нормативов ..., 1999].

Тенденция ухудшения состояния экосистемы Баренцева моря в 2001 г. по сравнению с предыдущими годами не наблюдается, таким образом, проведенные исследования

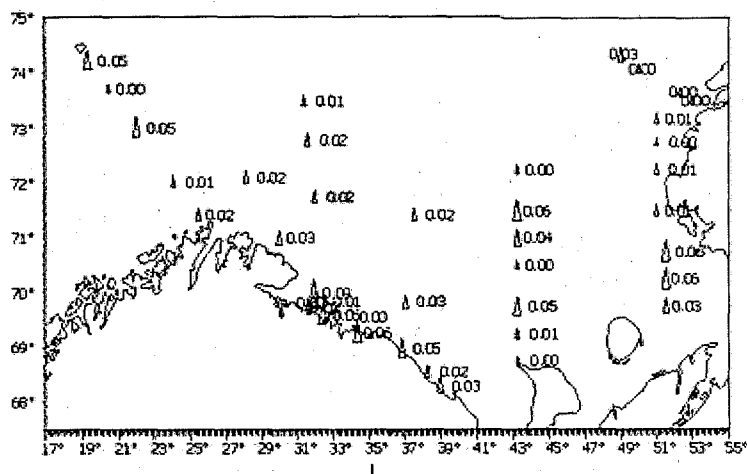


Рис. 8. Концентрации ртути в поверхностном слое Баренцева моря, мкг/л. Август 2001 г.

Fig. 8. Concentrations of mercury in the surface layer of the Barents Sea, mkg/l. August, 2001.

served; thus, the carried out investigations showed a stable and low level of anthropogenic pollution of some elements of the Barents Sea ecosystems.

To improve the quality and adequacy of the obtained data on the marine environment contamination, the analytical laboratory of PINRO has taken part for three years (1999–2001) in the Laboratory Testing Scheme on the QUASIMEME (Quality Assurance of Information for Marine Environmental Monitoring in Europe) project.

свидетельствуют о стабильно низком уровне антропогенного загрязнения отдельных элементов экосистемы Баренцева моря.

Для улучшения качества и достоверности получаемой информации о состоянии загрязнения морской среды аналитическая лаборатория ПИНРО в течение трех лет (1999–2001) принимала участие в Схеме лабораторного тестирования по проекту QUASIMEME (Гарантия качества информации при мониторинге морской среды в Европе).

References

Литература

Перечень рыбохозяйственных нормативов: предельно допустимых концентраций и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение. – М.: Изд. ВНИРО, 1999. – 304 с.

- Chernyak S. M., McConnel L. L., Rice C. B. Fate of some chlorinated hydrocarbons in arctic and far eastern ecosystems in the Russian Federation // Sci. Total Environ. – 1995. – V. 160/161. – P. 75-85.
- Cripps G. C. Baseline level of hydrocarbons in sea water of the Southern Ocean. Natural variability and regional patterns // Mar. Poll. Bull. – 1995. – Vol. 30. – No. 2. – P. 133-145.
- Distribution of persistent organochlorines in the oceanic air and surface sea water and the role of ocean on their global transport and fate* / Iwata H., Tanabe S., Sakai N., Tatsukawa R. // Environ. Sci. Technol. – 1993. – V. 27. – P. 1080-1098.

УДК 639.371.12:628.394 (26)

**Оценка влияния морской аквакультуры
на качество водной среды и донных осадков
губы Печенга**

**Estimation of the Marine Aquaculture Impact on the Aquatic
Environment Quality and Bottom Sediments
in the Pechenga bay**

N. F. Plotitsyna

Knipovich Polar Research Institute of Marine
Fisheries and Oceanography (PINRO)

Н. Ф. Плотичина

Полярный научно-исследовательский
Институт морского рыбного хозяйства и
океанографии им. Н. М. Книповича (ПИНРО)

Introduction

Increase of the cage fish culture production during recent time caused serious problems connected with pollution on many fish culture farms along the Norway coast which are located in the natural fenced areas and fjords with weak water exchange. Lack of the necessary flow-through led to the accumulation of both: excrement and unused feed in the bottom sediments. Sea depths in the areas of the farms, farms' dimensions, duration of their work, conduct of different experiments and

Введение

Рост продукции садкового рыбобоводства в последние годы вызвал серьезные проблемы, связанные с загрязнением, на многих рыбобоводных фермах вдоль побережья Норвегии, которые располагались в естественных отгороженных участках и фьордах со слабым водообменом. Отсутствие необходимой проточности привело к накоплению в донных отложениях экскрементов и неиспользованного корма. Значительное влияние на загрязнение окружающей среды оказали глубины моря в рай-

the type of the feed applied impacted significantly the environmental contamination.

Contamination problems connected with the fish culture farms works similar to those in Norway are observed at the cage fish culture farms located in the sea bays of the west coast of Scotland.

Thus, investigations carried out in Norway, Sweden, Scotland showed that the marine cage fish culture might impact differently the environment.

In August 2001 on the Pechenga bay area located in the Varanger fjord of the Barents Sea there was started functioning the cage fish culture farm for the salmon of the Norwegian selection rearing.

The aim of this work is to estimate possible impact of the cage fish culture during 3 months on both: the aquatic environment and bottom sediments in the area of the fish culture farm location.

Materials and methods

In October 2001 6 water samples and 2 samples of bottom sediments were collected at 2 stations in the area of the cages with the fishes location, so that to estimate a possible impact of the cage fish culture complex on the aquatic environment and bottom sediments quality in the Pechenga bay. Scheme of cages location and samples collection station is presented on

one расположения ферм, размеры ферм, продолжительность их работы, проведение тех или иных опытов и тип применяемых кормов.

Проблемы загрязнения, связанные с работой рыбоводных ферм, сходные с таковыми в Норвегии, отмечаются и на садковых рыбоводных фермах, расположенных в морских губах западного побережья Шотландии. Таким образом, исследования, проведенные в Норвегии, Швеции, Шотландии показали, что морское садковое рыбоводство может оказывать различное влияние на окружающую среду.

В августе 2001 г. на акватории губы Печенга, расположенной в Варангер-фьорде Баренцева моря, начала функционировать садковая рыбоводная ферма по выращиванию семги норвежской селекции.

Цель настоящей работы – оценить возможное влияние процесса садкового выращивания семги в течение трех месяцев на состояние водной среды и донных осадков в районе размещения рыбоводной фермы.

Материал и методика

В октябре 2001 г. на двух станциях в районе размещения садков с рыбой были отобраны на химический анализ 6 проб воды и 2 пробы донных осадков с целью оценки возможного влияния садкового комплекса на качество морской воды и донных осадков губы Печенга. Схема размещения садков и ста-

figure 1. Station 1 is located between the cages and characterizes the environment state directly in the farm area, station 2 is located between the cages and the bay's coast and serves in this case the "background".

ний отбора проб представлена на рис. 1. Станция 1 расположена между садками и характеризует состояние окружающей среды непосредственно в районе фермы, станция 2 расположена между садками и берегом губы и в данном случае является "фоновой".

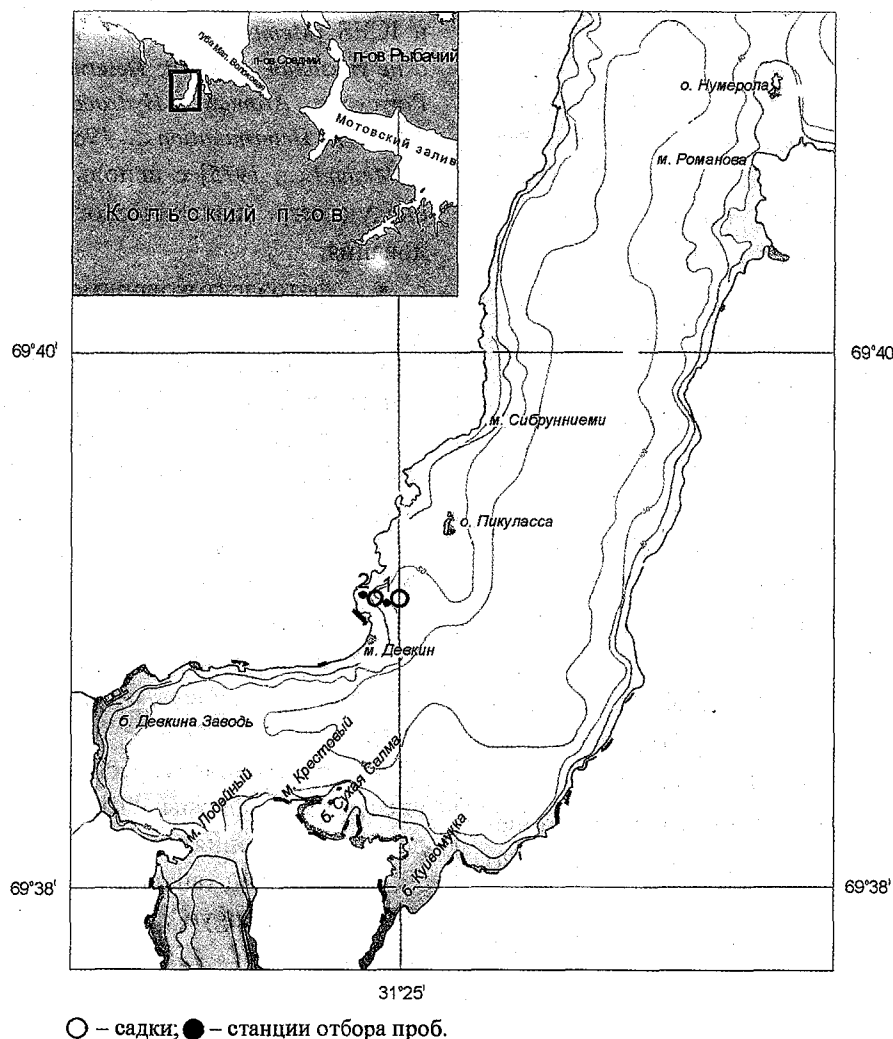


Рис. 1. Схема станций отбора проб воды и донных осадков в губе Печенга.

Fig. 1. Map showing the sampling locations.

Collection, preparation and chemical analysis of water and bottom sediments samples are carried out corresponding to the methods of hydrochemical investigations of the ocean, methodical recommendations for the sea water and bottom sediments analyses, guides given by FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), UNESCO and ICES [*Методы ...*, 1978; *Методические указания ...*, 1979; *Determination of Polycyclic Aromatic Hydrocabons ...*, 1997; *The Determination ...*, 1982; *Manual of Method ...*, 1975] applying the following analytical equipment:

- photoelectrocoloremeter KFK-2MP (Russia);
- IR- spectrophotometer of the firm "Shimadzu", model IR-420 (Japan);
- gas chromatograph of the firm "Shimadzu", model GC-14A (Japan);
- liquid chromatograph "Mili-chrom" (Russia);
- flame atomic absorption spectrophotometer of the firm Shimadzu", model AA-660 (Japan);
- X-Ray fluorescent spectrometer of the firm "Rigaku", model 3270 (Japan);
- mercury analyzer of the firm "Hiranuma Sangyo", model HG-1 (Japan);
- portable pH - meter of the firm "Horiba", model L-7 (Japan).

Отбор, подготовка и химический анализ проб воды и донных осадков выполнены в соответствии с методами гидрохимических исследований океана, методическими указаниями по анализу морских вод и донных отложений, руководствами FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), UNESCO и ICES [*Методы ...*, 1978; *Методические указания ...*, 1979; *Determination of Polycyclic Aromatic Hydrocabons ...*, 1997; *The Determination ...*, 1982; *Manual of Method ...*, 1975] с использованием следующего аналитического оборудования:

- фотоэлектроколориметр КФК-2МП (Россия);
- ИК-спектрофотометр фирмы "Shimadzu", модель IR-420 (Япония);
- газовый хроматограф фирмы "Shimadzu", модель GC-14A (Япония);
- жидкостной хроматограф "Милихром" (Россия);
- пламенный атомно-абсорбционный спектрофотометр фирмы "Shimadzu", модель AA-660 (Япония);
- рентгено-флуоресцентный спектрометр фирмы "Rigaku", модель 3270 (Япония);
- ртутный анализатор фирмы "Hiranuma Sangyo", модель HG-1 (Япония);
- портативный pH-метр фирмы "Horiba", модель L-7 (Япония).

Качество аналитических работ оценивалось при регулярных анали-

Analytical works quality was estimated during the regular analyses of the certified reference materials:

- SRM1941a (Organics in Marine Sediment)/ NIST, USA;
- BCSS-1 (Micro and macro elements in the bottom sediment of the Saint Lawrence bay) / NRC, Canada;
- mixture of standards of aliphatic hydrocarbons attested in the Mendeleev State Research Institute of metrology, Saint-Petersburg, with the chemical laboratory of PINRO participation in the Laboratory Testing Scheme according to the QUASIMEME project (Quality Assurance of Information for Marine Environmental monitoring in Europe), carried out by European Union countries.

Water samples were collected from layers 0 m, 10 m and near bottom layer. The following chemical indices were estimated: pH, BOD₅ (Biochemical Oxygen Demand), nitrogen of ammonia compounds, nitrogen of nitrites, mineral phosphorus, characterizing the presence in water of easily oxidizing organic substances of the anthropogenic origin and nutrients. Besides, heavy metals were also estimated in the water and bottom sediments of the Pechenga bay as they are present in the feed as microelements and are removed from the fishes organisms with excrement, total phosphorus as the indicator of the bottom sediments contamination with the fishes excrement and unused feed, aliphatic and polycyclic aromatic

зах сертифицированных материалов сравнения:

- SRM1941a (Organics in Marine Sediment)/ NIST, USA;
- BCSS-1 (Микро- и макроэлементы в донном осадке залива Св. Лаврентия) / NRC, Canada;
- смесь стандартных образцов алифатических углеводородов, аттестованных в ГосНИИ метрологии им. Д. И. Менделеева, г. Санкт-Петербург, а также при участии химической лаборатории ПИНРО в Схеме лабораторного тестирования по проекту QUASIMEME (Гарантия качества информации при мониторинге морской среды в Европе), осуществляемому странами Европейского Союза.

Пробы воды отбирались с горизонтов 0 м, 10 м и придонный. Определялись следующие химические показатели: pH, БПК₅, азот аммонийных соединений, азот нитритов, минеральный фосфор, характеризующие присутствие в воде легко окисляемых органических веществ антропогенного происхождения и питательных веществ. Кроме того, в воде и донных осадках губы Печенга определялись тяжелые металлы, так как в виде микроэлементов они присутствуют в кормах и выводятся из организма рыб с экскрементами, общий фосфор, как индикатор наличия загрязнения донных осадков от экскрементов рыб и неиспользованного корма, алифатические и полициклические ароматические углево-

hydrocarbons, organochlorine compounds – so that to discover possible contamination of the area and bottom sediments connected with the economic activity of the man, which preceded the usage of the bay area for the cage cultivation of the salmon.

Results and discussion

To estimate a possible impact of the fish culture farm on the aquatic and bottom sediments quality it is necessary to estimate the nitrogen and phosphorus loading on the bay area from its activity.

According to the published literature data [Ackefors, Södergren, 1985; Ennel, Löf, 1983; Ennel, Ackefors, 1991; Wallin, Håkanson, 1991] phosphorus and nitrogen loading from the salmon cage farm might be presented as the scheme expressed on figure 2. In accordance with this scheme it is quite possible to estimate phosphorus and nitrogen flows in an open net cage operation of salmon. It follows from this scheme that the largest amount of phosphorus during fish cultivation accumulates in the bottom sediments and the largest amount of nitrogen dissolves in the water.

The estimation results of hydrogen index, BOD₅, biogene elements concentrations in the Pechenga bay water are presented in Table 1.

дороды, хлорорганические соединения – с целью обнаружения возможного загрязнения акватории и донных отложений, связанного с хозяйственной деятельностью, предшествующей использованию акватории губы для садкового выращивания семги.

Результаты и обсуждение

Для того, чтобы оценить возможное воздействие рыбоводной фермы на качество морской воды и донных отложений необходимо оценить фосфорную и азотную нагрузку на акваторию губы от ее деятельности.

По опубликованным литературным материалам [Ackefors, Södergren, 1985; Ennel, Löf, 1983; Ennel, Ackefors, 1991; Wallin, Håkanson, 1991] фосфорную и азотную нагрузку от лососевой садковой фермы можно представить в виде схемы, представленной на рисунке 2. В соответствии с этой схемой можно определить потоки фосфора и азота в открытых сетных садках при выращивании семги. Из этой схемы следует, что наибольшее количество фосфора в процессе выращивания рыбы поступает в донные отложения, а наибольшее количество азота – в воду.

Результаты определения водородного показателя, БПК₅, концентраций биогенных элементов в воде губы Печенга представлены в таблице 1.

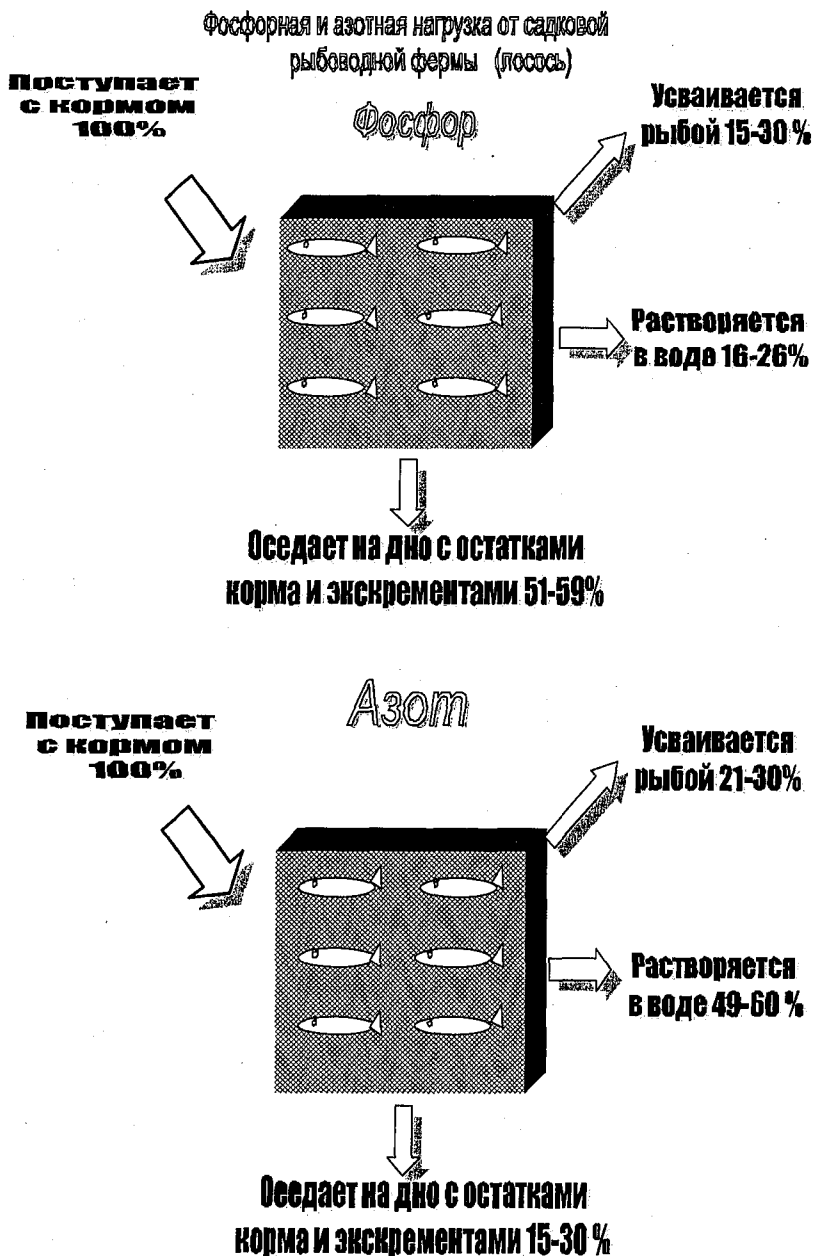


Рис. 2. Схема фосфорной и азотной нагрузки от лососевой садковой фермы.

Fig. 2. The scheme of phosphorus and nitrogen loading from the salmon net cage farm.

In the area of the cages location (Station 1) active water reaction pH on the layers investigated corresponded to the "background" values (Station 2). The value of Biochemical Oxygen Demand (BOD₅), characterizing the presence in the water of the easily oxidized organic substances, on 0 m layers was lower than that on the "background" Station 2, but on layers 10 m and 51 m it was twice as higher than the background values. On 10 m layer ammonia nitrogen concentration exceeded those on the surface and near bottom layers of water and on the "background" Station 2. Nitrite nitrogen concentration on the surface layer and in the water column on both the stations did not differ. Mineral phosphorus concentration in the surface water layer on Station 1 was 1.5 as higher than "background"

Thus, in the sea water in the cage location area there was observed insignificant content increase of the easily oxidized organic substance, concentrations of ammonia nitrogen and mineral phosphorus. At the same time it should be noted that the results obtained many-folds lower than the maximum permissible concentrations in seawater for the fishery activity [*Перечень рыбохозяйственных нормативов ...*, 1999].

Total phosphorus contents in the bottom sediments in the cages location area (Station 1) was 0,024 %, that on the "background" Station 2 – 0,038 %,

В районе размещения садков (ст. 1) активная реакция воды pH на исследованных горизонтах соответствовала "фоновым" значениям (ст. 2). Величина биохимического потребления кислорода (БПК₅), характеризующая присутствие в воде легко окисляемых органических веществ, на горизонте 0 м была ниже, чем на "фоновой" Ст. 2, но на горизонтах 10 м и 51 м в 2 раза превышала фоновые значения. На горизонте 10 м концентрация аммонийного азота превышала концентрации в поверхностном и придонном слоях воды, а также на "фоновой" ст. 2. Концентрации нитритного азота на поверхности и в толще воды на обеих станциях не отличались. Концентрация минерального фосфора в поверхностном слое воды на ст. 1 в 1.5 раза превышала "фоновую" концентрации. Таким образом, в морской воде в районе размещения садков наблюдалось незначительное увеличение содержания легко окисляемого органического вещества, концентраций аммонийного азота и минерального фосфора. В то же время следует отметить, что полученные результаты во много раз меньше рыбохозяйственных предельно допустимых концентраций [*Перечень рыбохозяйственных нормативов ...*, 1999].

Содержание общего фосфора в донных осадках в районе расположения садков (ст. 1) составляло 0.024 %, а на "фоновой" ст. 2 – 0.038 %, что соответствует содержа-

which corresponds to the phosphorus contents in the bottom sediments of the Kola peninsula coastal zone $<0,04\%$ [Gurevich, 1995]. This testifies absence of bottom sediments contamination in the cages location area by excrement and unused feed.

Heavy metal concentrations in water and in the bottom sediments of the Pechenga bay are presented in Tables 2 and 3.

нию фосфора в донных отложениях прибрежной зоны Кольского полуострова $<0.04\%$ [Gurevich, 1995]. Это свидетельствует об отсутствии загрязнения донных осадков в районе размещения садков экскрементами и неиспользованным кормом.

Концентрации тяжелых металлов в воде и донных осадках губы Печенга представлены в таблицах 2 и 3.

Таблица 1. Характеристика качества воды губы Печенга по стандартным гидрохимическим показателям

Table 1. Quality characteristics of Pechenga bay water by the standard hydrochemical indices

Станция Station	Глубина, м Depth, m	pH	Концентрация, мг/л (Concentration, mg/l)			
			БПК ₅ (BOD ₅)	N-NH ₄	N-NO ₂	P-PO ₄
1	0	7.8	0.15	0.08	0.003	0.025
	10	7.9	0.30	0.11	0.002	0.019
	51	8.1	0.26	0.05	0.003	0.015
2	0	8.0	0.20	0.10	0.003	0.015
	10	8.0	0.15	0.00	0.002	0.019
	21	8.1	0.11	0.00	0.003	0.014
ПДК (MPC)*	—	6.5-8.5	3.0	2.26	0.024	—

* Maximum Permissible Concentration in seawater

Таблица 2. Концентрации тяжелых металлов в воде губы Печенга, мкг/л**Table 2.** Heavy metal concentrations in the Pechenga bay water, mkg/l

Станция Station	Глубина, м Depth, m	Cu	Zn	Ni	Cr	Mn	Co	Fe	Pb	Cd	Hg
1	0	1.2	4.1	1.3	4.3	1.0	<1.0	33.2	<2.0	<0.2	0.03
	10	1.4	10.7	1.0	2.9	<1.0	<1.0	22.0	<2.0	<0.2	0.08
	51	1.2	4.2	<1.0	4.5	1.0	<1.0	28.9	<2.0	<0.2	0.07
2	0	1.0	3.9	1.3	5.0	1.2	<1.0	33.6	<2.0	<0.2	0.07
	10	1.1	5.3	<1.0	3.9	<1.0	<1.0	21.4	<2.0	<0.2	0.06
	21	1.1	8.0	<1.0	3.7	<1.0	<1.0	24.7	<2.0	<0.2	0.05
ПДК р/х МРС *		5.0	50.0	10.0	20.0	50.0	5.0	50.0	10.0	10.0	0.10

* Maximum Permissible Concentrations in seawater

Таблица 3. Содержание тяжелых металлов в донных осадках губы Печенга, мкг/г сухого веса**Table 3.** Heavy metal content in the Pechenga bay bottom sediment, mkg/g dw

Станция Station	Глубина, м Depth, m	Cu	Zn	Ni	Cr	Mn	Co	Fe, %	Pb	Cd	Hg
1	52	15.9	42.1	34.2	109	304	9.2	1.77	16.6	0.40	0.036
2	22	15.7	50.9	34.5	95.2	266	9.2	1.82	17.4	0.40	0.040
Донные осадки Мирового океана	Bottom sediment of the World Ocean	250	165	225	90.0	6700	74.0	5.74	80.0	0.42	0.40

Nickel, chrome, cobalt, lead, cadmium and mercury are not referred to biogene microelements and are always present in the clean sea waters in the extremely low concentrations. Copper, zinc, manganese and iron participate actively in the metabolic processes of the aquatic organisms, in spite of this metals concentrations in the Pechenga bay waters on Stations 1 and 2 were

Никель, хром, кобальт, свинец, кадмий и ртуть не относятся к биогенным микроэлементам и всегда присутствуют в чистых морских водах в очень низких концентрациях. Медь, цинк, марганец и железо активно участвуют в метаболических процессах водных организмов, тем не менее концентрации этих металлов в воде губы Печенга на ст. 1 и 2 были в несколько раз ниже установ-

several times as lower than the established standards in seawater for the fishery activity (see Table 2) [*Перечень рыбохозяйственных нормативов ...*, 1999].

On Station 1, located between the fish cages, zinc concentration in water on depth 10 m was twice higher than that in the surface and in the near bottom water layers which might be connected with the insignificant impact of the fish culture farm.

Bottom sediments on Station 1 are presented as sea sand of the dark gray color, those on Station 2 – by silt of the dark gray color, but heavy metals contents in the bottom sediments on both the stations did not differ confidentially (see Table 3). The heavy metals contents in the marine bottom sediments is not standardized from the point of view of marine fishery. To estimate the heavy metals contents levels in the bottom sediments of the Pechenga bay we shall compare them to the clarks of heavy metals in the Earth crust and in the bottom sediments of the World Ocean (see Table. 3) [Gurevich, 1995].

The results obtained testify absence of contamination with heavy metals of both: water and bottom sediments of the Pechenga bay in the area of fish culture farm location.

Concentrations of the saturated aliphatic hydrocarbons (n-paraffins) in water and in the bottom sediments of the Pechenga bay are presented in Tables 4 and 5.

ленных рыбохозяйственных нормативов (см. табл. 2) [*Перечень рыбохозяйственных нормативов ...*, 1999]. На ст. 1, расположенной между рыболовными садками, концентрация цинка в воде на глубине 10 м в 2 раза превышала концентрации в поверхностном и придонном слоях воды, что может быть связано с незначительным локальным влиянием рыболовной фермы.

Донные осадки на ст. 1 представлены морским песком темно-серого цвета, а на ст. 2 – илом темно-серого цвета, однако содержание тяжелых металлов в донных осадках на обеих станциях достоверно не отличалось (см. табл. 3). Содержание тяжелых металлов в морских донных осадках с позиций рыбного хозяйства не нормируется. Для того, чтобы оценить уровни содержания тяжелых металлов в донных осадках губы Печенга сравним их с кларками тяжелых металлов в земной коре и донных осадках Мирового океана (см. табл. 3) [Gurevich, 1995].

Полученные результаты свидетельствуют об отсутствии загрязнения тяжелыми металлами воды и донных осадков губы Печенга в районе размещения рыболовной фермы.

Концентрации насыщенных

On stations 1 and 2 aliphatic hydrocarbons concentrations in the water column several times as higher than the maximum permissible concentration in sea water for the fishery activity which is 0,05 mg/l [*Перечень рыбохозяйственных нормативов ...*, 1999].

Contamination of the Pechenga bay area with oil hydrocarbons has nothing to do with the fish culture farm activity and is connected with the preceding usage of the bay as the naval base.

алифатических углеводородов (н-парафинов) в воде и донных осадках губы Печенга представлены в таблицах 4 и 5.

На ст. 1 и 2 концентрации алифатических углеводородов в толще воды превышают в несколько раз рыбохозяйственную ПДК, равную 0.05 мг/л [*Перечень рыбохозяйственных нормативов ...*, 1999].

Загрязнение акватории губы Печенга нефтяными углеводородами не имеет отношения к деятельности рыболовной фермы, а связано с предшествующим использованием губы в качестве военно-морской базы.

Таблица 4. Концентрации алифатических углеводородов (н-парафинов) в воде губы Печенга, мг/л

Table 4. Concentrations of aliphatic hydrocarbons (n-paraffins) in the Pechenga bay water, mg/l

Станция Station	Глубина, м Depth, m	Н-парафины (C ₁₀ -C ₃₁) n-paraffins (C ₁₀ -C ₃₁)
1	0	0.151
	10	0.134
	51	0.015
2	0	0.141
	10	0.063
	21	0.096
ПДК р/х (МРС)*	—	0.050

* Maximum Permissible Concentrations in seawater

Таблица 5. Концентрации алифатических углеводородов (н-парафинов) в воде губы Печенга, мг/л

Table 5. Concentrations of aliphatic hydrocarbons (n-paraffins) in the Pechenga bay water, mg/l

Станция Station	Глубина, м Depth, m	Н-парафины (C ₁₀ -C ₃₁) n-paraffins (C ₁₀ -C ₃₁)
1	52	0.82
2	22	3.48

In bottom sediments on stations 1 and 2 n-paraffins contents was 0,82 and 3,48 mkg /g of dry weight (see Table 5). Standard for oil hydrocarbons contents in marine bottom sediments are absent, thus, we shall compare the results obtained with the n-paraffins contents in the bottom sediments from the open part of the sea and the Kola bay, the ecosystem of which endures a significant anthropogenic loading. According to the PINRO data the average contents of the aliphatic hydrocarbons in the bottom sediments of the open little contaminated areas of the Barents Sea is 3,3 mkg/g dry weight, in the bottom sediments of the Kola bay this value reaches 38,7 mkg/ g dry weight. Thus, n-paraffins contents in the Pechenga bay bottom sediments corresponds to that for the open little contaminated areas of the Barents Sea.

Concentrations of polycyclic aromatic hydrocarbons (ПАУ) in water and in bottom sediments of the Pechenga bay are presented in tables 6 and 7.

В донных осадках на ст. 1 и 2 содержание н-парафинов составляло 0.82 и 3.48 мкг/г сухой массы (см. табл. 5). Нормативы на содержание нефтяных углеводородов в морских донных осадках отсутствуют, поэтому сравним полученные результаты с содержанием н-парафинов в донных осадках открытой части Баренцева моря и Кольского залива, экосистема которого испытывает значительную антропогенную нагрузку. По данным ПИНРО среднее содержание алифатических углеводородов в донных осадках открытых малозагрязненных районов Баренцева моря составляет 3.3 мкг/г сухой массы, а в донных осадках Кольского залива достигает 38.7 мкг/г сухой массы. Следовательно, содержание н-парафинов в донных осадках губы Печенга соответствует таковому для открытых малозагрязненных районов Баренцева моря.

Концентрации полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в воде и донных осадках губы Печенга представлены в таблицах 6 и 7.

Таблица 6. Концентрации полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в воде губы Печенга, нг/л

Table 6. Concentrations of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in the Pechenga bay water, ng/l

Станция Station	Глубина, м Depth, m	Фенантрен	Флуорантен	Хризен + бенз(а)-антрацен	Перилен + бенз(b+k)-флуорантен	Бенз(а)-пирен	Дибенз-(ас+аh)-антрацен	Σ ПАУ Σ PAH
1	0	3.8	12.3	6.0	13.6	0.0	1.9	37.6
	10	1.7	4.4	3.3	4.4	0.0	1.5	15.3
	51	1.1	4.9	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0
2	0	3.5	13.3	5.4	11.7	0.0	2.1	36.0
	10	1.1	6.6	0.9	2.3	0.0	0.0	10.9
	21	0.4	4.4	0.9	2.3	0.0	0.0	8.0

Hydrocarbons of the non-aromatic structure (n-paraffins and others) are usually present in the sea water in concentrations which are the order as higher the concentrations levels of the poly-cyclic aromatic hydrocarbons. In spite of this the PAH are the major observation object in the environment as they are distinguished by the increased toxicity. Nowadays the World Ocean contamination with PAH is of global character. The major source of their input into the marine environment is the atmospheric fallout which is more possible that direct input as the non-substituted PAH are formed at the combustion of the fossil fuel. Among individual PAH in the Pechenga bay waters there were prevailed different compounds which are formed either as the result of the incomplete combustion of the fossil fuel and different sub-

Углеводороды неароматической структуры (н-парафины и др.) обычно присутствуют в морской воде в концентрациях, которые на порядок превышают уровни концентраций полициклических ароматических углеводородов. Тем не менее именно ПАУ являются главным объектом наблюдения в окружающей среде, поскольку отличаются повышенной токсичностью. В настоящее время загрязнение Мирового океана ПАУ носит глобальный характер. Основным источником их поступления в морскую среду являются атмосферные выпадения, что более вероятно, чем прямое поступление, так как незамещенные ПАУ образуются при сгорании ископаемого топлива. Из индивидуальных ПАУ в воде губы Печенга преобладали соединения, которые образуются либо в результате неполного сгорания ископаемого топлива и различных ве-

Таблица 7. Содержание полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в донных осадках губы Печенга, нг/сухой массы

Table 7. Content of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in the Pechenga bay bottom sediment, ng/g dw

Станция Station	Глубина, м Depth, m	Phenanthrene	Fluoranthene	Chrysene + benz(a)- anthracene	Perylene + benzo(b,k)- fluoranthene	Benz(a)- pyrene	Dibenzo- (ac+ah)- anthracene	Σ ПАУ Σ PAH
1	52	1.6	4.2	2.7	8.7	0.6	1.7	27.2
2	22	37.1	45.4	26.9	47.4	0.8	40.8	256.4

stances of the organic origin, or are the products of the long-term degradation of the aromatic hydrocarbons in the sea. Indicator compound – benzo(a)pyrene in the Pechenga bay waters is not revealed. Among the PAH determined only benzo(a)fluoranthenes and dibenzo(a,h)anthracenes show carcinogenic and mutagenic activity.

In consequence of absence of standards PAH's content in the seawaters for the fishery activity nowadays, the data on the PAH content in the waters of the relatively clean areas of the World Ocean might serve an approximate reference points for the estimation of minimal concentrations corresponding to the global background level. Average PAH concentration in the sea water of the clean Antarctic areas which equals to 20 ng/l and which varies in the range 7-73 ng/l might be taken as such reference point [Cripps, 1995].

Summarized PAH concentrations in the Pechenga bay water column enter this range that is close to the global background level (see Table 6).

Summarized PAH concentration in the bottom sediments on stations 1 and 2 differ greatly (see Table 7). According to PINRO data the summarized PAH concentration in the bottom sediments of the fishing area Rybach'ya banka in the Barents Sea varies in the range 14.5-29 ng/g dry weight. The

ществ органического происхождения, либо являются продуктами длительной деградации в море ароматических углеводородов. Индикаторное соединение – бенз(а)пирен в воде губы Печенга не обнаружен. Из определенных ПАУ канцерогенную и мутагенную активность проявляют только бензфлуорантены и дибензантрацены.

В настоящее время отсутствуют нормативы содержания ПАУ в воде рыбохозяйственных водоемов, поэтому данные о концентрациях ПАУ в морской воде относительно чистых районов Мирового океана могут служить приблизительными ориентирами для оценки минимальных концентраций, соответствующих глобальному фоновому уровню. В качестве такого ориентира можно принять среднюю концентрацию ПАУ в морской воде чистых районов Антарктики, равную 20 нг/л, при интервале колебаний от 7 до 73 нг/л [Cripps, 1995].

Суммарные концентрации ПАУ в толще воды губы Печенга укладываются в этот интервал, то есть близки к глобальному фоновому уровню (см. табл. 6).

Суммарное содержание ПАУ в донных осадках на ст. 1 и 2 очень сильно отличается (см. табл. 7). По данным ПИНРО суммарное содержание ПАУ в донных осадках промыслового района Рыбачья банка в Баренцевом море варьирует от 14.5 до 29 нг/г сухой массы. Губа Печенга относится к этому же промысло-

Pechenga bay is referred to the same fishing area, and in the bottom sediments on Station 1 the summarized PAH content (27.2 ng/g dry weight) enters this range of values pointed out above. PAH content in the Pechenga bay bottom sediments on Station 2 is almost 10 times higher, than on Station 1 (256.4 ng/g dry weight). This testifies to the presence of the local contamination source of the Pechenga bay bottom sediments with polycyclic aromatic hydrocarbons. Such high PAH content is not observed even in the bottom sediments of the Kola bay enduring the constant anthropogenic contamination. Analysis of the aromatic hydrocarbons individual composition allows to judge to some extent on the sources of their origin. In the bottom sediments of the Pechenga bay PAH with molecular weights 202, 228, 252, 276 dominate, they are typical products of combustion of both: fossil and transport fuel [Nikolau et al., 1984].

Thus, contamination of the Pechenga bay bottom sediments with polycyclic aromatic hydrocarbons, showing carcinogenic and mutagenic activity, is the consequence of the previous economic activity on the bay area.

Persistent organochlorine hydrocarbons – pesticides and polychlorinated biphenyls are the toxicants of the global distribution, which are not hav-

вому району и в донных осадках на ст. 1. суммарное содержание ПАУ (27.2 нг/г сухой массы) укладывается в интервал колебаний указанных выше значений. Содержание ПАУ в донных осадках губы Печенга на ст. 2 почти в 10 раз выше, чем на ст. 1 (256.4 нг/г сухой массы). Это свидетельствует о наличии локального источника загрязнения донных осадков губы полициклическими ароматическими углеводородами. Такого высокого содержания ПАУ нет даже в донных осадках Кольского залива, испытывающего постоянное антропогенное загрязнение. Анализ индивидуального состава ароматических углеводородов в некоторой степени позволяет судить об источниках их происхождения. В донных осадках губы Печенга доминируют ПАУ с молекулярными массами 202, 228, 252, 276, являющиеся характерными продуктами сгорания ископаемого и транспортного топлива [Nikolau et al., 1984].

Таким образом, загрязнение донных осадков губы Печенга полициклическими ароматическими углеводородами, проявляющими канцерогенную и мутагенную активность, является следствием предшествующей хозяйственной деятельности на акватории губы.

Персистентные хлорированные углеводороды – пестициды и полихлорбифенилы являются токсикантами глобального распространения, не имеющими природных аналогов. Они поступают в Баренцево

ing natural analogues. They enter the Barents Sea with the Atlantic waters and as the result of the large scale atmospheric transfer.

The data on the organochlorine pesticide concentrations in the water and in the bottom sediments of the Pechenga bay are presented in Tables 8 and 9.

Concentrations of the hexachlorocyclohexane (HCH), hexachlorobenzene (HCB), chlordanes, DDT in the Pechenga bay waters correspond to the concentrations typical of the water masses in the south-west part of the Barents Sea and do not exceed the maximum permissible concentrations in seawater for the fishery activity [*Перечень рыбохозяйственных нормативов ...*, 1999]. Concentrations of α -HCH in the Pechenga bay waters varied in the range 0.52-1.11 ng/l, and those of γ -HCH corresponded to the analytical zero. Dominance of the isomer α -HCH in the water points out to the relatively old contamination of the marine environment with this pesticide.

Typical technical DDT contains in its composition the mixture of isomers: p,p' - DDT - 77,1 %, p,p' - DDD - 0,3 %, p,p' - DDE - 0,1 %. As the result of the long-term physical-chemical and biological processes occurring at the sea, DDT transforms into more stable metabolites DDD and DDE. According to the literature data in the biotic and abiotic components of the Arctic marine ecosystems the ratio of DDT/DDE concentrations is <1

море с атлантическими водами и в результате крупномасштабного атмосферного переноса.

Данные о концентрациях хлорорганических пестицидов в воде и донных осадках губы Печенга представлены в таблицах 8 и 9.

Концентрации гексахлорциклогексана (ГХЦГ), гексахлорбензола (ГХБ), хлорданов, ДДТ в воде губы Печенга соответствуют концентрациям, характерным для водных масс юго-западной части Баренцева моря и не превышают рыбохозяйственную ПДК [*Перечень рыбохозяйственных нормативов ...*, 1999]. Концентрации альфа-ГХЦГ в воде губы Печенга варьировали в интервале 0.52-1.11 нг/л, а концентрации гамма-ГХЦГ соответствовали аналитическому нулю. Доминирование в воде изомера альфа-ГХЦГ указывает на достаточно давнее загрязнение морской среды этим пестицидом.

Типичный технический ДДТ содержит в своем составе смесь изомеров: p,p' - ДДТ - 77.1 %, p,p' - ДДД - 0.3 %, p,p' - ДДЕ - 0.1 %. В результате длительных физико-химических и биологических процессов, происходящих в море, ДДТ трансформируется в более стойкие метаболиты ДДД и ДДЕ. Согласно литературным данным, в биотической и абиотической компонентах морских арктических экосистем отношение концентраций ДДТ/ДДЕ <1 [*Chernyak et al.*, 1995; *Iwata et al.*, 1993]. Результаты определения относительного содер-

Таблица 8. Концентрации хлорорганических пестицидов в воде губы Печенга, нг/л
Table 8. Concentrations of organochlorine pesticides in the Pechenga bay water, ng/l

Станция Station	Глубина Depth, m	Альфа- ГХЦГ α -HCH	Гамма- ГХЦГ γ -HCH	ГХБ HCB	Сумма хлор- данов Sum chlorides	p,p'- ДДЕ DDE	o,p'- ДДД DDD	p,p'- ДДД DDD	o,p'- ДДТ DDT	p,p'- ДДТ DDT	Σ ДДТ Σ DDT
1	0	0.52	0.00	0.12	0.16	0.39	0.31	1.13	2.02	2.41	6.26
	10	0.89	0.00	0.40	0.51	0.84	0.00	1.50	2.09	1.46	5.89
	51	0.87	0.93	0.41	0.00	0.94	0.44	1.31	3.03	1.78	7.50
2	0	0.91	0.00	0.50	0.60	0.51	0.06	1.14	1.99	1.77	5.47
	10	1.11	0.00	0.57	0.24	0.92	1.03	1.49	2.55	2.69	8.68
	21	0.98	0.00	0.58	0.11	0.74	0.52	1.04	2.14	1.27	5.71

Таблица 9. Содержание хлорорганических пестицидов в донных осадках губы Печенга, нг/г сухой массы

Table 9. Content of organochlorine pesticides in the Pechenga bay bottom sediments, ng/g dw

Станция Station	Глубина, Depth, m	Альфа- ГХЦГ α -HCH	Гамма- ГХЦГ γ -HCH	ГХБ HCB	Сумма хлор- данов Sum chlorides	p,p'- ДДЕ DDE	o,p'- ДДД DDD	p,p'- ДДД DDD	o,p'- ДДТ DDT	p,p'- ДДТ DDT	Σ ДДТ Σ DDT
1	52	0.09	0.20	0.06	0.97	1.03	0.61	1.51	1.16	11.4	15.7
2	22	0.07	0.36	0.09	1.38	1.27	1.11	2.28	1.60	14.9	21.2

[Chernyak et al., 1995; Iwata et al., 1993]. The estimation results of the DDT metabolites relative contents in the Pechenga bay waters show that the ratio of p,p'-DDT /p,p'-DDE concentrations exceeds significantly 1. This fact testifies to the "fresh" input of DDT into the Pechenga bay ecosystem.

Organochlorine pesticides content in the marine bottom sediments is not standardized, thus, to estimate their concentrations in the Pechenga bay bottom sediments is possible only comparing them with the pesticides concentrations in the Barents Sea bottom sediments. According to the PINRO data in the Barents Sea bottom sediments (the fishing area is Rybach'ya banka) summarized content of hexachlorocyclohexane varied in the range 0,07- 0,18, hexachlorobenzene – 0,02-0,04, DDT – 0,38-1,35 ng /g dry weight, which is significantly low than the concentrations revealed in the bottom sediments of the Pechenga bay (see Table 9).

It is known that γ -HCH in the environment is decayed by microorganisms and is isomerized photochemically into a more stable isomer α -HCH. Thus, the increase of the relative contents of α -HCH in comparison to other isomers testifies to the more distant as for its location and the period source of contamination [Benezet, Matsumara, 1973]. In the bottom sediments

жания метаболитов ДДТ в воде губы Печенга показывают, что отношение концентраций p,p'-ДДТ/p,p'-ДДЕ значительно больше 1. Это свидетельствует о "свежем" поступлении ДДТ в экосистему губы Печенга.

Содержание хлорорганических пестицидов в морских донных осадках не нормируется, поэтому оценить их концентрации в донных осадках губы Печенга можно при сравнении с содержанием пестицидов в донных осадках Баренцева моря. По данным ПИНРО в донных осадках Баренцева моря (промысловый район Рыбачья банка) суммарное содержание гексахлорциклогексана варьировало от 0.07 до 0.18, гексахлорбензола – от 0.02 до 0.04, ДДТ – от 0.38 до 1.35 нг/г сухой массы, что значительно ниже концентраций, обнаруженных в донных осадках губы Печенга (см. табл. 9).

Известно, что гамма-ГХЦГ в окружающей среде разлагается микроорганизмами и изомеризуется фотохимически в более стабильный изомер альфа-ГХЦГ. Поэтому увеличение относительного содержания альфа-ГХЦГ по сравнению с другими изомерами свидетельствует о более удаленном в пространстве и во времени источнике загрязнения [Benezet, Matsumara, 1973]. В донных осадках губы Печенга отношение альфа-ГХЦГ/гамма-ГХЦГ варьирует от 0,24 до 0.45, и указывает на недавнее загрязнение экосистемы губы гексахлорциклогексаном. В донных осадках губы, как и в воде, отнош-

of the Pechenga bay, as well as in the water, the ratio $\alpha\text{-HCH}/\gamma\text{-HCH}$ was significantly higher than 1 which is typical of "fresh" contamination.

In the majority of the countries including the former Soviet Union, usage of DDT was prohibited in 70s, thus, the fact when the traces of the fresh input of DDT into the Pechenga bay ecosystem were found, is unexplainable.

Polychlorinated biphenyls (PCB) are widely used in the industry. They are applied as dielectric in the transformers and in the large condensers, in the heat transfer systems, hydraulic systems, they are included into the composition of the lubricating and cooling oils, are used as plastifiers, besides, they are used in the dyes, glues, putties and plastics.

The data on the polychlorinated biphenyls concentrations in the water and in the bottom sediments of the Pechenga bay are presented in Tables 10 and 11.

According to the PINRO data in the south-western part of the Barents Sea on the Rybach'ya banka summarized PCB concentrations in the water varied in the range 1,56-3,02 ng /l, in the bottom sediments – 0,25-0,6 ng /g dry weight. Summarized concentrations of PCB in water and in the bottom sediments of the Pechenga bay ex-

ние p,p' -ДДТ / p,p' -ДДЕ было значительно больше 1, что характерно для "свежего" загрязнения.

В большинстве стран, в том числе и в бывшем Советском Союзе, применение ДДТ было запрещено в 70-е годы, поэтому совершенно необъясним факт обнаружения следов свежего поступления ДДТ в экосистему губы Печенга.

Полихлорбифенилы (ПХБ) широко применяются в промышленности. Они используются в качестве диэлектриков в трансформаторах и крупных конденсаторах, в системах теплопередачи, гидравлических системах, входят в состав смазочных и охлаждающих масел, в качестве пластификатора используются в красителях, клеях, замазках и пластмассах.

Данные о концентрациях полихлорбифенилов в воде и донных осадках губы Печенга представлены в таблицах 10 и 11.

По данным ПИНРО в юго-западной части Баренцева моря на Рыбачьей банке суммарные концентрации ПХБ в воде варьировали от 1.56 до 3.02 нг/л, а в донных осадках – от 0.25 до 0.6 нг/г сухой массы. Суммарные концентрации ПХБ в воде и донных осадках губы Печенга в несколько раз превышали эти значения (см. табл. 10 и 11). Из индивидуальных соединений доминировали пента- и гексахлорированные конгигеры ПХБ с номерами 153, 138, 118, 105, 101, 99, входящие в состав ин-

Таблица 10. Концентрации полихлорбифенилов (ПХБ) в воде губы Печенга, нг/л
Table 10. Concentrations of polychlorinated biphenyls (PCB) in the Pechenga bay water, ng/l

Станция Station	Глубина Depth, м (m)	Номера конгинеров полихлорбифенилов по номенклатуре IUPAC IUPAC No's of PCB congeners												Сумма ПХБ Σ PCB
		28	31	52	99	101	105	118	138	153	156	180	187	
1	0	0.80	0.00	0.15	0.68	1.43	0.59	0.54	0.75	0.89	0.00	0.00	0.00	5.83
	10	0.69	0.00	0.03	0.89	2.24	0.61	0.62	0.64	0.69	0.00	0.00	0.00	6.41
	51	1.24	0.00	0.68	1.80	0.30	0.71	0.41	0.72	0.79	0.00	0.00	0.00	6.65
2	0	1.34	0.00	0.23	0.35	1.74	0.63	0.55	0.70	0.78	0.00	0.00	0.00	6.32
	10	0.56	0.00	0.77	0.99	1.53	0.87	0.60	0.95	1.15	0.00	0.00	0.00	7.42
	21	12.5	0.00	0.11	0.82	1.37	0.64	0.43	0.64	0.75	0.00	0.00	0.00	6.04

Таблица 11. Содержание полихлорбифенилов (ПХБ) в донных осадках
губы Печенга, нг/г сухой массы

Table 11. Content of polychlorinated biphenyls (PCB) in the Pechenga bay
bottom sediments, ng/g dw

Станция Station	Глубина Depth, м (m)	Номера конгинеров полихлорбифенилов по номенклатуре IUPAC IUPAC No's of PCB congeners												Сумма ПХБ Σ PCB
		28	31	52	99	101	105	118	138	153	156	180	187	
1	52	0.00	0.00	0.00	0.59	0.25	0.16	0.51	0.68	1.16	0.19	0.25	0.15	3.94
2	22	0.15	0.11	0.00	0.76	0.67	1.29	0.75	1.15	1.71	0.04	0.24	0.35	6.22

ceeded these values in several times (see Tables 10 and 11). Among individual compounds there dominated penta- and hexachlorinated PCB congeners with numbers 153, 138, 118, 105, 101, 99, included into the composition of the industrial mixtures Aroclor 1254, Aroclor 1260, etc.

A higher contamination level of the Pechenga bay ecosystem with polychlorinated biphenyls in comparison to the open part of the Barents sea is connected with the previous exploitation of the bay as the naval base.

Conclusion

On the basis of the carried out investigations the following conclusions can be drawn:

- in the Pechenga bay waters in the area of the fish culture cages location an insignificant concentrations increase of the easily oxidized organic substance, ammonia nitrogen and mineral phosphorus was found which cannot cause significant change of the sea water quality as they in many times are lower, than the maximum permissible concentrations in seawater;
- total phosphorus content in the bottom sediments under the cages and on the "background" station corresponded to the total phosphorus contents in the bottom sediments of the Kola peninsula coastal zone, which testifies absence of bottom sediments

дустриальных смесей Aroclor 1254, Aroclor 1260 и т.д.

Более высокий уровень загрязнения экосистемы губы Печенга полихлорбифенилами по сравнению с открытым морем связан с предыдущим использованием ее в качестве военно-морской базы.

Заключение

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

- в воде губы Печенга в районе размещения рыбоводных садков наблюдалось незначительное увеличение концентраций легко окисляемого органического вещества, аммонийного азота и минерального фосфора, которые не могут вызвать существенного изменения качества морской воды, так как во много раз ниже предельно допустимых концентраций;
- содержание общего фосфора в донных осадках под садками и на "фоновой" станции соответствовало содержанию общего фосфора в донных отложениях прибрежной зоны Кольского полуострова, что свидетельствует об отсутствии загрязнения донных осадков в процессе садкового выращивания семги;
- полученные результаты также подтверждают отсутствие загрязнения тяжелыми металлами воды и донных осадков губы Печенга в районе размещения рыбоводной фермы;

contamination during cage cultivation of the salmon;

- the results obtained confirm also absence of contamination with heavy metals of both: water and the bottom sediments of the Pechenga bay in the area of the fish culture farm location;

- the Pechenga bay area contamination with oil hydrocarbons has nothing to do with the fish culture farm activity;

- summarized concentrations of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in the Pechenga bay water are close to the global background level, compounds which are typical combustion products of both: fossil and transport fuel dominate in the bottom sediments. Bottom sediments contamination with PAH showing carcinogenic and mutagenic activity is the consequence of the previous economic activity on the bay's area;

- the results obtained point out to the relatively "fresh" contamination of the Pechenga bay ecosystem with organochlorine pesticides – hexachlorocyclohexane and DDT;

- a higher contamination level of the Pechenga bay ecosystem with polychlorinated biphenyls in comparison to the open part of the Barent Sea is caused by the previous exploitation of the bay's area as naval base.

- загрязнение акватории губы Печенга нефтяными углеводородами не имеет отношения к деятельности рыбоводной фермы;

- суммарные концентрации полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в воде губы Печенга близки к глобальному фоновому уровню, а в донных осадках доминируют соединения, являющиеся характерными продуктами сгорания ископаемого и транспортного топлива. Загрязнение донных осадков ПАУ, канцерогенную и мутагенную активность, является следствием предшествующей хозяйственной деятельности на акватории губы;

- полученные результаты указывают на сравнительно "свежее" загрязнение экосистемы губы Печенга хлорорганическими пестицидами – гексахлорциклогексаном и ДДТ;

- более высокий уровень загрязнения экосистемы губы Печенга полихлорбифенилами по сравнению с открытым морем вызван предшествующим использованием губы в качестве военно-морской базы.

References

Методы гидрохимических исследований океана. – М.: Наука, 1978. – 271 с.

Методические указания по определению загрязняющих веществ в морских донных отложениях № 43. – М.: Гидрометеиздат, 1979. – 39 с.

Литература

- Перечень рыбохозяйственных нормативов: предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение.* – М.: Изд-во ВНИРО, 1999. – 304 с.
- Ackefors H., Södergren A.* Swedish experience of the impact of Aquaculture on the Environment // ICES C.M. – 1985. – E:40/ Sess. W. – 7 pp.
- Benezet H. J., Matsumara F.* Isomerization of g-BCH to a-BCH in the environment // Nature, 1973. – No. 243. – P. 480–481.
- Chernyak S. M., McConnell L. L., Rice C. B.* Fate of some chlorinated hydrocarbons in arctic and far eastern ecosystems in the Russian Federation // Sci. Total Environ. – 1995. – V. 160/161. – P. 75–85.
- Cripps G. C.* Baseline level of hydrocarbons in sea water of the Southern Ocean. Natural variability and regional patterns // Mar. Pollut. Bull. – 1995. – V. 30, No. 2. – P. 133–145.
- Determination of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Sediments: Analytical Methods* // ICES Cooperative Research Report. – 1997. – No. 222. – Annex 1. – P. 118–124.
- Ennel M., Ackefors H.* Nutrients discharges from aquaculture operations in Nordic countries into adjacent sea areas // ICES C.M., 1991. – F:56. – 17 pp.
- Ennel M., Löf J.* Environment impact of aquaculture – sedimentation and nutrient loading from fish cage culture farming // Vatten. – 1983. – 39. – P.364–375.
- Gurevich V. I.* Recent sedimentogenesis and environment on the arctic shelf of western Eurasia // Meddelelser. – Oslo. – 1995. – No. 131. – 92 p.
- Iwata H., Tanabe S., Sakai N., Tatsukawa R.* Distribution of persistent organochlorines in the oceanic air and surface sea water and the role of ocean on their global transport and fate // Environ. Sci. Technol. – 1993. – V. 27. – P. 1080–1098.
- Manual of Method in Aquatic Environment Research. Part 1. Methods for Detection, Measurement and Monitoring of Water Pollution* // FAO Fisheries Technical Paper. – No.137. – 1975. – 238 p.
- Nikolau K., Masclet P., Mouvier G.* Sources and reactivity of polycyclic aromatic hydrocarbons in the atmosphere: a critical review // Sci. Total Environ. – 1984. – V. 32. – P. 103–131.
- The Determination of Petroleum Hydrocarbons in Sediments* // Manual and Guides, 11, UNESCO, 1982. – 38 p.
- Wallin M., Hakanson L.* Nutrient loading models for estimating the environmental effects of marine fish farms // Marine Aquaculture and Environment / Edited by T. Makinen. – Copenhagen, Nordic Council of Ministers. – Nord. – 1991. – No. 22. – P. 39–55.

Математическое моделирование поведения экосистем прибрежных районов Белого моря

Mathematic Modeling of Behaviour of Coastal Regions' Ecosystems of the White Sea

I. M. Primakov

Zoological Institute RAS

И. М. Примаков

Зоологический институт РАН

Математические модели и методы ориентированные на решение экологических проблем морских экосистем развиваются очень быстро. В последние десятилетия, в связи с интенсивным развитием вычислительной техники, круг решаемых задач значительно расширился. Это и популяционные модели планктона, и моделирование баланса органических веществ, и вопросы функционирования водных экосистем [Steele, 1998; Edwards, Brindley, 1999; Vrede et al, 1999; Jang, 2000].

Основные подходы к моделированию водных экосистем достаточно подробно изложены в обзорных работах В. И. Беляева (1980), Т. А. Айзатулина и И. П. Шамардиной (1980), S. E. Jorgensen (1994), В. В. Дмитриева (1995). В рамках данной работы я ограничусь рассмотрением результатов, полученных при разработке различных типов моделей прибрежных экологических систем Белого моря.

В середине семидесятых годов ряд интересных модельных постановок было выполнено для исследова-

ния динамики биомассы фито- и зоопланктона пелагиали Белого моря. В частности, в работе Алексеева и др. (1974) рассматривается модель, состоящая из балансовых уравнений (дифференциальные уравнения 1-го порядка). По уравнениям рассчитано изменение биомассы фито- и зоопланктона пелагиали Белого моря в течение сезона активного фотосинтеза. Сравнение моделируемых параметров с соответствующими натурными наблюдениями показало их удовлетворительное согласие.

Другая модель была создана для изучения динамики численности планктона Белого моря на основе системы уравнений хищник-жертва [Алексеев, Полякова, 1974]. Коэффициенты модели определялись по экспериментальным данным. Расчеты были выполнены в предположении, что суммарная биомасса изменяется по вертикали, но постоянна во времени. В дальнейшем эта модель была усложнена оценкой влияния турбулентного обмена, освещенности и уменьшения биогенов в

системе [Алексеев и др., 1975]. Параметры модели подбирались на основе натурных измерений численности фито- и зоопланктона Белого моря. Качественный анализ системы уравнений модели показал наличие периодических колебаний имеющих затухающий характер. Было отмечено удовлетворительное согласие вычисленных и натурных вертикальных распределений биомасс фито-планктона и неудовлетворительное — для зоопланктона. Последнее обстоятельство авторы объясняют существенным упрощением роли зоопланктона в модели и сведением его описания к одной переменной.

Д. К. Старицыным (1997) для оценки временных изменений основных характеристик экосистемы на акватории мидиевых хозяйств Белого моря были численно реализованы имитационные модели водных экосистем, разработанные S. E. Jorgensen (1994). Модель была реа-

лизирована для случаев с предельно низкими и предельно высокими величинами фосфорной нагрузки за четырехлетний цикл функционирования мидиевого хозяйства. Показано, что цикл круговорота фосфора в прибрежных районах Белого моря хорошо сбалансирован и при выбранных начальных условиях экосистема может выдерживать значительные нагрузки без существенных изменений.

Эта же имитационная модель использовалась и в данной работе. Расчет модели осуществлялся с помощью программы STEPS, разработанной Jorgen Salomonsen (Department of Environmental Chemistry, Royal Danish School of Pharmacy, Denmark). На рис. 1 представлена диаграмма используемой модели.

Дифференциальные уравнения, по которым оценивается баланс фосфора в модели, имеют вид:

$$\frac{dPS}{dt} = (PSi - PS) \frac{Q}{V} + Decomp \cdot PDet - MyMax \cdot LightLim \cdot PLim \cdot k_1 \cdot Phyt + PRel \cdot \frac{PSed}{D}, \quad (1)$$

$$\frac{dPhyt}{dt} = ((MyMax \cdot LightLim \cdot PLim) - MortPhyt - \frac{Q}{V} - SedPhyt) Phyt - Graz, \quad (2)$$

$$\frac{dPDet}{dt} = (MortPhyt \cdot Phyt + MortZoo \cdot Zoo) k_1 - Decomp + \frac{Q}{V} + SedDet) PDet + Graz(1 - Y) k_1, \quad (3)$$

$$\frac{dPSed}{dt} = (SedDet \cdot PDet + SedPhyt \cdot k_1) \cdot D - PRel \cdot PSed, \quad (4)$$

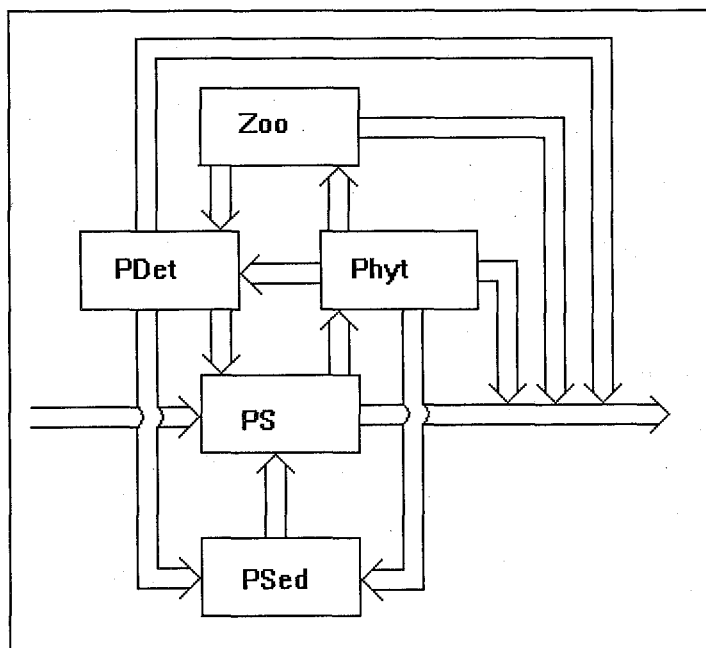


Рис. 1. Имитационная модель межгодовой изменчивости фито- и зоопланктона в зависимости от фосфорной нагрузки.

$$\frac{dZoo}{dt} = Graz \cdot Y - (MortZoo + \frac{Q}{V}) \cdot Zoo. \quad (5)$$

I. Физические параметры:

1. D – глубина акватории (м);
2. V – объем акватории (м³);
3. Q – количество втекающей в систему воды (м³/сут);
4. PS – начальная концентрация растворенного фосфора (мг/л);
5. PSi – концентрация поступающего в систему растворенного фосфора (мг/л);
6. $Light$ – освещенность в течение года (ккал/м² · сут⁻¹):

$$Light = LightMin + \frac{1 + (\sin((2\frac{t}{365} - 0.5)\pi))}{2} LightMax,$$

где $LightMin$ – минимальная зимняя освещенность ($\text{ккал/м}^2 \cdot \text{сут}^{-1}$); $LightMax$ – максимальная летняя освещенность ($\text{ккал/м}^2 \cdot \text{сут}^{-1}$); t – время (сут).

II. Параметры фитопланктона:

1. $Phyt$ – начальная концентрация фитопланктона (мг/л),
2. $MyMax$ – максимальная скорость роста фитопланктона (сут^{-1}),
3. $MortPhyt$ – смертность фитопланктона (сут^{-1}),
4. $SedPhyt$ – скорость осаждения фитопланктона (м/сут),
5. k_1 – отношение количества фосфора к биомассе фитопланктона,
6. $PLim$ – лимитирование роста фитопланктона фосфором:

$$PLim = \frac{PS}{PS + KP},$$

где KP – константа Михаэлиса-Ментен для потребления фосфора (мг/л).

7. $LightLim$ – лимитирование роста фитопланктона светом:

$$LightLim = \frac{\ln \left(\frac{Light + KL}{Light \cdot e^{-(\alpha + \beta \cdot Phyt)} + KL} \right)}{(\alpha + \beta \cdot Phyt)D},$$

где KL – константа Михаэлиса-Ментен для света ($\text{ккал/м}^2 \cdot \text{сут}^{-1}$); α – коэффициент светового поглощения воды (м^{-1}); β – коэффициент светового поглощения фитопланктона (м^{-1}).

IV. Параметры детрита:

1. $Pdet$ – начальная концентрация фосфора в детрите (мг/л);
2. $Decomp$ – скорость разложения детрита (сут^{-1});
3. $SedDet$ – скорость осаждения детрита (м/сут).

V. Параметры осадков:

1. $Psed$ – начальная концентрация фосфора в осадках (г/м^2);
2. $Prel$ – скорость высвобождения фосфора из осадков (сут^{-1}).

VI. Параметры зоопланктона:

1. Zoo – начальная концентрация зоопланктона (мг/л);
2. Y – эффективность ассимиляции пищи;
3. $MortZoo$ – смертность зоопланктона (сут^{-1});
4. $Graz$ – выедание фитопланктона зоопланктоном:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Graz} = \text{GrazMax} \frac{\text{Phyt} - \text{GZK}}{\text{Phyt} + \text{KPhyt}} \frac{\text{ZooK} - \text{Zoo}}{\text{ZooK}} \text{Zoo}, \\ \text{Graz} = 0, \end{array} \right. \begin{array}{l} \text{если } (\text{Phyt} - \text{GZK}) \geq 0 \\ \text{если } (\text{Phyt} - \text{GZK}) < 0, \end{array}$$

где *GrazMax* – скорость максимального выедания фитопланктона (мг/лсут⁻¹); *GZK* – минимальная концентрация фитопланктона, при которой зоопланктон может питаться (мг/л); *Phyt* – константа Михаэлиса-Ментен для фитопланктона (мг/л); *ZooK* – максимальная биомасса зоопланктона (мг/л).

Параметры подбирались таким образом, чтобы модель максимально адекватно описывала натурные данные, полученные в 1999-2000 гг. на станции ежедекадных наблюдений Д-1, расположенной в устьевой части губы Чупа Кандалакшского залива ($\varphi = 66^{\circ}19'50''$ с.ш.; $\lambda = 33^{\circ}40'06''$ в.д.). Также мною были использованы материалы 1963-64 гг., т.к. именно с этого времени начинаются регулярные мониторинговые наблюдения зоопланктона на станции Д-1 [Бергер, 1987]. Кроме того, в эти годы

на декадной станции проводилось изучение гидрохимических показателей, в том числе растворенного фосфора [Савоськин, 1969]. Сглаживание натурных данных осуществлялось с помощью линий скользящего среднего рассчитанных отдельно по двум и по пяти соседним точкам. Соответственно этому, модель была реализована для двух случаев:

1. рост фитопланктона слабо лимитируется концентрацией фосфора ($KP = 0.01$ мг/л);
2. фосфор лимитирует рост фитопланктона ($KP = 0.005$ мг/л).

Величины некоторых параметров, используемых при построении моделей, приведены в табл. 1.

Результаты моделирования отображены на рисунках 2 и 3.

Таблица 1. Величины некоторых исходных параметров модели и пределы варьирования компонентов системы

Параметры	Модель 1	Модель 2	Источник
KP	0.01	0.005	
LightMin	200		Бобров и др., 1995
LightMax	2300		----- // ----- //
MyMax	1.5		Eppley et al., 1972;
			Strickland et al., 1969
MortPhyt	0.1		Алексеев и др., 1974
MortZoo	0.05		----- // ----- //

Y	0.8		Conover, 1966; Методы..., 1968
$[PO_4^{3-}]$ (мкмоль/л)	0.02–1.08	0.02–0.88	
B_{ph} (мг/л)	0–236	0–232	
B_{zoo} (мг/л)	0–505	0–378	

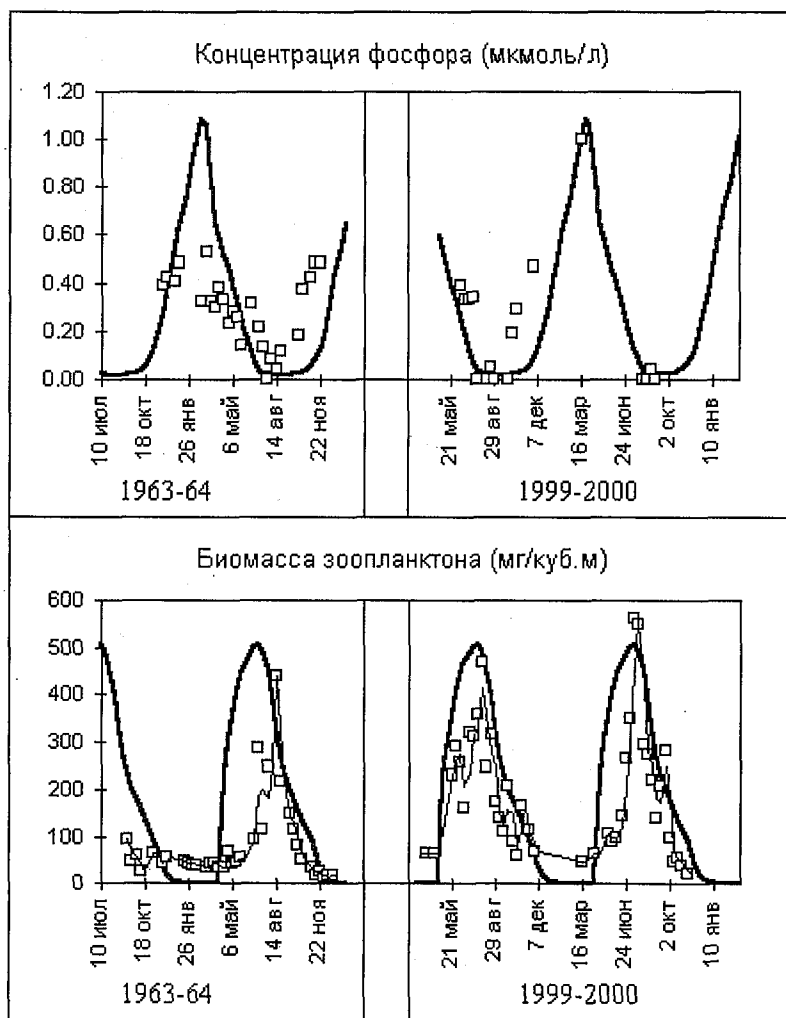


Рис. 2. Реализация модели при $KP = 0.01$ мг/л.

Условные обозначения:

- модель;
- натурные данные;
- линия сглаживания по двум точкам.

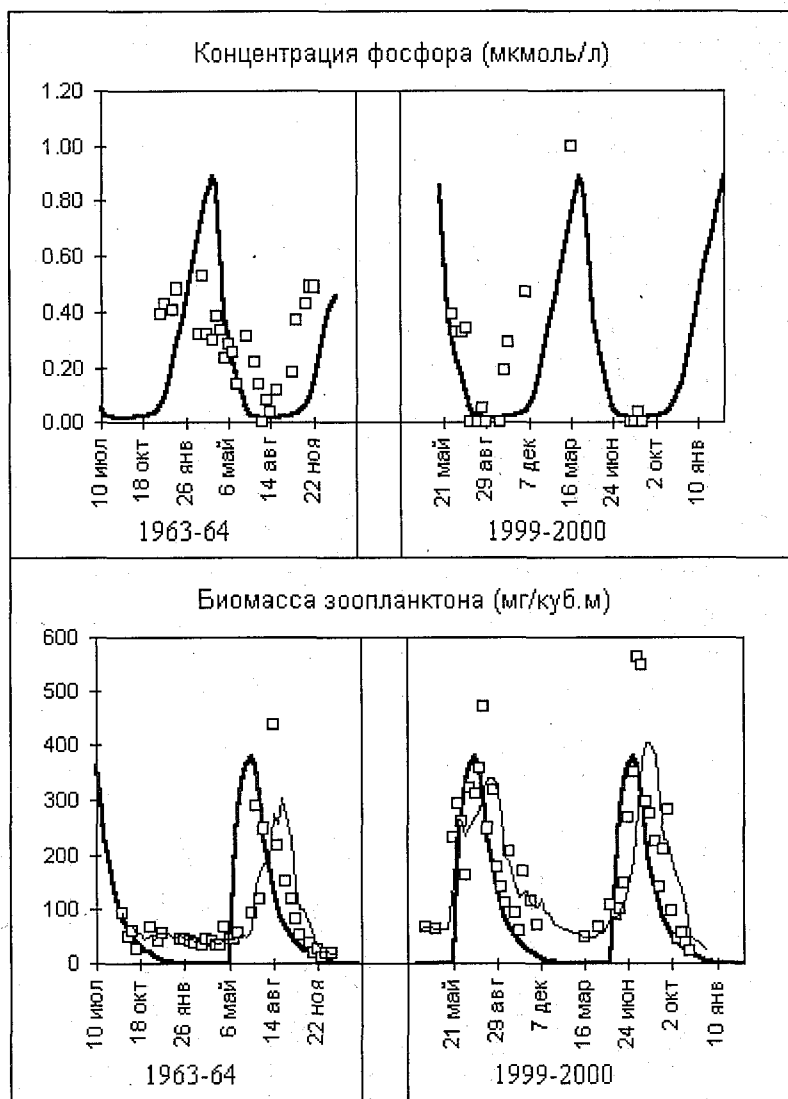


Рис. 3. Реализация модели при $KP = 0.005$ мг/л.

Условные обозначения:

— модель;
 □ натурные данные;
 — линия сглаживания по пяти точкам.

Как видно из рисунков, модель способна адекватно описывать натурные данные. В изменчивости модельных параметров наблюдается

выраженная годовая цикличность, что соответствует сезонным изменениям природной системы. Таким образом, данная модель достаточно

устойчива и слабо зависит от величины потребления фосфора фито-

планктоном.

References

Литература

- Айзатуллин Т. А., Шамардина И. П. Математическое моделирование экосистем морей и океанов. Общая экология. Биоценология. Гидробиология. – М., 1980. – Т. 5 (Итоги науки и техники ВИНТИ АН СССР).
- Бергер В. Я. Беломорская биологическая станция Зоологического института АН СССР (история возникновения и итоги научно-исследовательской деятельности за период с 1949 по 1987 гг.). В сб.: Гидробиологические и ихтиологические исследования на Белом море. – Л., 1987. – С. 4–22.
- Алексеев В. В., Полякова М. С. Модель вертикального распределения фито- и зоопланктона в Белом море. В сб.: Математические модели морских экологических систем. – Киев, 1974.
- Алексеев В. В., Гусев А. М., Максимов В. Н., Федоров В. Д. Динамика биомассы фито- и зоопланктона в пелагиали Белого моря. – Гидробиологический журнал, 1974. – Т. X, № 2. – С. 5–10.
- Беляев В. И. Математическое моделирование экосистем морей и океанов. Общая экология. Биоценология. Гидробиология. – М., 1980. – Т. 5 (Итоги науки и техники ВИНТИ АН СССР).
- Бобров Ю. А., Максимов М. П., Савинов В. М. Первичная продукция фитопланктона // В кн.: Белое море. Биологические ресурсы и проблемы их рационального использования. – СПб., 1995. – Т. 1. – С. 92–114.
- Дмитриев В. В. Диагностика и моделирование водных систем. – СПб, 1995.
- Методы определения продукции водных животных / Под ред. Г. Г. Винберга // Минск, 1968. – 245 с.
- Савоськин Ю. М. Основные черты гидролого-гидрохимического режима губы Чупа Белого моря // Отчет о гидрол. работах в губе Чупа Белого моря за 1957–1967 гг. – Фонды Зоологического института АН СССР (Беломорская биостанция), 1969. – 250 с.
- Старицын Д. К. Использование математических моделей для анализа поведения экосистемы прибрежных районов Белого моря // Отчет о научно-исследовательской работе “Гидрологический и гидрохимический режим и особенности антропогенного воздействия в зоне мидиевых хозяйств”. – СПб., 1997. – 15 с.
- Conover R. J. Assimilation of organic matter by zooplankton. – Limnol. and Oceanogr., 1996. – 11, No 3. – P. 338–345.
- Edwards A. M., Brindley J. Zooplankton mortality and the dynamical behaviour of plankton population models. – Bulletin of Mathematical Biology, 1999. – Vol. 61, Issue 2. – P. 303–339.
- Eppley R. W., Carlucci A. F., Holm-Hansen O., Kiefer D., McCarthy J. J., Williams P. M. Evidence for eutrophication in the sea near southern California coastal sewage out falls // July 1970. – Calcofi Rep, 1972.

Jang S. R.-J. Dynamics of variable-yield nutrient-phytoplankton-zooplankton models with nutrient recycling and self-shading. – *Journal of Mathematical Biology*, 2000. – Vol. 40, Issue 3. – P. 229–250.

Jorgensen S. E. Fundamentals of Ecological Modeling (2nd edition). – Amsterdam, 1994.

Steele J. H. Incorporating the microbial loop in a simple plankton model. *Proceedings of the Royal Society of London. – Biological Sciences*, 1998. – Vol. 265, Issue 1407. – P. 1771–1777.

Strickland J. D. H., Eppley R. W., Rojas de Mendiola B. Phytoplankton populations, nutrients and photosynthesis in Peruvian coastal waters. – *Bol. Inst. del Mar del Peru.* – 2. – P. 1–45.

Vrede K., Vrede T., Isaksson A., Karlsson A. Effects of nutrients (phosphorous, nitrogen, and carbon) and zooplankton on bacterioplankton and phytoplankton // A seasonal study. *Limnology and Oceanography*, 1999. – Vol. 44, Issue 7. – P. 1616–1624.

СОЦИАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ СЕВЕРНЫХ МОРЕЙ

УДК 338.001.76 (470.21)

Оценка экономики прибрежной зоны и инвестиционных рисков Мурманского региона

Appraisal of the Coastal Zone Economy and Investment Risks in the Murmansk Region

G. G. Gogoberidze

Russian State
Hydrometeorological University

Г. Г. Гогоберидзе

Российский государственный
гидрометеорологический университет

Appraisal of the Coastal Zone Economy in the Murmansk Region

In the theory of economics, capital is distinguished into three main components: the "natural capital", the "human capital" and the "manufactured capital" [*Coastal zone Management* ..., 1997]. For the coastal zone conditions, the natural capital includes renewable living resources (material and non-material), increased natural capital, renewable nonliving resources and non-renewable resources. The manufactured

Оценка экономики прибрежной зоны Мурманского региона

В экономической теории капитал принято различать по трем основным группам: природный капитал, человеческий капитал и созданный капитал [*Coastal zone Management* ..., 1997]. Для условий прибрежной зоны, природный капитал включает возобновляемые живые ресурсы (материальные и нематериальные), возвращенный природный капитал, возобновляемые неживые ресурсы и невозобновляемые ресурсы. Под созданным капиталом понимают: все

capital is made up of all the goods created as a result of economic activity, including innovation technologies, machines, buildings, factories, roads, application of technologies, fertilizers, plant control etc.

Thus, the economic value of the coastal zone area is estimated on the basis of four main components:

- *products having direct market value obtained* owing to the coastal and marine environment, e.g., commercial and noncommercial fishery, mineral resources, oil and gas, aquiculture, recreation activities and tourism etc.;

- *estimation of activity of the industries depending on the coast*, for example, transport industry, activity in ports and harbours;

- *estimation of activity of the coast-linked industries*, for example, fish processing, production of marine equipment and gears;

- *estimation of activity of coastal service industries which operate in the coastal zone area*, for example, education and research, business, certain industries and other professional concerns.

The present work is an attempt to give a general economic estimation of the coastal zone area of the Murmansk Region based on the official statistical data covering the entire Russian Federation, as well as on materials received from official information sources of the Administration of the Murmansk Region, mass media and Internet sites devoted to the Murmansk Region.

товары, произведенные вследствие экономической деятельности, включая инновационные технологии, машины, здания, фабрики, дороги, использование технологий, удобрений, контроль за растениями и т.д.

Таким образом, экономическая ценность прибрежной зоны оценивается из четырех главных компонент:

- *изделия прямой рыночной ценности* от прибрежной и морской окружающей среды, например, коммерческий и некоммерческий лов рыбы, полезные ископаемые, нефть и газ, аквакультура, отдых и туризм и т.д.;

- *оценка деятельности отраслей, зависящих от побережья*, например, транспортная отрасль, деятельность в портах и гаванях;

- *оценка деятельности отраслей, связанных с побережьем*, например, обработка рыбы, производство морского оборудования и механизмов;

- *оценка деятельности отраслей сферы прибрежных услуг*, которые работают в прибрежной зоне, например, образование и исследования, бизнес, отдельные отрасли промышленности и другие профессиональные предприятия.

В работе была сделана попытка дать общую экономическую оценку прибрежной зоны для Мурманской области, опираясь на официальные общедоверительные статистические данные, а также на материалы, полученные из официальных информационных источников Администрации Мурманской области,

The general results received are presented in Table 1.

СМИ и Интернет-сайтов, посвященных Мурманской области (табл. 1).

Таблица 1. Оценка реальной и потенциальной экономической ценности прибрежной зоны Мурманской области

Table 1. Estimation of actual and potential economic value of the coastal zone area of the Murmansk Region

<i>Критерий оценки</i>	<i>Величина оценки, Млн. USD</i>
1. Объем коммерческого и некоммерческого вылова рыбы и иных морепродуктов непосредственно в прибрежной зоне. Commercial and noncommercial catch of fish and other seafood directly in the coastal zone area.	197.5
2. Объем добычи полезных ископаемых, нефти и газа и т.д. непосредственно в прибрежной/шельфовой зоне. Volume of extraction of mineral resources, oil and gas etc. directly in the coastal zone/shelf area.	15.0
3. Доходы от туризма. Tourism revenue.	0.0
4. Оценка грузооборота портового хозяйства. Estimation of freight turnover of the port facilities.	1 500.0
5. Оценка объема транспортных перевозок и стоимости всей сети автомобильных и железных дорог в пределах прибрежной зоны. Estimation of transportation volume and value of the entire network of automobile roads and railway lines within the limits of the coastal zone area.	18.0
6. Оценка объема рыбообработки и обработки морепродуктов, судостроения и судоремонта на предприятиях, расположенных в пределах прибрежной зоны. Estimation of volume of fish processing and seafood processing, shipbuilding and ship-repair industry at the plants located within the limits of the coastal zone area.	60.0
7. Объем российских и зарубежных инвестиций в год. Size of annual Russian and foreign investments.	160.0
8. Затраты из бюджета на образование, науку, поддержку отраслей и т.п., непосредственно связанных с прибрежной зоной. Budget expenses on education, science, support of industries etc. directly connected with the coastal zone area.	7.0
9. Затраты и доходы из бюджета на преобразование и поддержание прибрежной зоны (поддержание и создание новых пляжей, укрепление берегов, защиту от наводнений, ассимиляция отходов/загрязнения и т.д.). Budget expenses and revenue from conversion and support of the coastal zone area (maintenance and formation of new beaches, shore protection, flood control, assimilation of wastes/pollution etc.).	8.8

10. Оценка объема ущерба от загрязнения, деградации компонент прибрежных экосистем и т.п. Estimation of damage from pollution, degradation of components of coastal ecosystems etc.	400.0
11. Оценка приливоотливных и волновых энергий. Estimation of energy derived from tides and waves.	0.0
12. Оценка годовой добычи природных активов, т.е. рыбозапаса в шельфовой зоне, залежей ископаемых, нефти и газа и т.п. Estimation of annual natural assets, i.e., fish stock in the shelf zone, mineral deposits, oil and gas etc.	3 564.7
Общая реальная экономическая ценность Total actual economic value	1 566.3
Общая экономическая ценность с учетом возможности годовой добычи природных активов Total economic value allowing for annual potential increase in natural assets	4 918.5

By way of commentary, we shall pay attention to some issues. In calculating the size of commercial and non-commercial catch, stock replenishment has been taken into account. Tourism revenue may be considered to be practically negligent since it is only recently that realization of extreme tourism routes has started. In calculating transportation volume we confined ourselves to estimation of value of automobile roads and railway proper.

As to valuation of natural assets, it should be noted that it is only possible to estimate the fish and hydrobiont stock in the coastal zone area under condition of maximum sustainable yield. In this case the annual estimation of the permissible fish and other hy-

В качестве комментария обратим внимание на некоторые пункты. В расчете объема коммерческого и некоммерческого вылова учтено пополнение рыбозапаса. Доходы от туризма можно признать практически отсутствующими, т.к. в последнее время только начинаются работы по реализации туристических маршрутов экстремального туризма. В расчетах объема транспортных перевозок ограничились оценкой стоимости самих железных и автомобильных дорог.

В оценке природных активов отметим, что оценить рыбозапас и запас гидробионтов в прибрежной зоне возможно только при условии оценки допустимого безущербного вылова. В этом случае получаем годовую оценку допустимого вылова

drobiont catch is 399.65 mln USD. Besides, practically unlimited reserves of stone structural and bank-run gravel materials allow one to increase annual sustainable extraction of crushed gravel to approximately 150 mln USD, and that of bank-run gravel material to 1 000 mln USD. As to probable extraction of hydrocarbon raw material, which is not conducted now, the estimations can reach about 2 015 mln USD per year.

Thus, the extraction of the natural assets that the region possesses yields almost three-fold magnification of the coastal zone area value. It is also necessary to note that two relevant points were not taken into account. First, the above estimations of annual extraction of mineral resources are given for the present-day conditions of technical support, and with development of scientific and technological resources there will be an increase in extraction of mineral resources and, accordingly, augmentation of finance return from those industries. Second, development of mining industries will give substantial impetus to overall development of the region (i.e., growth of investments, development of the pipeline system, increase in freight turnover of the port facilities, magnification of the manufactured capital), which would naturally make a positive influence on the role and economic value of the

рыбы и иных гидробионтов в 399.65 млн. USD. Кроме того, практически неограниченные запасы каменно-строительных и песчано-гравийных материалов позволяют увеличить безущербную годовую добычу щебня до порядка 150 млн. USD, а гравийно-песчаного материала – до 1 000 млн. USD в год. Что касается возможности добычи углеводородного сырья, которая сейчас не ведется, то эта величина может составлять по оценкам около 2 015 млн. USD в год.

Таким образом, добыча природных активов, которыми располагает область, дает почти трехкратное увеличение ценности прибрежной зоны. При этом необходимо отметить, что здесь не учитывались два важных момента. Во-первых, приведенные оценки ежегодной добычи минеральных ресурсов даны для условий сегодняшнего дня развития технического обеспечения, и с развитием научно-технической базы будет происходить рост добычи минеральных ресурсов и, соответственно, увеличение отдачи от этих отраслей. Во-вторых, развитие добывающих отраслей даст существенный толчок к общему развитию региона (имеются в виду рост инвестиций, развитие путепроводной сети, рост грузооборота портовых хозяйств, увеличение созданного капитала), что, естественно, отразится на роли и экономической ценности прибрежной зоны Мурманского ре-

coastal zone area of the Murmansk region, significantly increasing them.

In estimating the potential of natural assets of the region, we shall highlight non-renewable resources since the estimation of renewable resources potential has been made including the probable annual catch. Here, two constituents are to be distinguished having significant magnitude and contribution. First, these are the practically unlimited reserves of stone structural and bank-run gravel materials, the balance stock of which is 1 615 mln USD in structural rock for production of crushed gravel, and 10 800 mln USD in bank-run gravel material. Second, this is the immense potential of geologic resources of hydrocarbon raw material on the Barents Sea shelf estimated as a whole at 4 212.000 mln USD, of which the extractable resources are estimated to be 2 551.500 mln USD. Thus, the final approximate estimation of the potential natural assets is about 6 776 milliard USD.

To obtain the per capita estimation of the value of the coastal zone area of the Murmansk Region, one can calculate that since there are about 750 thousand inhabitants in the coastal zone area, the per capita value of the coastal zone area is equal to 2 088.4 USD. It should be noted that there is a potential even today, at the present level of technical support, to increase this figure

гиона в сторону значительного увеличения.

При оценке потенциала природных активов региона, обратим внимание на невозобновляемые ресурсы, т.к. оценка потенциала возобновляемых ресурсов сделана путем учета возможности годового вылова. Здесь по своей величине и вкладу выделим две составляющие. Во-первых, практически неограниченные запасы каменно-строительных и песчано-гравийных материалов, балансовые запасы которых составляют 1 615 млн. USD для строительного камня для производства щебня и 10 800 млн. USD для гравийно-песчаного материала. Во-вторых, огромный потенциал геологических ресурсов углеводородного сырья на шельфе Баренцева моря, которые в целом оцениваются в 4 212 000 млн. USD, из которых извлекаемые ресурсы оцениваются в 2 551 500 млн. USD. Таким образом, итоговая приблизительная величина потенциальных природных активов составляет около 6 776 млрд. USD.

Для удельной оценки ценности прибрежной зоны Мурманской области можно рассчитать, что если в прибрежной зоне насчитывается порядка 750 тыс. жителей, то удельная величина ценности прибрежной зоны на жителя равна 2 088.4 USD/чел. Отметим, что потенциально уже сегодня при нынешнем уровне технического обеспечения можно увеличить эту величину более чем втрое (до 6 558.0 USD/чел), если рассмот-

more than 3-fold (up to 6 558.0 USD per capita) in case one includes the probable annual extraction of natural renewable and non-renewable resources.

Bearing in mind that the aquatic fund of the Murmansk Region encompasses portions of the White and Barents Seas with a total area of 897 000 km², the per capita value of the coastal zone area per unit water area is equal to 1 746 USD/ km² (5483 mln USD/ km² , allowing for probable annual application of the natural assets). Assuming the approximate length of the coastal zone area of the Murmansk Region to be 1 000 km, the per capita value of the coastal zone area per a kilometer of the coastline is 1 566.3 thousand USD/km (potentially, 4 918 thousand USD/km).

In considering the per capita estimation of the value of the potential natural assets, it should be noted that it is sufficient to take into account the assets in mineral resources which play the crucial role in this estimation. Their magnitude amounts to about 9.04 mln USD per capita, 7.55 mln USD/ km² of the coastal zone water area, 6 776 mln USD/km of the coastline of the Murmansk Region.

Appraisal of investment risks in the Murmansk region

One of the most relevant problems in development of Russia under

ресть возможность ежегодной добычи природных возобновляемых и невозобновляемых ресурсов.

Учитывая, что в водный фонд Мурманской области входит часть акватории Белого и Баренцева морей общей площадью 897 000 км², удельная величина ценности прибрежной зоны на единицу акватории равна 1 746 USD/км² (5 483 млн. USD/км² с учетом возможности ежегодного использования природных активов). Принимая приблизительную длину прибрежной зоны Мурманской области в 1 000 км, удельная величина ценности прибрежной зоны на километр береговой черты составляет 1 566.3 тыс. USD/км (потенциально 4 918 тыс. USD/км).

Рассматривая удельную оценку величины потенциальных природных активов, отметим, что достаточно учесть активы по минеральным ресурсам, которые играют абсолютную роль в этой оценке. Эти значения составляют около 9.04 млн. USD/чел., 7.55 млн. USD/км² площади акватории прибрежной зоны, 6 776 млн. USD/км береговой черты Мурманской области.

Оценка инвестиционных рисков Мурманского региона

Одной из наиболее важных проблем развития России в условиях кризиса является активизация развития инвестиционных процессов. С позиций повышения эффективности инвестиционных процессов особую

conditions of crisis is activation of investment process development. In terms of enhancing efficiency of investment processes, of special significance are investigations of the investment climate, the quantitative measure of which is investment risks describing probability of loss of the finance invested in the economy, caused by various economic, social, political reasons.

The methods of investment risk appraisals have become generally accepted [Cuo, 2000; *Антикризисное ...*, 2001]. The quantitative assessments for each group of the factors are obtained using expert methods and model calculations. The result of the investigation is the advise to the potential investor, viz., to what extent he or she risks if investing the financial means into the specific region's economy. Here, the intention to take to the full into account the features of the Russian economy and that of its regions predetermines difference in significance and priority of risk factors: sociopolitical, economic, foreign economic ones. The magnitude of the influence of each concrete factor is estimated with a coefficient (1 – favourable situation, 10 – unfavorable situation). A similar system can be applied for estimation of investment appeal of Russian coastal regions, too.

The estimates for the Murmansk region have been made using the data received from official information sources of the Administration of the Murmansk Region, mass media and

важность приобретают исследования инвестиционного климата, количественным выражением которого выступают инвестиционные риски, характеризующие вероятность потери средств, вложенных в экономику, вследствие различных экономических, социальных, политических причин.

Методы оценок инвестиционного риска стали общепринятыми [Cuo, 2000; *Антикризисное ...*, 2001]. Количественные оценки по каждой группе факторов выявляются экспертными методами и проведением модельных расчетов. Результатом исследований выступают рекомендации потенциальному инвестору, – в какой степени он рискует, вкладывая свои средства в экономику данного региона. При этом стремление к наиболее полному учету особенностей российской экономики и ее регионов предопределяет различие в значимости и приоритетности факторов риска: социально-политических, экономических, внешнеэкономических. Величина влияния каждого конкретного фактора оценивается коэффициентом (1 – благоприятная ситуация, 10 – неблагоприятная ситуация). Подобную систему возможно применить и для оценки инвестиционной привлекательности прибрежных регионов России.

Оценки для Мурманского региона поставлены по данным, полученным из официальных информационных

Internet sites devoted to the Murmansk Region.

Table 2 presents the data on estimation of investment risks in the Murmansk region.

источников Администрации Мурманской области, СМИ и Интернет-сайтов, посвященных Мурманской области (табл. 2).

Таблица 2. Показатель инвестиционного риска Мурманского региона

Table 2. Coefficients of investment risks in the Murmansk region

<i>Показатель Factor</i>	<i>Величина Coefficient</i>
Угроза стабильности региона извне Outer threat to stability in the region	1
Стабильность администрации региона (района) Stability of the Regional Administration	2
Характеристика официальной оппозиции администрации региона (района) Characteristic of the official opposition to the Regional Administration	3
Социальная стабильность в регионе (районе) Social stability in the region	4
Отношения рабочей силы с управленческим аппаратом Relations of the manpower with administrative personnel	3
Оценка распределения совокупного дохода в регионе Estimation of aggregate income distribution in the region	5
Общее состояние экономики региона General state of economy of the region	6
Ожидаемый рост валовой продукции экономики региона в постоянных ценах по сравнению с прошлым Expected growth in gross output in the regional economy in constant price terms in comparison with the past	4
Рост грузопереработки порта в следующем периоде Growth in freight turnover of the port in the period to come	4
Рост производства промышленной продукции в следующем периоде Increase in industrial production in the period to come	4
Рост капитальных вложений в следующем периоде Increase in capital investments in the period to come	2
Рост потребительского спроса в следующем периоде Growth of consumer demand in the period to come	3
Динамика инфляции в следующем периоде Inflation dynamics in the period to come	4

Участие в экспортных операциях Involvement in export operations	1
Участие в импорте продукции Involvement in import of production	3
Поступление в регион валютных кредитов Inflow of foreign currency credits into the region	5
Перспективы привлечения иностранных инвестиций Outlooks for attracting foreign investments	3
Фактор региональной специфики Factor of regional specificity	3
Интегральный показатель Integrated exponent	3.33

It should be noted that on the whole the Murmansk region is a favourable region for investment activity (for comparison, St. Petersburg has an integrated exponent of investment risk equal to 2.89; Vladivostok, 5.22). Besides, it is necessary to make a conclusion that it is the exponents of social and political life of the region that are dominant and crucial in estimating the investment risk.

Based on results of similar monitoring of investment risks in regions of Russia, allowing for certain conditional nature of the integrated risk exponents, estimates for the development direction and rate in individual regions can be obtained. Apparently, quality and adequacy of estimations of the regional business climate are linked with accumulation and systematization of the data, which would allow one to improve calculation methods and their interpretations.

Отметим, что Мурманский регион является в целом благоприятным регионом для инвестиционной деятельности (для сравнения, Санкт-Петербург имеет интегральный показатель инвестиционного риска 2.89, Владивосток – 5.22). Кроме того, необходимо сделать вывод, что именно показатели социально-политической жизни региона являются доминирующими и первообразующими при оценке инвестиционного риска.

По результатам подобного мониторинга инвестиционных рисков в регионах России, при определенной условности интегральных показателей риска, можно оценить направления и темпы развития отдельных районов. Очевидно, качество и адекватность оценок регионального предпринимательского климата связаны с накоплением и систематизацией данных, что позволит усовершенствовать методы расчета и их интерпретаций.

References

Литература

- Coastal zone Management imperative for maritime developing nations* / Edited by Bilal U. Haq, Syed M. Haq, Gunnar Kullenberg, Jan H. Stel. – Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 1997. – 394 p.
- Сюо К. К. Управленческая экономика / К. К. Сюо (пер. с англ.). – М.: ИНФРА-М, 2000. – 671 с.
- Антикризисное управление / Под ред. Э. М. Короткова. – М.: ИНФРА-М, 2001. – 432 с.

УДК [551.509.322 : 330.132] (66)

Оценка экономической полезности прогнозов скорости ветра в западной Арктике

Estimation of Economic Usefulness of Wind Velocity Forecasts in the Western Arctic Region

*L. N. Karlin, L. A. Khandozhko,
Ye. Yu. Kluikov, V. V. Kaganets*

Russian State
Hydrometeorological University

*Л. Н. Карлин, Л. А. Хандожко,
Е. Ю. Клюйков, В. В. Казанец*

Российский государственный
гидрометеорологический университет

Гидрометеорологическая служба России играет важную роль в решении задач устойчивого развития экономики. Это связано с тем, что стратегия устойчивого развития направлена на достижение гармонии между обществом и природой. При этом следует отметить, что гармония учитывает влияние окружающей среды на различные отрасли экономики и социальную сферу жизни населения в целом, которое приводит к существенным потерям (экономическим и социальным) в результате стихийных природных явлений, а также неблагоприятных условий погоды. Таким образом, устойчивое развитие может рассмат-

риваться как реализация стратегии выживания и непрерывающегося развития страны в условиях сохранения окружающей среды с учетом ее влияния на хозяйственную и другие виды деятельности.

Успешность решения данной задачи в значительной мере определяет эффективность использования природно-ресурсного потенциала, снижение издержек и потерь в экономике от воздействий природных явлений. Для успешного социального и экономического развития страны требуется учет всех влияющих на нее факторов, в том числе факторов природной среды, существенное значение которых для общества и экономики, на всех ее уровнях, в на-

стоящее время уже не вызывает сомнений.

Проблема в настоящее время заключается в том, что существующий набор финансово-экономических и социальных показателей, характеризующих состояние экономики и общества в целом, практически не учитывает влияние погодноклиматических явлений на устойчивость развития экономики. Однако, это влияние за последнее десятилетие стало столь значительным, что если его не принимать во внимание, то повысится неустойчивость системы природа – хозяйство – население, что приведет к нарушению динамичного развития общества [Бедрицкий, Коршунов, Хандожко, Шаймарданов, 1999]. Отсюда вытекает необходимость разработки комплексных показателей для учета влияния гидрометеорологических условий на экономику. Для этого необходимо наладить сбор информации для расчетов показателей и их анализ на регулярной основе, в том числе составлять многолетние ежегодные карты риска регионов России, выявляя степень риска гибели населения от стихийных гидрометеорологических явлений, карты подверженности отраслей экономики и территорий гидрометеорологическим явлениям. Как известно, гидрометеорологическое обеспечение производства или хозяйственных мероприятий – это совокупность работ, выполняемых с целью наиболее полного и своевременного удовлетворения хозяйственных организаций гидроме-

теорологическими материалами. Гидрометеорологическое обеспечение хозяйственной деятельности производится с учетом особенностей влияния гидрометеорологических условий на каждый конкретный объект. Производственная польза гидрометеорологических прогнозов определяется их качеством (успешностью прогнозов) и эффективностью решений потребителя, будь это защитные или иные меры предосторожности к текущему или будущему гидрометеорологическому состоянию. К основным морским отраслям хозяйства, требующим соответствующего гидрометеорологического обеспечения, относятся: морское судоходство, промысел рыбы и других пищевых морских продуктов; разведка и добыча полезных ископаемых в водной среде и на дне океанов и морей; морское гидротехническое строительство (основным из которых является портостроение), берегозащитные мероприятия (включая защиту побережья от наводнений, а берега от разрушения), морская энергетика [Логвинов, Буйков, Дмитренко, 1973]. Деятельность этих важных отраслей хозяйственной деятельности тесно связана с состоянием природной среды. Отсюда – экономическое значение использования гидрометеорологических условий при наличии достоверной информации о них [Хандожко, Устинова, Коржиков, Карелин, 2002].

Поэтому очевидна необходимость создания и введения комплексной системы оценки экономи-

ческой полезности гидрометеорологической информации. Однако уже сейчас ясно, что в этой системе должны присутствовать такие показатели, как предотвращенные и не предотвращенные потери, непредвиденный ущерб по причине пропуска опасного явления, экономическая полезность (или экономическая выгода), получаемая экономикой (отраслью экономики, производственным объектом) при использовании гидрометеорологической информации и продукции. Универсальность и важность этих показателей не вызывает сомнений. Применимость в практической деятельности можно показать, например, на реальном материале по региону Мурманск – Архангельск при использовании гидрометеорологических прогнозов и, в частности, прогноза скорости ветра. Ориентация портов на прогноз скорости ветра обусловлена тем, что ветер является “регулятором” погоды в целом. Эта его роль ощущается постоянно и наиболее полно проявляется при опасных гидрометеорологических ситуациях, затрудняющих, а нередко и парализующих отдельные виды производственной деятельности [Бедрицкий, Коршунов, Хандожко, Шаймарданов, 1999].

Исходной информацией для наших расчетов являлись методические и инерционные прогнозы скорости ветра (с учетом порывов) по морскому региону Мурманск – Архангельск за пять лет за 1983–1989 гг. (осенней – зимний период), обобщенные в виде матриц сопря-

женности. Мурманск и Архангельск – портовые города, поэтому прогноз ветра является одной из основных метеорологической информацией, ориентируясь на которую принимаются решения, в том числе и относительно судоходства на акваториях портов и прилегающих акваториях, места стоянки судов и выполнения производственных судовых операций. Производственная польза гидрометеорологических прогнозов определяется их качеством (успешностью прогнозов) и эффективностью решений потребителя, будь это защитные или иные меры предосторожности к текущей или будущей погоде. Экономическая полезность оперативных методических прогнозов погоды рассматривается посредством оценки экономического эффекта ($\mathcal{E}$) и экономической эффективности (P).

Выделяются две основные категории ценности гидрометеорологических прогнозов: информативность и экономическую полезность. Информативность устанавливается посредством оценки количества прогностической информации. Тем самым дается характеристика и качества прогнозов погоды. Информативность гидрометеорологических прогнозов тем больше, чем больше дробление прогнозируемого состояния среды на отдельные фазы и чем больше отрезки времени их осуществления. Более информативные прогнозы позволяют глубже осмыслить возможности их практического использования.

Полезность является целевой категорией ценности. Любая гидрометеорологическая информация в той или иной мере полезна, так как не только расширяется область познания, но и способствует в той или иной мере более целенаправленно решать практические задачи. Полезность прогнозов возрастает по мере повышения их информативности об ожидаемых явлениях или состояниях погоды, включая их более высокую дискретность, а также иные сведения, представляющие хозяйственный интерес. Полезность прогнозов, таким образом, определяется в процессе ее реализации. Полезность не означает постоянно приносимый доход или только прибыль. Полезность следует рассматривать как меру достижения хозяйственной или социальной цели. Цель может достигаться как через изменение прибыльности, так и через изменение убыточности. Полезность прогнозов в заданной области производства отражает лишь общую тенденцию потребителя – извлечь возможную пользу вследствие удачного учета погоды [Гроот, 1974].

В практических задачах конечным результатом полезности прогнозов является выгода, которую позволяют извлечь гидрометеорологические прогнозы в той или иной области человеческой деятельности. В производственной сфере полезность гидрометеорологической информации находится посредством определения двух основных показателей экономической полезности:

экономического эффекта и экономической эффективности.

Исходной прогностической информацией являлась многолетняя повторяемость скоростей ветра за осенний-зимний период 1983-1989 гг. (общее число прогнозов составило 1474 прогноза). Прогностические (P_j) и фактические (Φ_i) значения скоростей ветра обобщались в виде многофазовых матриц сопряженности методических и инерционных прогнозов (табл. 1, 2), в которых скорость ветра представлялась пятью градациями: 0-5 м/с; 6-11 м/с; 12-17 м/с; 18-23 м/с и 24-29 м/с и более, по которым определялось число случаев (n_{ij}) сопряжения прогнозируемых и фактически наблюдавшихся скоростей ветра различных градаций.

Если сравнивать точность методических и инерционных прогнозов, то можно отметить, что методические прогнозы более точные, так как их успешность выше, чем у инерционных. Например, для методических прогнозов прогнозировалась скорость ветра градации 6-11 м/с, фактически наблюдалось 424 случая скоростей ветра данной градации. Ошибка прогноза, т.е. попадание в другие градации составила: для градации 0-5 м/с – 87 случаев, 12-17 м/с – 45 случаев, 18-23 м/с – 2 случая, что составляет 24 % от общего числа прогнозов данной градации. Для инерционных прогнозов скорость ветра этой же градации 6-11 м/с прогнозировалась и наблюда-

лась в 247 случаях из 554 возможных. Ошибка прогноза составила: для градации 0-5 м/с – 200 случаев, 12-17 м/с – 89, 18-23 м/с – 15, 24-29 м/с и более – 3, что составило 55 % от общего числа прогнозов данной градации. Однако, более полная

оценка успешности выполнена на основании расчета ряда критериев, таких как информационное отношение (ν), показатель сопряженности Чупрева (K) и мер Гудмена-Круонала (τ) [Хандожко, 1993].

Таблица 1. Многофазовая матрица сопряженности методических прогнозов скорости ветра

Фактически наблюдалось Φ_i	Прогнозировалось Π_j					
	Π_1 0-5	Π_2 6-11	Π_3 12-17	Π_4 18-23	Π_5 $\geq (24-29)$	$\sum_{j=1}^m n_j$
Φ_1 0-5	493	87	31	2	0	613
Φ_2 6-11	49	424	62	3	0	538
Φ_3 12-17	7	45	186	19	0	257
Φ_4 18-23	1	2	19	38	0	60
$\Phi_5 \geq (24-29)$	0	0	0	0	6	6
$\sum_{i=1}^n n_i$	550	558	298	62	6	1474

Таблица 2. Многофазовая матрица сопряженности инерционных прогнозов скорости ветра

Фактически наблюдалось Φ_i	Прогнозировалось Π_j					
	Π_1 0-5	Π_2 6-11	Π_3 12-17	Π_4 18-23	Π_5 $\geq (24-29)$	$\sum_{j=1}^m n_j$
Φ_1 0-5	356	200	52	5	0	613
Φ_2 6-11	201	247	74	13	3	538
Φ_3 12-17	53	89	98	16	1	257
Φ_4 18-23	3	15	14	26	2	60
$\Phi_5 \geq (24-29)$	0	3	1	2	0	6
$\sum_{i=1}^n n_i$	613	554	239	62	6	1474

Погодные условия рассматриваются как внешний фактор, вызывающий потери, а результативность поведения потребителя в виде элементов матрицы потерь, которые отражают следствие того, насколько действия потребителя были целесообразны. В качестве информации о потерях в данной работе, которые несет потребитель по при-

нятии того или иного решения использовались данные матрицы потерь для порта Амдерма в ценах 2003 г. при коэффициентах непредотвращенных потерь ε равном $\varepsilon=0,4$ и $\varepsilon=0$.

Для порта Амдерма была установлена матрица потерь в ценах на 2003 г., которую запишем в виде:

$$\|s_{ij}\| = \begin{vmatrix} 0.99 & 2.11 \\ 0.14 & 0 \end{vmatrix}_{\varepsilon=0.4} \left[\frac{\text{млн.руб.}}{\text{прогноз}} \right], \quad (1)$$

а также для $\varepsilon=0$ (ε – коэффициент непредотвращенных потерь)

$$\|s_{ij}\| = \begin{vmatrix} s_{11} & s_{12} \\ s_{21} & s_{22} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} C & L \\ C & 0 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 0.14 & 2.11 \\ 0.14 & 0 \end{vmatrix}_{\varepsilon=0} \left[\frac{\text{млн.руб.}}{\text{прогноз}} \right]. \quad (2)$$

Элементы матрицы потерь означают следующее $s_{11}=s_{21}$ – стоимостная величина на защитные мероприятия; s_{12} – потери вследствие неблагоприятных условий погоды в случае пропуска явления.

Для того, чтобы установить правильность утверждения, что полезность прогнозов возрастает по мере повышения их информативности об ожидаемых явлениях или состояниях погоды, включая их более высокую дискретность, исходные матрицы сопряженности (табл. 1, 2) были преобразованы в матрицы сопряженности с порядками: (4×4) – для методических и инерционных

прогнозов (табл. 3, 4) соответственно; (3×3) – для методических и инерционных прогнозов (табл. 5, 6) соответственно; (2×2) – для альтернативных методических и инерционных прогнозов (табл. 7).

Для того чтобы определить потери для каждого дискретного условия для каждой из фаз погоды, необходимо интерполировать исходную матрицу потерь (табл. 2), полагая, что потери выражены линейной функцией. В результате интерполяции разработаны матрицы потерь для каждой из матриц сопряженности в следующем виде:

$$\|s_{ij}\| = \begin{vmatrix} s_{11} & s_{12} & s_{13} \\ s_{21} & s_{22} & s_{23} \\ s_{31} & s_{32} & s_{33} \end{vmatrix}_{\varepsilon=0} = \begin{Bmatrix} d_1(V=0-11) & d_2(V=12-17) & d_3(V \geq 18) \\ \Phi(V=0-11) & 0 & 0.07 & 0.14 \\ \Phi(V=12-17) & 1.06 & 0.60 & 0.14 \\ \Phi(V \geq 18) & 2.11 & 1.13 & 0.14 \end{Bmatrix}, \quad (3)$$

$$\|s_{ij}\| = \begin{vmatrix} s_{11} & s_{12} & s_{13} & s_{14} \\ s_{21} & s_{22} & s_{23} & s_{24} \\ s_{31} & s_{32} & s_{33} & s_{34} \\ s_{41} & s_{42} & s_{43} & s_{44} \end{vmatrix}_{\varepsilon=0} =$$

$$= \left\{ \begin{array}{ccccc} & d_1(V=0-11) & d_2(V=12-17) & d_3(V=18-23) & d_4(V \geq 24) \\ \Phi_1(V=0-11) & 0 & 0.04 & 0.11 & 0.14 \\ \Phi_2(V=12-17) & 0.53 & 0.44 & 0.24 & 0.14 \\ \Phi_3(V=18-23) & 1.59 & 1.23 & 0.50 & 0.14 \\ \Phi_4(V \geq 24) & 2.11 & 1.62 & 0.64 & 0.14 \end{array} \right\}, \quad (4)$$

$$\|s_{ij}\| = \begin{vmatrix} s_{11} & s_{12} & s_{13} & s_{14} & s_{15} \\ s_{21} & s_{22} & s_{23} & s_{24} & s_{25} \\ s_{31} & s_{32} & s_{33} & s_{34} & s_{35} \\ s_{41} & s_{42} & s_{43} & s_{44} & s_{45} \\ s_{51} & s_{52} & s_{53} & s_{54} & s_{55} \end{vmatrix}_{\varepsilon=0} =$$

$$= \left\{ \begin{array}{cccccc} & d_1(V=0-5) & d_2(V=6-11) & d_3(V=12-17) & d_4(V=18-23) & d_5(V \geq 24-29) \\ \Phi_1(V=0-5) & 0 & 0.04 & 0.07 & 0.11 & 0.14 \\ \Phi_2(V=6-11) & 0.53 & 0.44 & 0.34 & 0.24 & 0.14 \\ \Phi_3(V=12-17) & 1.06 & 0.83 & 0.60 & 0.37 & 0.14 \\ \Phi_4(V=18-23) & 1.59 & 1.23 & 0.86 & 0.50 & 0.14 \\ \Phi_5(V \geq 24-29) & 2.11 & 1.62 & 1.13 & 0.64 & 0.14 \end{array} \right\} \quad (5)$$

Таблица 3. Матрица сопряженности порядка (4×4) для методических прогнозов скорости ветра

Фактически наблюдалось Φ_i	Прогнозировалось Π_j				
	Π_1 0-11	Π_2 12-17	Π_3 18-23	Π_4 ≥ 24	$\sum_{j=1}^m n_j$
Φ_1 0-11	1053	93	5	0	1151
Φ_2 12-17	52	186	19	0	257
Φ_3 18-23	3	19	38	0	60
Φ_4 ≥ 24	0	0	0	6	6
$\sum_{i=1}^n n_i$	1167	239	62	6	1474

Таблица 4. Матрица сопряженности порядка (4×4) для инерционных прогнозов скорости ветра

Фактически наблюдалось Φ_i	Прогнозировалось Π_j				
	Π_1 0–11	Π_2 12–17	Π_3 18–23	Π_4 ≥ 24	$\sum_{j=1}^m n_j$
Φ_1 0–11	1004	126	18	3	1151
Φ_2 12–17	142	98	16	1	257
Φ_3 18–23	18	14	26	2	60
Φ_4 ≥ 24	3	1	2	0	6
$\sum_{i=1}^n n_i$	1151	257	60	6	1474

Таблица 5. Матрица сопряженности порядка (3×3) для методических прогнозов скорости ветра

Фактически наблюдалось Φ_i	Прогнозировалось Π_j			
	Π_1 0–11	Π_2 12–17	Π_3 ≥ 18	$\sum_{j=1}^m n_j$
Φ_1 0–11	1053	93	5	1151
Φ_2 12–17	52	186	19	257
Φ_3 ≥ 18	3	19	44	66
$\sum_{i=1}^n n_i$	1108	298	68	1474

Таблица 6. Матрица сопряженности порядка (3×3) для инерционных прогнозов скорости ветра

Фактически наблюдалось Φ_i	Прогнозировалось Π_j			
	Π_1 0–11	Π_2 12–17	Π_3 ≥ 18	$\sum_{j=1}^m n_j$
Φ_1 0–11	1004	126	21	1151
Φ_2 12–17	142	98	17	257
Φ_3 ≥ 18	21	15	30	66
$\sum_{i=1}^n n_i$	1167	239	68	1474

Таблица 7. Матрица сопряженности альтернативных прогнозов скорости ветра

Фактически наблюдалось Φ_i	Методические прогнозы Π_j			Инерционные прогнозы Π_j		
	$\bar{P}$ ≥ 12	P 0-11	$\sum_{j=1}^m P_j$	$\bar{P}$ ≥ 12	P 0-11	$\sum_{j=1}^m n_j$
$\bar{\Phi} > 12$	268	55	323	160	163	323
Φ 0-11	98	1053	1151	163	988	1151
$\sum_{i=1}^n n_i$	366	1108	1474	323	1151	1474

Таким образом, из представленных матриц потерь (3-5) видно, что каждому решению d соответствуют определенные значения потерь. Они максимальные, если ориентироваться на благоприятные условия, а наблюдалась противоположная фаза гидрометеорологических условий. Потери равны нулю, если ориентироваться на хорошие условия и прогноз оправдался. Но имеются еще и другие потери, связанные с возрастанием опасного воздействия от Φ_1 к Φ_n . Решения в регламенте поведения выстраиваются от слабых мер защиты к более кардинальным ($d_1, \dots, d_m$). В таком случае элементы матрицы потерь должны отражать следующее: $s_{ij} = s_{i=j}$ – потери потребителя при его удачных решениях; при $j > i$ в правом верхнем углу потери s_{ij} – есть результат перестраховочных решений (затраты на предотвращение опасных усло-

вий, которые частично осуществлялись или вообще не осуществились); $j < i$ в левом нижнем углу потери s_{ij} – есть результат пропусков неблагоприятных условий, что сопровождается прямыми потерями. Элементы матрицы потерь отражают средние значения реальных потерь, которые могут быть в результате принятых решений.

В дальнейшем будем рассматривать байесовский подход к оценке выбора оптимальных погодно-хозяйственных решений. Это наиболее перспективное направление в решении задач оценивания полезности гидрометеорологических прогнозов.

Для того чтобы рассчитать средние потери представим элементы матриц сопряженностей (табл. 3-7) в виде условных вероятностей, которые были определены по формуле:

$$q_{ij} = \frac{n_{ij}}{n_{0j}}, \quad (7)$$

где q_{ij} – условные вероятности прогнозов; n_{ij} – частоты матриц сопряженности; n_{0j} – сумма реализации частот прогноза. Матрица условных

вероятностей отображает осуществление фазы погоды при известном тексте прогноза и она записывается в общем виде следующим образом:

$$\|q_{ij}\| = \left\{ \begin{array}{cccc} & \Pi_1 & \Pi_2 & \dots & \Pi_j \\ \Phi_1 & q_{11} & q_{12} & \dots & q_{1j} \\ \Phi_2 & q_{21} & q_{22} & \dots & q_{2j} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \Phi_i & q_{i1} & q_{i2} & \dots & q_{ij} \\ \sum_i & 1 & 1 & 1 & 1 \end{array} \right\}. \quad (8)$$

Условные вероятности реализации прогнозов, приведенные в матрицах сопряженности (3×3, 4×4,

5×5) (табл. 8–13 и табл. 1, 2) получают следующие численные выражения.

Таблица 8. Матрица условных вероятностей (3×3) методических прогнозов скорости ветра (с учетом порывов) по региону Мурманск – Архангельск

Фактически наблюдалось Φ_i	Прогнозировалось Π_j		
	Π_1 0–11	Π_2 12–17	Π_3 ≥18
Φ_1 0–11	0.950	0.312	0.074
Φ_2 12–17	0.047	0.624	0.279
Φ_3 ≥18	0.003	0.064	0.647
$\sum_i$	1	1	1

На основании полученных матрицы потерь и матриц сопряженности методических и инерционных прогнозов скорости ветра для морской акватории в пределах Мурманска – Архангельска порта можно рассчитать средние (уточненные

байесовские) потери, которые несет потребитель, используя прогностическую информацию. Средние потери при использовании методических прогнозов вычисляются по формуле [Хандожко, 1999]:

$$\bar{R}_m = \frac{1}{N} [n_{11}(s_{11} - s_{12}(1 - 2\varepsilon)) + n_{21}s_{21} + n_{12}s_{12}]_{\varepsilon=0,4} = 0,037 \left[\frac{\text{млн.руб.}}{\text{прогноз}} \right]. \quad (9)$$

Таблица 9. Матрица условных вероятностей (3×3) инерционных прогнозов скорости ветра (с учетом порывов) по региону Мурманск – Архангельск

Фактически наблюдалось Φ_i	Прогнозировалось Π_j		
	Π_1 0–11	Π_2 12–17	Π_3 ≥18
Φ_1 0–11	0.860	0.527	0.309
Φ_2 12–17	0.122	0.410	0.250
Φ_3 ≥18	0.018	0.063	0.441
$\sum_i$	1	1	1

Таблица 10. Матрица условных вероятностей (4×4) методических прогнозов скорости ветра (с учетом порывов) по региону Мурманск – Архангельск

Фактически наблюдалось Φ_i	Прогнозировалось Π_j			
	Π_1 0–11	Π_2 12–17	Π_3 18–23	Π_4 ≥ 24
Φ_1 0–11	0.950	0.312	0.081	0
Φ_2 12–17	0.047	0.624	0.306	0
Φ_3 18–23	0.003	0.064	0.613	0
Φ_4 ≥ 24	0	0	0	1
$\sum_i$	1	1	1	1

Таблица 11. Матрица условных вероятностей (4×4) инерционных прогнозов скорости ветра (с учетом порывов) по региону Мурманск – Архангельск

Фактически наблюдалось Φ_i	Прогнозировалось Π_j			
	Π_1 0–11	Π_2 12–17	Π_3 18–23	Π_4 ≥ 24
Φ_1 0–11	0.860	0.527	0.291	0.500
Φ_2 12–17	0.122	0.410	0.258	0.167
Φ_3 18–23	0.015	0.059	0.419	0.333
Φ_4 ≥ 24	0.003	0.004	0.032	0
$\sum_i$	1	1	1	1

Таблица 12. Матрица условных вероятностей (5×5) методических прогнозов скорости ветра (с учетом порывов) по региону Мурманск – Архангельск

Фактически наблюдалось Φ_i	Прогнозировалось Π_j				
	Π_1 0–5	Π_2 6–11	Π_3 12–17	Π_4 18–23	Π_5 $\geq (24–29)$
Φ_1 0–5	0.896	0.156	0.104	0.032	0
Φ_2 6–11	0.089	0.760	0.208	0.048	0
Φ_3 12–17	0.013	0.081	0.624	0.306	0
Φ_4 18–23	0.002	0.003	0.064	0.614	0
$\Phi_5 \geq (24–29)$	0	0	0	0	1
$\sum_i$	1	1	1	1	1

Таблица 13. Матрица условных вероятностей (5×5) инерционных прогнозов скорости ветра (с учетом порывов) по региону Мурманск – Архангельск

Фактически наблюдалось Φ_i	Прогнозировалось Π_j				
	Π_1 0–5	Π_2 6–11	Π_3 12–17	Π_4 18–23	Π_5 $\geq (24–29)$
Φ_1 0–5	0.581	0.361	0.217	0.081	0
Φ_2 6–11	0.328	0.446	0.310	0.210	0.500
Φ_3 12–17	0.086	0.161	0.410	0.258	0.167
Φ_4 18–23	0.005	0.027	0.059	0.419	0.333
$\Phi_5 \geq (24–29)$	0	0.005	0.004	0.032	0
$\sum_i$	1	1	1	1	1

При использовании инерционных прогнозов формула средних потерь имеет вид:

$$\bar{R}_{\text{ин}} = \frac{1}{N} \left[n_{11}^{\text{ин}} (s_{11} - s_{12} (1 - 2\varepsilon)) + n_{21}^{\text{ин}} s_{21} + n_{12}^{\text{ин}} s_{12} \right]_{\varepsilon=0,4} = 0,217 \left[\frac{\text{млн. руб.}}{\text{прогноз}} \right]. \quad (10)$$

На основании гидрометеорологических прогнозов и содержания издержек, приведенных в матрицах потерь, представляется возможным

установить систематические потери ($\bar{R}$) при байесовском подходе. Элементы матрицы систематических потерь находятся по формуле:

$$\bar{R}_{kj} = \sum_{k=1}^{n=m} s_{ik} q_{ij}, \quad (11)$$

где k – число действий потребителя, s_{ik} – элементы потерь, выбранные потребителем из матрицы потерь $\|s_{ij}\|$, q_{ij} – условные вероятности (согласно теореме Байеса), выбираемые из матрицы $\|q_{ij}\|$.

Полученные значения представим в виде матриц систематических потерь, которые в общем виде выглядят следующим образом (табл.14–19):

$$\bar{R}_{kj(3 \times 3)} = \begin{vmatrix} \bar{R}_{11} & \bar{R}_{12} & \bar{R}_{13} \\ \bar{R}_{21} & \bar{R}_{22} & \bar{R}_{23} \\ \bar{R}_{31} & \bar{R}_{32} & \bar{R}_{33} \end{vmatrix}, \quad \bar{R}_{kj(4 \times 4)} = \begin{vmatrix} \bar{R}_{11} & \bar{R}_{12} & \bar{R}_{13} & \bar{R}_{14} \\ \bar{R}_{21} & \bar{R}_{22} & \bar{R}_{23} & \bar{R}_{24} \\ \bar{R}_{31} & \bar{R}_{32} & \bar{R}_{33} & \bar{R}_{34} \\ \bar{R}_{41} & \bar{R}_{42} & \bar{R}_{43} & \bar{R}_{44} \end{vmatrix}. \quad (12)$$

$$\bar{R}_{kj(5 \times 5)} = \begin{vmatrix} \bar{R}_{11} & \bar{R}_{12} & \bar{R}_{13} & \bar{R}_{14} & \bar{R}_{15} \\ \bar{R}_{21} & \bar{R}_{22} & \bar{R}_{23} & \bar{R}_{24} & \bar{R}_{25} \\ \bar{R}_{31} & \bar{R}_{32} & \bar{R}_{33} & \bar{R}_{34} & \bar{R}_{35} \\ \bar{R}_{41} & \bar{R}_{42} & \bar{R}_{43} & \bar{R}_{44} & \bar{R}_{45} \\ \bar{R}_{51} & \bar{R}_{52} & \bar{R}_{53} & \bar{R}_{54} & \bar{R}_{55} \end{vmatrix}$$

Таблица 14. Систематические потери при методических прогнозах (3×3)

Решение потребителя d	Прогнозировалось Π_j		
	Π_1 0–11	Π_2 12–17	Π_3 ≥ 18
d_1	0.056	0.796	1.661
d_2	0.098	0.469	0.904
d_3	0.140	0.140	0.140

Таким образом, максимальные потери будут в том случае если предсказывалось скорость ветра 18 м/с и более, а решение принима-

ется, ориентируясь на скорости порядка 0 – 11 м/с, а минимальные – если прогнозировалась и наблюдалась скорость ветра от 0 до 11 м/с.

Таблица 15. Систематические потери при инерционных прогнозах (3×3)

Решение потребителя d	Прогнозировалось Π_j		
	Π_1 0–11	Π_2 12–17	Π_3 ≥ 18
d_1	0.167	0.567	1.195
d_2	0.154	0.354	0.670
d_3	0.140	0.140	0.140

Таблица 16. Систематические потери при методических прогнозах (4×4)

Решение потребителя d	Прогнозировалось Π_j			
	Π_1 0–11	Π_2 12–17	Π_3 18–23	Π_4 ≥ 24
d_1	0.030	0.432	1.136	2.110
d_2	0.062	0.366	0.892	1.620
d_3	0.117	0.216	0.389	0.640
d_4	0.140	0.140	0.140	0.140

Таблица 17. Систематические потери при инерционных прогнозах (4×4)

Решение потребителя d	Прогнозировалось Π_j			
	Π_1 0–11	Π_2 12–17	Π_3 18–23	Π_4 ≥ 24
d_1	0.095	0.319	0.870	0.618
d_2	0.111	0.280	0.692	0.503
d_3	0.133	0.188	0.324	0.261
d_4	0.140	0.140	0.139	0.140

Таблица 18. Систематические потери при методических прогнозах (5×5)

Решение потребителя d	Прогнозировалось Π_j				
	Π_1 0–5	Π_2 6–11	Π_3 12–17	Π_4 18–23	Π_5 $\geq (24 - 29)$
d_1	0.064	0.493	0.873	0.133	2.110
d_2	0.088	0.412	0.692	1.032	1.620
d_3	0.103	0.321	0.507	0.730	1.130
d_4	0.126	0.231	0.324	0.435	0.640
d_5	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140

Таблица 19. Систематические потери при инерционных прогнозах (5×5)

Решение потребителя d	Прогнозировалось Π_j				
	Π_1 0-5	Π_2 6-11	Π_3 12-17	Π_4 18-23	Π_5 $\geq (24 - 29)$
d_1	0.273	0.461	0.701	0.118	0.971
d_2	0.245	0.386	0.564	0.877	0.768
d_3	0.208	0.302	0.422	0.628	0.556
d_4	0.177	0.223	0.282	0.385	0.348
d_5	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140

Матрицы потерь показывают, что максимальные потери будут иметь место, если ориентироваться на более благоприятные условия, чем они прогнозировались, следовательно, необходимо принимать ре-

шения ориентируясь на текст прогноза и готовить защитные мероприятия.

Для того, чтобы определить общие средние потери воспользуемся формулой:

$$\bar{R} = \sum_{j=1}^m p_{0j} \bar{R}_{\min}(\Pi_j), \quad (15)$$

где $\bar{R}$ – общие средние потери; p_{0j} – вероятности текстов прогнозов; $\bar{R}_{\min}(\Pi_j)$ – минимальные средние потери при использовании гидрометеорологического прогноза, в данном случае скорости ветра. Для этого из таблиц систематических потерь следует выбрать минимальные потери для каждого прогнози-

руемого случая, а из таблиц совместных вероятностей прогнозов – значения p_{0j} .

В итоге установлены средние потери по всему полю матрицы систематических потерь при различном уровне дискретности, т.е. при различном числе принимаемых решений d_k (табл. 20, рис. 1).

Таблица 20. Итоговые результаты расчета средних потерь при методическом и инерционном прогнозах

Для матриц	$\bar{R}_M$, млн.руб.	$\bar{R}_H$, млн.руб.	$\gamma = \frac{\bar{R}_H}{\bar{R}_M}$, %	$\beta = \frac{\bar{R}_H - \bar{R}_M}{\bar{R}_H}$
(2×2)	0.113	0.136	1.204	0.169
(3×3)	0.077	0.140	1.820	0.45
(4×4)	0.057	0.104	1.825	0.452
(5×5)	0.111	0.139	1.252	0.201

Примечание: все значения рассчитаны при $\varepsilon = 0$.

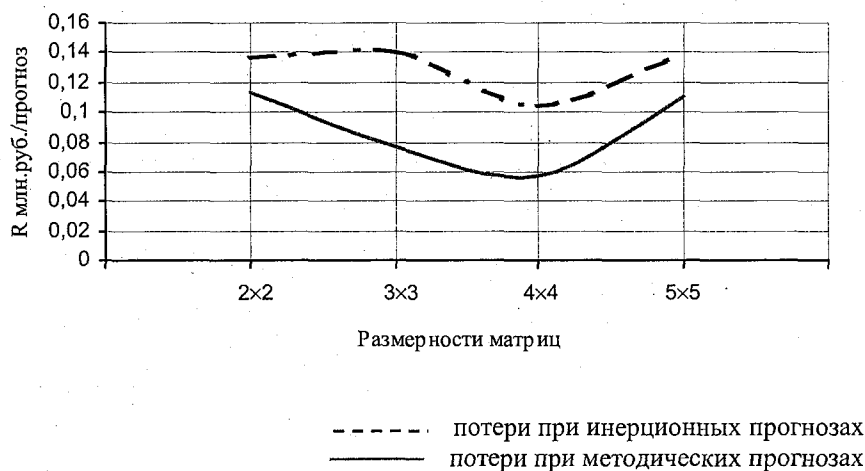


Рис. 1. Средние потери потребителя при использовании инерционных и методических прогнозов.

Таким образом, видно, что с увеличением уровня дискретности матриц сопряженностей прогнозов средние потери имеют общую тенденцию убывать. При этом следует отметить, что полученные величины потерь, при использовании матрицы сопряженности (5x5) для методических прогнозов не подчиняются общей закономерности. Возможно, это

может быть объяснено техническими погрешностями при вычислении (из-за малой информативности на концах матриц сопряженности порядка 5x5). Для того чтобы частично избавиться от технических погрешностей, проведем осреднение значений средних потерь для матриц с порядком (3x3) и (4x4); (4x4) и (5x5) (рис. 2).

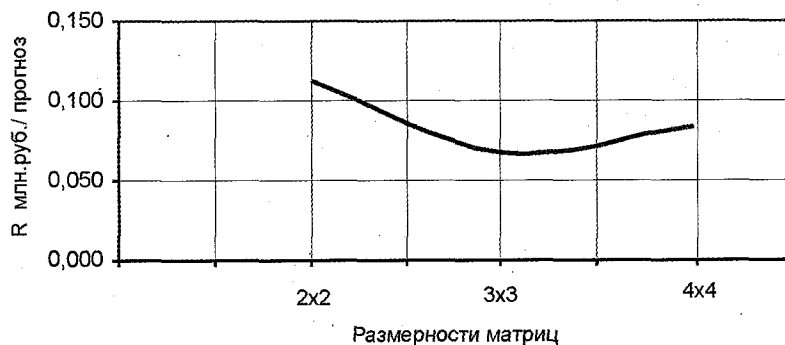


Рис. 2. Средние потери потребителя при использовании методических прогнозов.

Таким образом, видно, что повышение дискретности d_k сопровождается снижением потерь потребителя – морского судоходства в районе исследования.

Для определения экономического эффекта оперативных методических прогнозов (табл. 21) используем формулу [Хандожко, 1993]:

$$\mathcal{E} = \beta N [(\bar{R}_{\text{ст}} - \bar{R}_{\text{м}}) - \mathcal{Z}_{\text{пп}}], \quad (16)$$

где β – коэффициент долевого участия системы Росгидромета в получении экономического эффекта ($\beta = 0.3$); N – общее число прогнозов; $\bar{R}_{\text{ст}}$ – минимальные общие потери при использовании стандартного прогноза (в данном случае это значения средних потерь $\bar{R}_{\text{ин}}$ (табл. 20)); $\bar{R}_{\text{м}}$ – минимальные средние

потери при использовании оперативных методических прогнозов (табл. 20); $\mathcal{Z}_{\text{пп}}$ – предпроизводственные затраты (стоимость) на прогнозстическую информацию ($\mathcal{Z}_{\text{пп}} = 0.003$ млн. руб.).

Другим важным показателем экономической полезности прогнозов является экономическая эффективность P (табл. 21):

$$P = \frac{\mathcal{E}}{N \mathcal{Z}_{\text{пп}}} = \beta \left(\frac{\bar{R}_{\text{ст}} - \bar{R}_{\text{м}}}{\mathcal{Z}_{\text{пп}}} - 1 \right). \quad (17)$$

Таблица 21. Экономический эффект и экономическая эффективность оперативных методических прогнозов

Порядок матриц	$\mathcal{E}$, млн.руб.	P
(2×2)	8.844	2
(3×3)	26.532	6
(4×4)	19.457	4.4
(5×5)	11.055	2.5

Таким образом, мы получили показатели экономической полезности (экономический эффект и экономическую эффективность), которые объективно отражают оптимальные условия использования гидрометеорологических прогнозов (в данном случае прогнозов скоро-

сти ветра) и получаемую при этом экономическую пользу.

Экономический эффект и экономическая эффективность (табл. 21) для матрицы порядка 3×3 больше чем для 2×2. Это показывает, что полезность прогнозов возрастает по мере повышения их информативно-

сти. Но значения показателей экономической полезности для матриц с порядками 4×4 и 5×5 , меньше чем значения для матрицы 3×3 . Возможно, в дальнейшем потребуются дополнительная прогностическая информация по данному региону в целях повышения информативности. Основываясь на предположении, что

экономический эффект и экономическая эффективность матриц 4×4 и 5×5 убывает из-за недостатка информации, покажем предположительный ход распределения показателей экономической полезности, для чего проведем осреднение вычисленных значений и представим распределение графически (рис. 3).

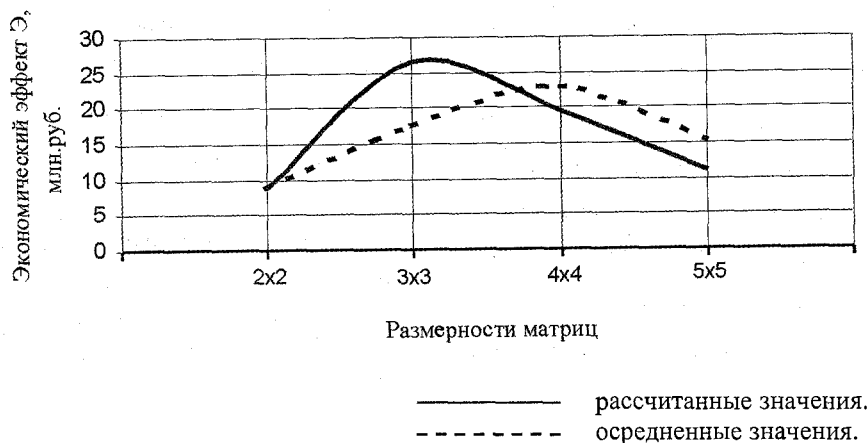


Рис. 3. Экономический эффект от использования методических прогнозов.

Таким образом, величины экономического эффекта и экономической эффективности (показателей экономической полезности) использования прогнозов скорости ветра для региона Мурманск — Архангельск за осенне-зимний период 1983-1989 гг. возрастают с увеличением информативности прогностической информации, что показано на сравнительной характеристике экономического эффекта для разработанных матриц сопряженности.

Основываясь на этих результатах, можно утверждать, что опти-

мальное использование научно-обоснованных прогнозов гидрометеорологических характеристик позволяет снижать или полностью предотвращать потери, выполнять текущие производственные операции с минимальными издержками, планировать хозяйственные мероприятия в рамках гидрометеорологического и экономического обоснования. Потребитель, как следует из рис. 3, вправе выбирать разрабатывать такой конгломерат решений d_k , который отвечает или максимуму эконо-

мического эффекта или максимуму экономической эффективности.

Выполненное исследование по западному региону Арктической зоны страны показывает масштабность экономической проблемы, ее значи-

мость в реализации производственного потенциала морских организаций. Аналогичные исследования целесообразно выполнить по ряду других морских регионов в шельфовой зоне России.

References

Литература

- Бердицкий А. И., Коршунов А. А., Хандожко Л. А., Шаймарданов М. З. Показатели влияния погодных условий на экономику: региональное распределение экономических потерь и экономической выгоды при использовании гидрометеорологической информации и продукции. – Метеорология и гидрология, 1999. – № 3, с. 5–7.
- Справочник по климату СССР. Мурманская область. Ч. III. Ветер. – Л.: Гидрометеиздат, 1966. – 119(1) с.
- Справочник по климату СССР. Вып. I. Архангельская и Вологодская области. Ч. III. Ветер. – Л.: Гидрометеиздат, 1967. – 302(4) с.
- Логвинов К. Т., Буйков М. В., Дмитренко В. П. Эффективность гидрометеорологического обслуживания народного хозяйства. – Л.: Гидрометеиздат, 1973.
- Де-Гроот М. Дс. Оптимальные статистические решения. – М.: Мир, 1974.
- Хандожко Л. А. Оптимальные погодо-хозяйственные решения. – СПб.: РГГМУ, 1999.
- Хандожко Л. А., Устинова Н. С., Коржиков А. Я., Карелин И. Д. Экономическая эффективность морских операций в западной части моря Лаптевых в осенний период // Труды ВНИИГМИ-МЦД. – 2002. – Вып. 169. – С. 88-94.
- Хандожко Л. А. Практикум по экономике гидрометеорологического обеспечения. – СПб.: Гидрометеиздат, 1993. – 311.

УДК 504.03

Социально-экологические исследования в прибрежном районе Белого моря (Кандалакшский залив) Socio-ecological Studies in the Coastal Zone of the White Sea (Kandalaksha Bay)

Ye.Yu. Kluikov, O. A. Rotova

Russian State
Hydrometeorological University

Е. Ю. Ключиков, О. А. Ротова

Российский государственный
гидрометеорологический университет

В последнее десятилетие XX в. во всем мире серьезное внимание ученые и специалисты обратили

внимание на проблему состояния и использования прибрежных областей Мирового океана, как районов с

уникальными природными свойствами. Глобальность проблемы прибрежных зон связана с рядом причин. Во многих странах мира большая часть населения проживает вблизи побережий. Прибрежные территории суши и акватории, как правило, являются зонами многоцелевого использования. В этих районах ведется добыча и переработка полезных ископаемых, развиваются различные виды промышленности, формируются портово-промышленные комплексы, развиваются судоходство, рыболовство, рекреация, туризм и т.д. [Айбулатов, 2001].

Природно-ресурсный потенциал береговой зоны России также чрезвычайно велик, но, к сожалению, его использование еще далеко от рационального. Если вообще в мире прибрежная зона отличается, как правило, густонаселенностью, то в нашей стране обжитые районы с достаточно высокой плотностью населения занимают лишь малую часть побережий [Никаноров, Хоружая, 2001].

В связи с этим, нами была сделана попытка провести исследование, целями которого являлось определение основных направлений рационального использования потенциала прибрежной зоны, основных социальных характеристик и проблем населения, проживающего в береговой зоне Кандалакшского залива Белого моря, а также степени социальной активности жителей этого района.

Объектом исследования являлись социально-экономические процессы, протекающие в береговой зоне. В качестве основного метода социологического исследования использовалось проведение опросов общественного мнения на основе анкетирования. Основным районом исследований был выбран прибрежный район Белого моря (район г. Кандалакша), а для сравнения были проведены аналогичные опросы на Черноморском побережье (г. Туапсе, и г. Геленджик) [Клюйков, Ротова, 2002; Клюйков, Ротова, 2004]. Причем эти города отличаются по своему социальному статусу: Туапсе – в основном портовый и промышленный город; Геленджик – больше курортный город с соответствующей инфраструктурой.

В основу исследований были положены концепция устойчивого развития и методология комплексного управления прибрежными зонами (КУПЗ).

Как известно, концепция устойчивого развития ориентированная на сохранение “природного капитала”, сводится к необходимости сбалансировать деятельность человека со способностью природы восстанавливаться. Соответственно общим положениям концепции устойчивого развития разработана её стратегия основой, которой является идея сбалансированности между окружающей средой, ее ресурсами, экономикой и населением Земли [Плиник, Гогоберидзе, 2003]. Успех в

реализации стратегии устойчивого развития во многом зависит от осознания взаимосвязанности экодинамики и социально-экономического развития.

Комплексное управление прибрежными зонами представляет собой непрерывный процесс выработки и принятия решений, направленный на гармонизацию социально-экономического развития прибрежно-береговых регионов в целях устойчивого развития [*Устойчивое ...*, 2000].

Все социологические исследования проводились выпускниками и студентами старших курсов кафедры комплексного управления прибрежными зонами под руководством преподавателей кафедры, а также сотрудниками университета.

Поставленные цели предполагали решение следующих задач:

а) определить значимость потенциала прибрежной зоны (на примере Белого и Черного морей);

б) выявить эколого-экономические и социально-экономические проблемы, прежде всего населения, а также районов в целом;

в) дать характеристику человеческого потенциала указанных районов береговой зоны Российской Федерации на основе проведенного исследования;

г) определить закономерности взаимосвязи и взаимозависимости экологических и социально-экономических факторов, развития и

использования природного потенциала береговой зоны.

Описание социологических исследований

Реализация поставленных целей предполагала выяснение основных социально-демографических характеристик опрошенного населения, его мнения относительно наиболее важных проблем, отношение жителей к возможности их собственного влияния на социально-экологическую ситуацию в районе, удовлетворенность работой, жилищными условиями, состоянием окружающей среды, отношения населения к развитию района.

В качестве основного метода исследования нами было использовано, как было указано, анкетирование, как правило, населения, представителей административной власти этих районов и руководителей и служащих предприятий-природопользователей. Эта работа проводилась среди взрослого населения Кандалакшского района и подростков, отдыхающих в детском спортивно-оздоровительном лагере "Гандвиг" [*Ротова, 2004*]. Аналогично проводились исследования в прибрежной зоне Черного моря – в г. Туапсе среди жителей и в г. Геленджике, среди местного населения, отдыхающих и командированных.

Кроме того, подобно исследованиям в лагере "Гандвиг", был проведен опрос подростков, отдыхающих в культурно-экологическом клубе "Непоседа" (Ленинградская

область) [Ротова, 2004]. Для каждого исследования была составлена анкета в соответствии с изучаемой проблемой.

В г. Кандалакше общественное мнение изучалось в течение трех лет (2000–2002 гг.), поэтому мы можем попытаться сделать некоторый качественный анализ полученных данных, и сравнить его с результатами опросов, которые проводились в Туапсе (2000 и 2001 гг.) и Геленджике (2001 г.). Всего было опрошено около 1200 человек, включая и подростков. Анкеты для жителей Кандалакшского района каждый год корректировались в связи с изменениями социально-экономической обстановки в районе, а также уровня активности населения.

Все работы, кроме того, корректировались, как расширение базы данных социальных исследований

Российского государственного гидрометеорологического университета, который проводит ежегодный экологический мониторинг в прибрежных районах Белого и Баренцева морей (1992–2003 гг.) и Черного моря (2000–2001 гг.).

Анализ результатов социологических исследований

Социологический опрос в г. Кандалакше проводился ежегодно в примерно в одни и те же сроки в период с 6-8 по 15-17 июня. Всего было опрошено 429 человек (табл. 1.). Неодинаковое количество жителей, которые были вовлечены в исследования, можно объяснить случайностью выборки, не заинтересованностью населения в мероприятиях подобного рода, а также в некоторых случаях недостатком времени.

Таблица 1. Число опрошенных жителей

Год	2000	2001	2002
Количество респондентов	156	150	123

Исследования этих лет показали, что никакие изменения в жизни населения не повлияли на их отношение к окружающей среде прибрежной зоны Белого моря. Это, конечно, не выражает отношение жителей к жизни на севере, так как природу могут любить многие, но возможно не все кому нравится природа прибрежной зоны, по тем

или иным причинам хотели бы жить на севере (рис. 1). Так больше всего желающих поменять свое местожительство было 2000 г., в то время как в 2001 г. уже было больше желающих переехать в деревню, а в 2002 г. – остаться жить в Кандалакше.

Мы можем сделать предположение, что 2000 г. явился следствием того, что происходило на протя-

жении предшествующих нескольких лет (и не только в Кандалакшском районе), а именно: сокращение работы предприятий или даже их полная остановка, что привело к росту безработицы и ухудшению социальных условий жизни. Безработица явилась причиной обострения таких негативных явлений как алкоголизм, наркомания, преступность. Последующие два года исследований показали, что район начинает выходить из производственного кризиса. Этому способствовали новая экономическая и техническая политика по подъему производства Администрации Мурманской области, а также Администрации муниципального образования г. Кандалакши. Например, Кандалакшский алюминиевый завод получил возможность не только увеличить выпуск продукции и создавать новые рабочие места, но и серьезно выполнять свои бюджетообразующие функции в Кандалакшском районе. Возможно, что падение производства, снижение уровня жизни населения и рост алкоголизма, наркомании, преступности, явились причиной того, что в 2000 г. 44 % опрошенного населения стремилось поменять местожительство на другой город (см. рис. 1). В 2001 г. возросло количество желающих переехать из города в деревню. Видимо, не смотря на некоторые улучшения ситуации в районе, для этой группы жителей в тот момент возможность иметь приусадебные участки являлось какой-то возможностью немного улучшить условия

жизни. В 2002 г. наметилась уже обратная тенденция. Больше половины опрошенного населения хотело бы остаться в Кандалакше на постоянное местожительство, а желающих переехать в другой город сократилось почти в два раза по сравнению с 2000 г. Несомненно, это связано с улучшением общей ситуации в районе.

К основным рабочим местам в г. Кандалакше и районе относятся: Алюминиевый завод, Механический завод, Беломорская нефтебаза, Нефтеналивный порт "Витино", Кандалакшский государственный природный заповедник, Кандалакшский морской торговый порт, железная дорога, школы и другие организации (рис. 2). Наличие рабочих мест на предприятиях и степень занятости населения может в какой-то степени характеризовать в исследуемом районе социально-экономическую обстановку в целом.

Полученные данные показали, что рост безработицы снизился. Но значительная часть населения работает на частных предприятиях. Конечно, это может быть связано и это с тем, что заработная плата на государственных предприятиях ниже, чем в частных фирмах.

Возникшие, в основном из-за отсутствия постоянной работы, социальные проблемы, оказывают влияние на динамику социального самочувствия населения (рис.3). Результаты исследования показали, что самыми важными проблемами для населения за три года исследований,

жители считали безработицу и алкоголизм.

Если говорить о проблеме загрязнения окружающей природной среды, то, прежде всего, необходимо отметить, что даже в таких жизненных условиях часть людей все же

волнует и эта проблема (7–16 %), но в условиях безработицы, бедности, алкоголизма, наркомании, она занимает последнее место. Объяснить неодинаковое распределение жителями проблем по значимости можно конечно и случайностью выборки и

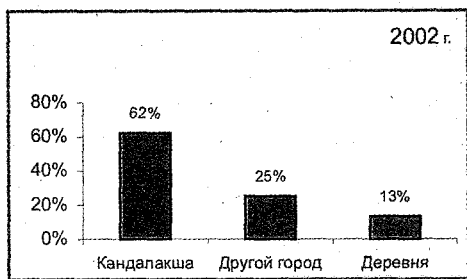
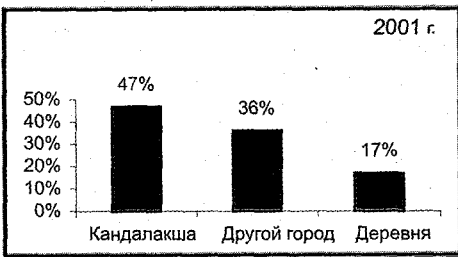
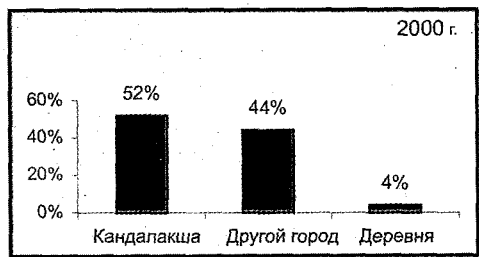
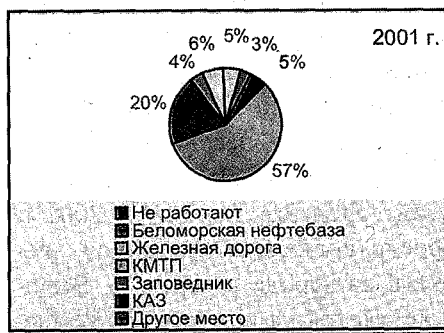
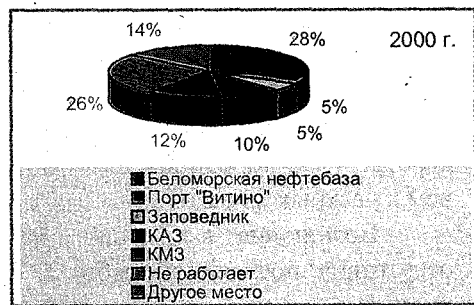


Рис. 1. Отношение жителей к возможному изменению местожительства.



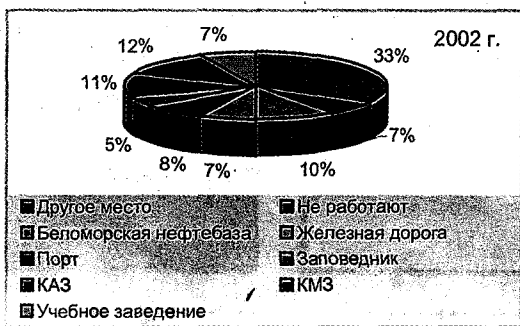


Рис. 2. Распределение населения по рабочим местам.

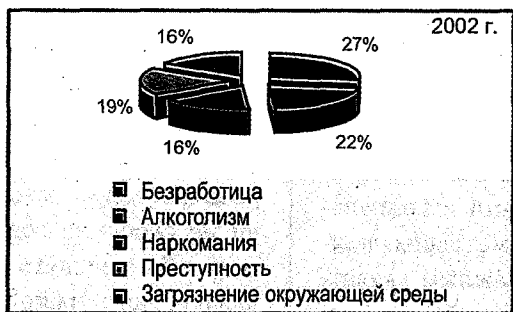
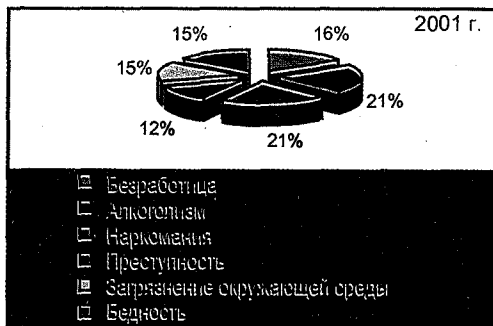
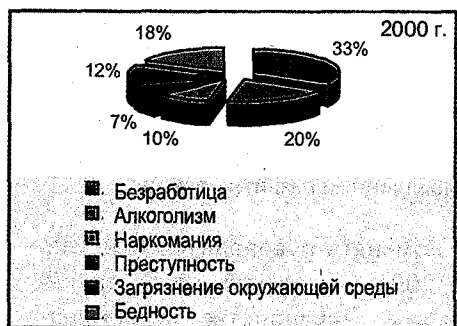


Рис. 3. Распределение социальных проблем по степени их значимости с точки зрения жителей.

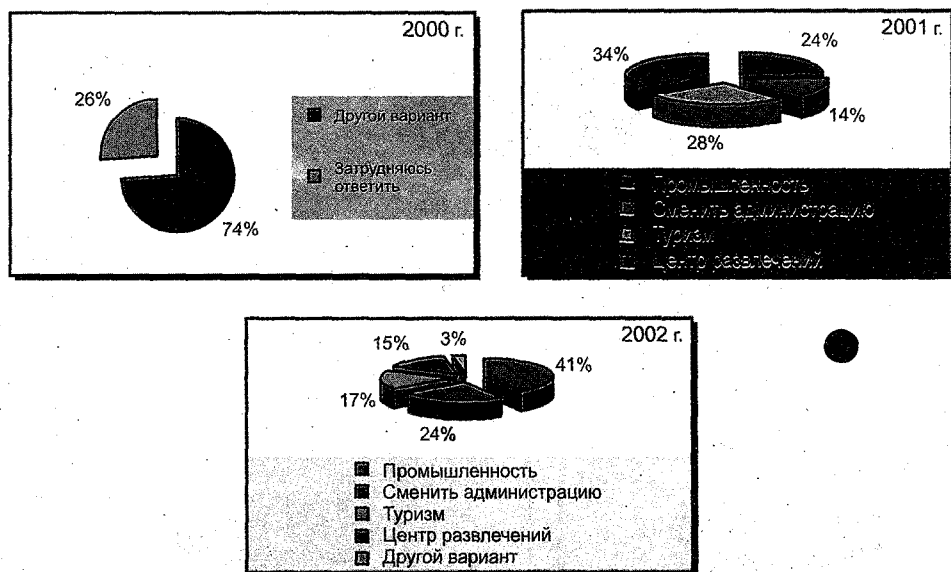


Рис. 4. Отношение населения к основным направлениям развития района.

степенью их влияния на ту или иную категорию населения. Очевидно, когда ущемлены первичные потребности человека – в работе, в жилищных условиях, в материальном достатке, то проблемы загрязнения окружающей среды отходят на второй план.

Для населения прибрежной зоны Кандалакшского района, причем различного возраста и социального положения, кроме своих личных проблем, также важным является и направление дальнейшего развития района (рис.4). Если в первый год исследования, наверное, не самый простой год для населения, люди отвечали на наши вопросы, все-таки исходя больше из личных проблем, проблем собственной жизни: обеспечить людей работой, повысить заработную плату, улучшить жизненные условия, наладить поря-

док, поменять руководителей и т.п., то в 2001 г. уже несколько другая ситуация. Большинство респондентов высказались за развитие промышленности и туризма, а в 2002 г. большинство респондентов были за развитие промышленности, но почти каждый четвертый (24 %) высказался за то, чтобы сменилась администрация. Видимо, из-за того, что жители не особенно верят в то, что они могли бы повлиять на развитие Кандалакшского района, и оказывало влияние на их ответы. В районе, конечно же, существуют определенные сложности с культурно-развлекательными заведениями для молодежи, возможно, поэтому многие и выбрали этот вариант ответа.

Море, красивая природа, возможность прекрасного отдыха – все это могло бы привлекать туристов,

но развитие туризма требует значительных материальных вложений, к тому же развить его в такой же степени как в южных районах, невозможно.

Таким образом, в 2002 г. большая часть населения уже за развитие промышленности. Люди понимают, что район на самом деле может существовать преимущественно за счет промышленных предприятий (41 %). Еще часть респондентов не устраивала работа администрации. Возможно, причиной таких ответов является то, что, административный подход направлен, прежде всего, на разрешение хозяйственных проблем города, разрешение которых, безусловно, также необходимо населения и несколько удален от социальных проблем, выделяемых населением (как и везде из-за недостатка средств).

Попытаемся сравнить некоторые результаты наших социологических исследований в г. Кандалакше с аналогичными исследованиями, которые проводились среди местного населения (в том числе среди коман-

дировочных и отдыхающих) в г. Туапсе и г. Геленджик, где были поставлены в принципе те же цели: выявление основных социальных характеристик и проблем населения прибрежной зоны Черного моря и попытка определения степени социальной активности жителей. При этом мы понимаем, что при этом необходимо учитывать географическое положение, природные характеристики исследуемых районов, уровень жизни, социальную активность населения и т.д., так как все это может влиять на мнение респондентов. У жителей южных районов тоже имеются проблемы, которые их в большей или меньшей степени интересуют и решение которых, по их мнению, может сказаться на их благополучии (например, в г. Туапсе – возможное расширение порта, в г. Геленджике – возможное строительство порта). Всего во всех городах, таким образом, было опрошено 1007 человек (табл. 2).

Таблица 2. Число опрошенных жителей

Город	Кандалакша	Туапсе	Геленджик
Количество респондентов	429	378	200

Прежде всего, следует отметить, что социально-демографические характеристики населения северных и южных районов не-

сколько отличаются. По уровню образования, например, среди населения г. Кандалакши преобладают лица со средним и средним специаль-

ным образованием (рис. 5). В городах Туапсе и Геленджик большинство опрошенного населения – это лица с высшим, средним специальным и средним образованием. Среди жителей Кандалакши есть люди с неполным средним образованием, небольшой процент с высшим, а лиц с незаконченным высшим – практически нет.

Возможно, такое различие в уровне образования объясняется с тем, что у жителей южных городов больше возможностей получить высшее и специальное образование, чем у населения г. Кандалакши. Должно сказываться и то, что уровень жизни на юге все-таки выше, чем на севере. Соответственно и доходы у жителей черноморского побережья выше, а значит, больше возможностей получить, в крайнем случае, платное образование, в то время как далеко не каждый житель

Кандалакшского района может позволить себе отправить своих детей учиться в каком-либо вузе другого города. Сказывается также и территориальная отдаленность и недостаток учебных заведений в Кандалакшском районе. В Кандалакше институтов, практически нет филиалов институтов, имеются лишь филиалы Московских и Санкт-Петербургских институтов экономической направленности (бухгалтеры, экономисты), а также несколько юридических, поэтому для получения образования большей части молодежи необходимо ехать в Мурманск, Санкт-Петербург, Петрозаводск или какой-то другой город. В то время как в городах Геленджик и Туапсе имеются кроме своих вузов, филиалы РГГМУ, Таганрогского, Краснодарского и других институтов и средних специальных заведений.

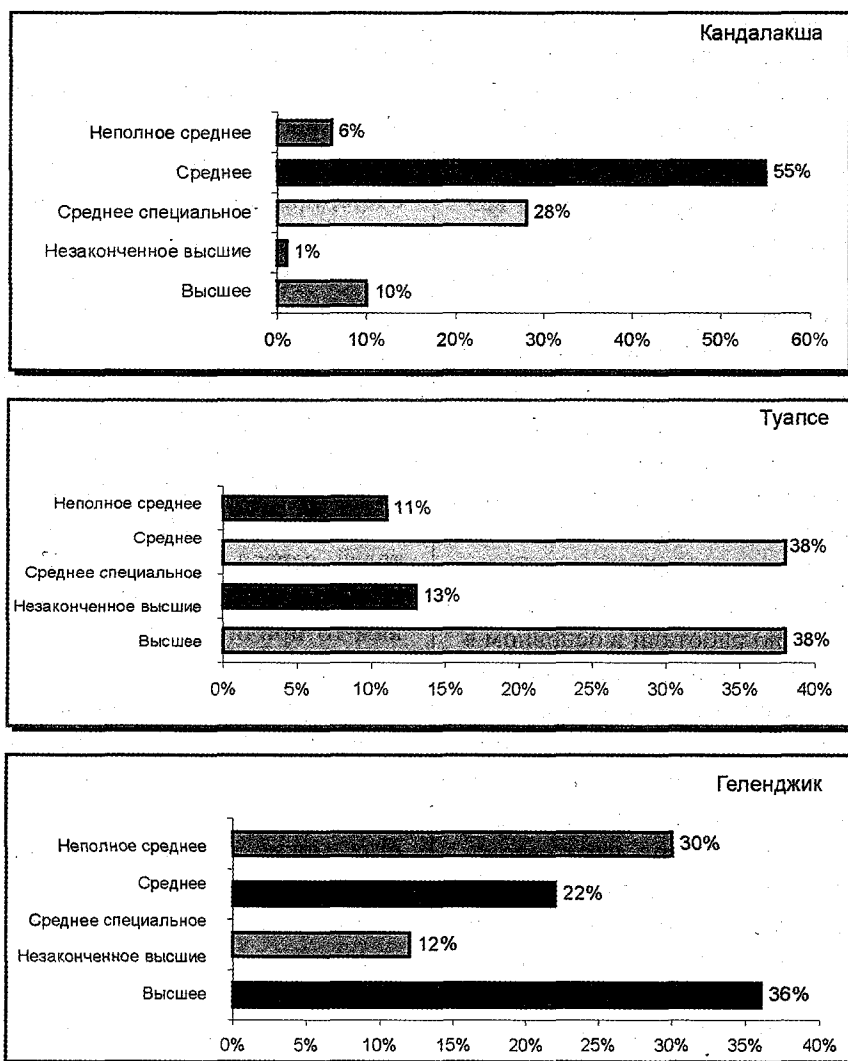


Рис. 5. Распределение респондентов по уровню образования.

Обратим внимание на то, где работает основная масса опрошенного населения указанных городов (рис. 6).

Значительная часть населения Кандалакши была задействована в частном секторе, при этом из опрошенных жителей по данным 2002 г. не работали лишь 7 % респондентов

(см. рис. 2). Объясняется это, видимо, тем, что большая часть государственных предприятий на период проведения исследований находилась еще на стадии восстановления, выходила из производственного кризиса (банкротства), да к тому же заработная плата, как мы уже отмечали в государственных учреждениях

значительно ниже, чем в частных. Что касается безработицы, то уровень ее снизился, хотя и по-прежнему наблюдается. К тому же небольшой процент безработных можно объяснить случайностью выборки, так как опрос не был нацелен на какую-то конкретную группу респондентов, а мы пытались опросить все возрастные и социальные группы.

К основным рабочим местам в Туапсе относятся: Судоремонтный завод, порт, школы, железная дорога, строительные организации, нефтекомплекс и частный сектор. Большинство опрошенных жителей г. Туапсе (50 %) работали в основном в негосударственных организациях (в частных магазинах, строительных организациях, либо торгуют различными товарами на улице). Такой результат мы получили, скорее всего, из-за того, что опрос нами проводился в сезон отпусков, и многие жители этих городов имели возможность получить, таким образом, дополнительный заработок за счет большого притока отдыхающих. В Туапсе не было зафиксировано безработных, хотя это не говорит об их отсутствии, т.к. для многих сезонная работа – это тоже работа, но сама проблема безработицы присутствует.

К основным рабочим местам в Геленджике относятся: винсовхоз, рынок, больница, санатории, курорты, пансионаты, НИИ, строительные и другие организации. Большинство респондентов работают в строитель-

ных организациях, причем, по всей видимости, в частных.

Таким образом, мы видим значительное увеличение степени занятости населения, что, в конечном счете, приведет и к улучшению жизненных условий.

Если говорить об отношении респондентов к окружающей среде прибрежной зоны и ее охраны, то здесь мнения жителей всех городов совпадают. Большинство опрошенного населения относятся к природе прибрежной зоны положительно.

Если говорить о желании жителей севера и юга изменить свое местожительство, опять же по каким-то причинам, в том числе и по экологическим, то в этом вопросе мнения жителей расходятся (см. рис. 1 по данным 2002 г., рис. 7). При этом важно отметить, что на сохранение или изменение места жительства могут влиять такие факторы, как: уровень безработицы, наличие жилья, уровень жизни, благосостояние и т.д.

Из данных, приведенных на рис. 1 и 7 видно, что значительная часть опрошенных жителей городов Кандалакша, Туапсе, Геленджик не хотели бы менять свое местожительство. В тоже время, имеются желающих переехать в другой город или даже в деревню из Кандалакше и Туапсе. Среди опрошенного населения Геленджика не было желающих переехать в деревню. Может быть это связано, с тем, что Кандалакша и Туапсе – это промышленные города, а Геленджик – скорее

все-таки курортный. Когда многие промышленные предприятия находились на грани банкротства (экологическая обстановка при этом значительно улучшилась), люди хотели

уехать в другие более крупные промышленные города, где можно было бы получить, по крайней мере, стабильный заработок и меньше всего думали об экологии в городе.



Рис. 6. Распределение респондентов по рабочим местам.

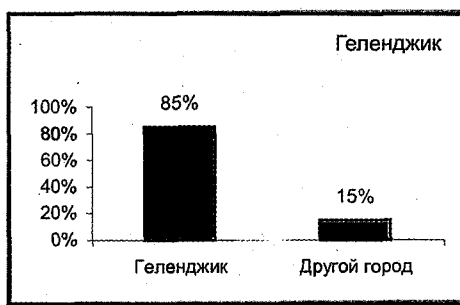
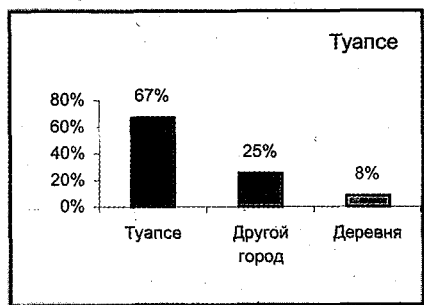


Рис. 7. Отношение респондентов к возможному изменению местожительства.

Такие города, как Кандалакша и Туапсе живут в основном за счет промышленности. Но в Туапсе ситуация лучше, чем в Кандалакше, так как летом многие жители получают дополнительный заработок от приезда отдыхающих. В Кандалакше туризм не развит настолько, чтобы жители могли получать дополни-

тельные средства от туристов или просто отдыхающих, так как и условия севера, и недостаток финансовых средств пока не позволяют достаточно развить здесь туристический бизнес.

В Геленджике иная ситуация (см. рис. 7). Здесь нет промышленных предприятий, большинство жи-

телей живут за счет туризма и отдыхающих. Видимо, экологическая ситуация в Геленджике намного лучше, чем в промышленных городах, может быть поэтому никто и не стремился переехать в деревню, тем более, что большая часть жителей в Геленджике и так живет в частном секторе. В другой город стремились переехать в основном молодежь, большая их часть для продолжения учебы и обретения хорошей и престижной работы.

На сохранение или изменение местожительства могут влиять также социальные проблемы, которые волнуют население (см. рис. 3, рис. 8). В графу другие проблемы жители исследуемых городов относили плохую работу транспорта, плохую работу дворников, отсутствие бесплатного здравоохранения, и несвоевременную выплату заработной платы.

Жителей южных городов также не может не волновать такая проблема, как безработица – ведь работа в этих городах посезонная (4–7 месяцев). Что касается преступности, то в период отпусков (именно в это время проводились наши исследования) она сходит практически на “нет”, так как очень много внимания оказывают местные власти на поддержание правопорядка в этот период.

Полученные результаты показали, что для респондентов промышленных городов Кандалакша и Туапсе на первом месте все-таки

больше стоят собственные интересы, а затем уже интересы экологии. Причем, если для жителей Туапсе проблема загрязнения окружающей природной среды на втором месте, то для населения Кандалакши – на последнем.

Население Геленджика очень трепетно относится к вопросам загрязнения окружающей природной среды и в частности, прибрежной зоны, т.к. Геленджик – курортный город. Поэтому, ухудшение качества окружающей среды естественно повлечет за собой сокращение количества отдыхающих.

Не смотря на то, что респонденты, в общем положительно относятся к проблеме загрязнения окружающей природной среды, можно посмотрим, какие источники загрязнения они называют в первую очередь (основные, по их мнению) (рис. 9).

В итоге можно выделить два основных источника загрязнения, которые назвали все участники опроса в исследуемых городах: бытовое загрязнение и порт. Кроме того, население южных городов (Туапсе, Геленджик) волнует влияние отдыхающих на экологическую обстановку в городе (см. рис. 9). Все это говорит о том, что респонденты не могут не задумываться над проблемами экологии, так как они оказывают на них непосредственное влияние.

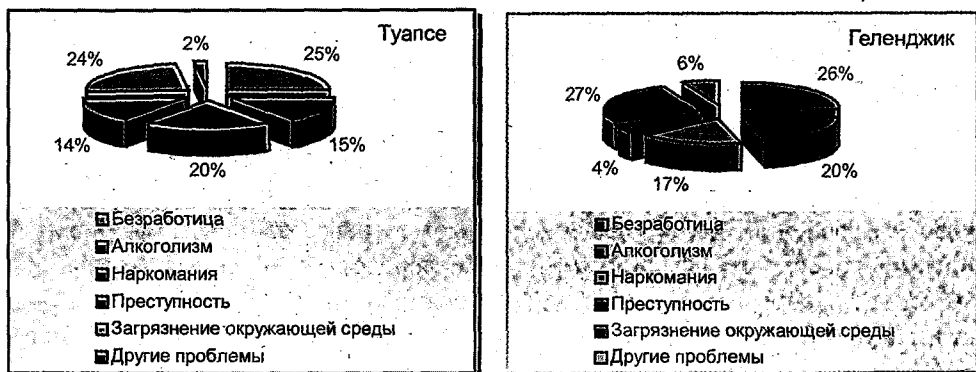


Рис. 8. Распределение социальных проблем по степени их значимости с точки зрения респондентов.

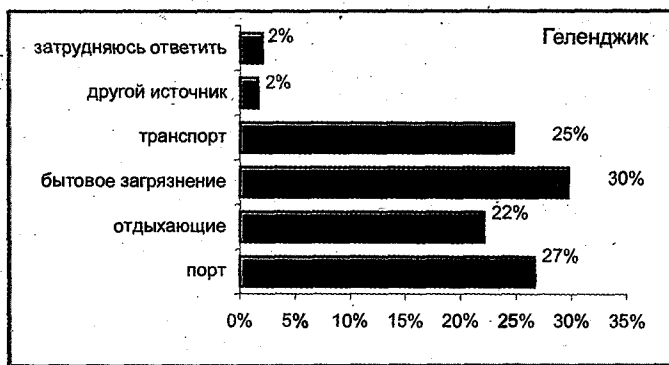
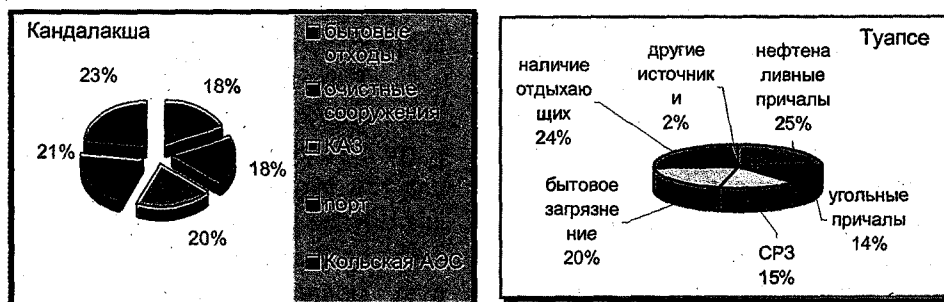


Рис. 9. Наиболее сильный источник загрязнения с точки зрения жителей.

В итоге, разговаривая с жителями наших городов, мы поинтересовались, какую оценку же все-таки оценку наши респонденты дали со-

стоянию окружающей природной среды (рис. 10).

Респонденты из Кандалакша и Туапсе дали неудовлетворительную

оценку экологической обстановки, а жители Геленджика все же оценили состояние окружающей природной среды, как удовлетворительное. Города Кандалакша и Туапсе – промышленные города, поэтому источников загрязнений здесь, конечно же, намного больше, чем в курортном городе. Например, очень сильно загрязняется Белое море и Кандалакшский залив от апатитовой руды, погрузка которой происходит в Кандалакшском морском порту. В Туапсе прибрежная зона загрязняется от погрузки угля, нефти в порту, а также бытовыми отходами (см. рис. 9). В Геленджике нет промышленных предприятий и пока нет интенсивно действующего порта, поэтому единственное, что оказывает влияние на экологическую обстановку по мнению жителей – это транспорт и бытовые отходы, поэтому его жители и дали удовлетворительную оценку состоянию окружающей среды.

Но различие во мнениях населения городов Кандалакши, Туапсе и Геленджика заключается не только в оценке окружающей природной среды, но и в отношении к возможному строительству или расширению портов в этих городах, причем, учитывая, что это приведет к увеличению не только антропогенной нагрузки на окружающую среду, но и в том числе к увеличению рабочих мест (рис. 11).

Например, большинство жителей Кандалакша были за расширение порта “Витино”, не смотря на то, это

может негативно повлиять на заповедник и его обитателей. Аналогичная ситуация наблюдалась и в Туапсе – значительная их часть отнеслись к расширению порта положительно, даже несмотря на то, что из-за этого может навсегда исчезнуть пляж. В Геленджике проводилась компания о возможном строительстве порта и проведен опрос среди населения – основная масса жителей были против строительства порта и главная причина в этом – влияние порта на экологическую обстановку в городе, что по их мнению даже может привести к экологической катастрофе.

Жители промышленных городов считают, что расширение портов – это дополнительные рабочие места для тех, кто нуждается в работе, так как другие промышленные предприятия пока еще не работают на полную мощность, поэтому влияние портов на экосистемы прибрежной зоны их меньше волнуют.

В то же время в Геленджике все подчинено одной цели – создать гостям полноценный отдых и максимально результативное лечение. Для этого в Большом Геленджике действуют 11 санаториев, 19 пансионатов, 87 баз отдыха, туристические базы, гостиницы, кемпинги и пионерские лагеря. Геленджик обладает не только основным лечебным фактором – климатическими условиями, но и еще минеральными водами. Строительство порта, по мнению местного населения, может плохо сказаться на экологической обстановке в городе, что может при-

вести к сокращению числа отдыхающих, а ведь многие жители живут тем, что предоставляют кварти-

ры и комнаты приезжим, продают различные продукты и товары.

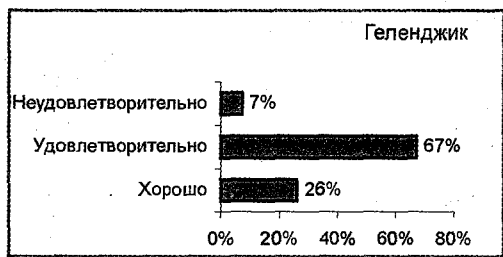
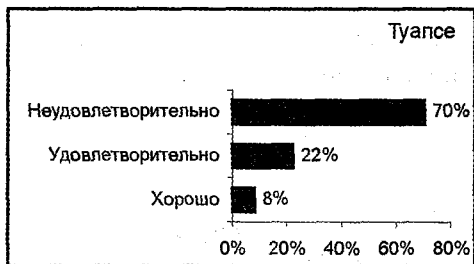
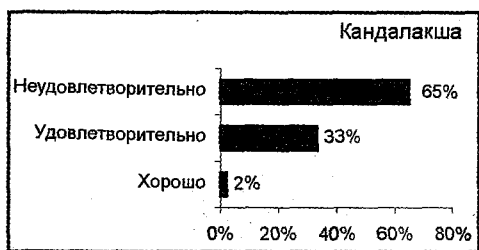


Рис. 10. Оценка жителями экологической обстановки.

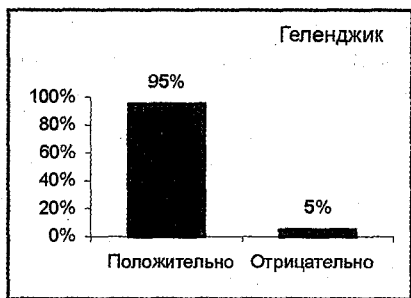
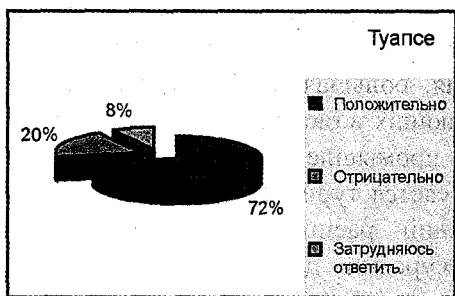
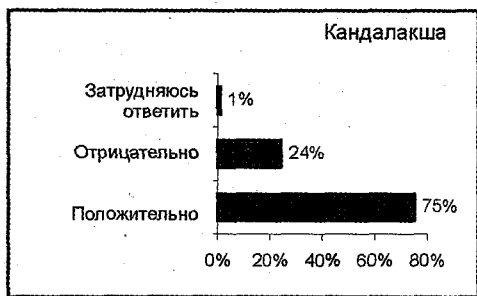


Рис. 11. Отношение жителей к возможному расширению или строительству портов.

Еще хотелось бы обратить внимание на отношение респондентов к развитию города (района). На вопрос: “Что на Ваш взгляд необходимо сделать, чтобы изменилась ситуация в городе (районе)?” – были

даны следующие варианты ответов: стала развиваться промышленность, туризм, либо какой-то другой вариант (рис. 4, по данным 2002 г., рис. 12).

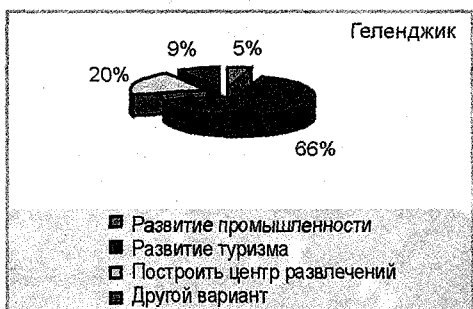
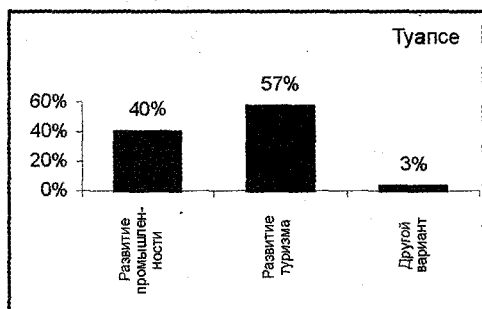


Рис. 12. Отношение опрошенного населения к развитию города.

Большинство опрошенных жителей Кандалакши, как мы уже говорили за развитие промышленности (см. рис. 4), т.к. по мнению населения, большая часть средств, поступающих в бюджет города, поступает от промышленных предприятий. Что касается туризма, то район исследований располагает необходимыми ресурсами для развития туризма. Край полярной зимы и незаходящего летнего солнца может привлечь своими природными особенностями, культурными и историческими памятниками. Здесь имеются большие рекреационные возможности: рыбалка, охота, условия для водного и горного туризма, альпинизма, горнолыжного спорта. Но, к сожалению, развить туризм в такой степени как на юге в г. Кандалакше в настоящее время просто невозможно,

так как для этого потребуются значительные начальные материальные вложения. В то время как жители городов Туапсе и Геленджик за развитие туризма (рис. 12). Кроме того, небольшой процент опрошенных в Кандалакше и Геленджике высказались за строительство центра развлечений.

Были и другие варианты ответов, такие как: сменить милицию, администрацию, повысить пенсии, чаще проводить уборку на улицах города, улучшить работу транспорта, улучшить качество экскурсий, увеличить количество рабочих мест, наладить порядок, проводить занятия по профилактике алкоголизма и наркомании с детьми и молодежью и т.д.

В целом, среди полученных ответов, мы не видим стратегическо-

го подхода к развитию прибрежных районов. Жители г. Кандалакша в основном говорили о решении своих проблем (повысить пенсии, предоставить рабочие места и т.д.), нежели о развитии прибрежного района в целом. То есть, если бы мы не предлагали варианты ответов, то получили бы следующие ответы: обеспечить людей работой, повысить пенсии, повысить зарплату учителям и врачам, наладить порядок и т.д.

Противоположно мнению жителей севера все варианты ответов, которые жители южных городов дали сами, связаны с благоустройством города, улучшением сервиса и туристического бизнеса, расширить сеть пансионатов, улучшить качество экскурсий, благоустроить аэропорт, проводить чаще уборку на улицах и т.д.

Проанализировав мнения жителей севера и южных городов, можно отметить, что уровень активности и заинтересованности жителей Геленджика и Туапсе в обсуждении

стратегических проблем выше, чем у населения Кандалакши.

Разумеется, мы не претендуем на то, что проведенные нами исследования являются вполне точными, т.к. и время проведения опроса и случайность выборки опрашиваемого населения и наши возможности, наверное, на могут дать сведений для получения полных и абсолютно достоверных результатов, но в общем смысле они могут дать представление о социально-экологической ситуации в этих районах.

Работа выполнена в рамках Пилотного проекта ЮНЕСКО, направленного на оказание содействия Администрации г. Кандалакши в управлении конфликтами в сфере охраны окружающей среды и развития прибрежной зоны "Устойчивое развитие прибрежной зоны Белого и Баренцева морей, Север России" (контракт № 876 361:3).

References

- Айбулатов Н. А. Геоэкология шельфа и берегов морей России. – М.: 2001. – 450 с.
- Клюйков Е. Ю., Ротова О. В. Социально-экологическая ситуация в береговой зоне Кандалакшского залива Белого моря: результаты социологического исследования // "Рациональное использование прибрежной зоны северных морей". Материалы докл. IV–V Междунар. Семинара. Кандалакша, 19 июля 1999 г. июля, 18 июля 2000 г. – СПб.: Изд. РГГМУ, 2002. – С. 218-227.
- Клюйков Е. Ю., Ротова О. В. Некоторые результаты социально-экологических исследований в прибрежной зоне Кандалакшского залива Белого моря //
- Никаноров А. М., Хоружая Т. А. Глобальная экология: Учебное пособие. – М.: Изд-во ПРИОР, 2001. – 285 с.

Литература

Плиник Н. Л., Гогоберидзе Г. Г. Политика действий в прибрежной зоне. – СПб.: 2003. – 240 с.

Ротова О. В. Прибрежная зона и экология во мнениях подростков // См. наст. сборник. *Устойчивое развитие* и Местная повестка дня на XXI век. Избранные документы и материалы / Инге - Вечтомов С. Г., Флоринская Т. М., Худoley В. В., Егорова Г. Л. – СПб.: 2000. – 252 с.

УДК 502.5 (210.5) : 316.654 «465.07/.16»

Прибрежная зона и экология во мнениях подростков

Coastal Zone and Ecology in the Mind of Teenagers

О. А. Rotova

Russian State
Hydrometeorological University

О. А. Ротова

Российский государственный
гидрометеорологический университет

Некоторые проблемы, возникающие в прибрежной зоне, ситуацию в ней и ее использование могут знать, может быть и не совсем осознанно, и подростки школьного возраста. Мы попытались проанализировать отношение детей к проблемам, которые должны волновать все население прибрежной зоны. Помимо взрослого населения [Клюйков, Ротова, 2004] в течение трех лет социологическое исследование проводилось среди детей и подростков в возрасте от 7 до 16 лет, отдыхающих в спортивно-оздоровительном лагере “Гандвиг”, который имеет областное подчинение, и поэтому в лагере отдыхают дети подростки со всей Мурманской области. Кроме того, лагерь принимает детей и подростков в большинстве своем из неблаго-

получных или малообеспеченных семей.

Цель нашего исследования заключалась в выявлении мнения детей подростков относительно проблем населения береговой зоны Кандалакшского залива Белого моря, а также отношение подростков к своей будущей жизни на севере. Реализация данной цели предполагала выяснение мнения подростков об экологии, прибрежной зоне, отношения к возможности их собственного влияния на социально-экологическую ситуацию в районе, удовлетворенность состоянием окружающей среды, отношения к развитию района, путем распространения составленных нами анкет. Вопросы анкеты были составлены таким образом, чтобы можно было бы понять подростков, сделать некото-

рые выводы об их желаниях, наклонностях, об отношениях их к окружающим, их мнение относительно прибрежной зоны и природы севера, попытаться выявить их способность жить и работать в прибрежной зоне и на благо прибрежной зоны. Опрос осуществлялся студентами кафедры комплексного управления прибрежными зонами при помощи и в присутствии воспитателей. Всего было опрошено 126 человек (табл. 1). Прежде всего, необходимо отметить, что в некоторых диаграммах, построенных по результатам опроса, было получено в процентном соотношении больше 100 %, так как многие дети давали сразу несколько вариантов ответов.

Таблица 1. Число опрошенных детей

Год	2001	2002	2003
Количество респондентов	39	43	44

Вначале нас интересовало отношение подростков вообще к отдыху в лагере, и как выяснилось, большинство опрошенных детей и подростков в разные годы с удовольст-

вием отдыхали в нем (рис. 1). Такое мнение у них складывалось в силу различных причин. Например, многим нравиться иногда находиться вдали от родителей, проявлять некоторую самостоятельность, заводить новых друзей. В то же время была группа детей, которой не нравилось отдыхать в лагере. Складывалось такое мнение, что видимо, из-за напряженного режима, негативного отношения сверстников, территориальной отдаленности от родителей, необщительности ребенка и ряда других причин эти подростки не нашли свое место в лагере. Некоторым подросткам было трудно ответить однозначно на этот вопрос, так как временами им нравилось отдыхать в лагере, а временами нет. Возможно, что получение таких различных ответов связано с тем, что каждый год происходит новый набор в отряды подростков с различными знаниями и интересами, из разных населенных пунктов Мурманской области и поэтому они не всегда могут найти общий язык со своими сверстниками, найти общие интересы.

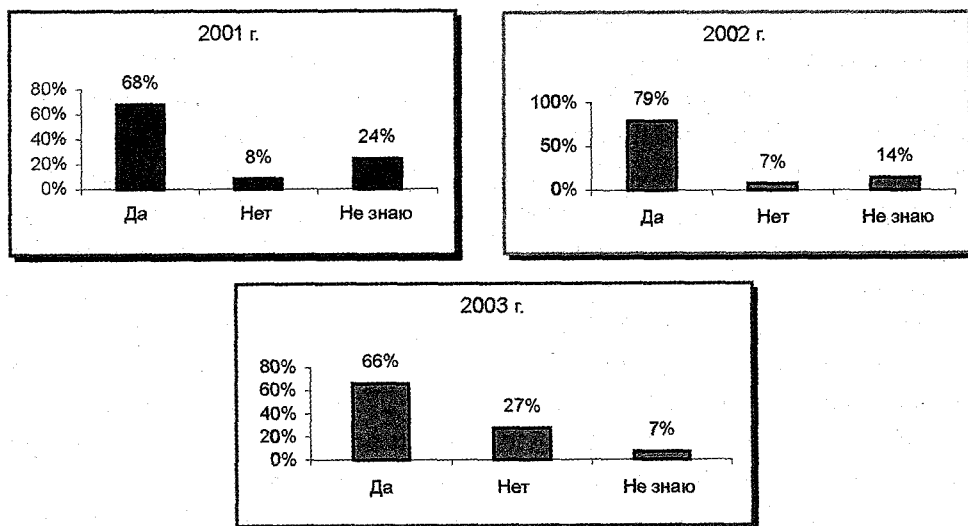


Рис. 1. Отношение подростков к отдыху в лагере.

Если рассматривать результаты опроса относительно мнения детей и подростков о прибрежной зоне и их отношения к ней, то большинство из них затруднились дать определение прибрежной зоны (рис. 2). Лагерь “Гандвиг” расположен в береговой зоне Кандалакшского залива Белого моря. Видимо, поэтому большинство детей определили прибрежную зону, как место рядом с водой, как берег.

Если посмотреть на их ответы то можно отметить, что с позиций КУПЗ ни одно из полученных определений не является верным, так как никто не упомянул о единстве морского и берегового пространства в понятии прибрежной зоны. В целом таких результатов следовало ожидать, так как этим детям никто не

рассказывал о прибрежной зоне, а программа комплексного управления прибрежными зонами (КУПЗ) только начинает внедряться в Кандалакшском районе.

В тоже время несколько иные представления у подростков об экологии (рис. 3). Хотя многие из них понимают, какое влияние оказывает промышленность и вообще деятельность человека на окружающую среду, не все смогли сформулировать определение экологии.

Больше всего вариантов определения экологии дети дали в 2001 г. – 12 вариантов ответов, в 2002 г. и 2003 г. – по 8 вариантов ответов (см. рис. 3). Только 2003 г. больше половины из опрошенных подростков (52 %) затруднились ответить на вопрос, хотя в предыдущие годы их было

несколько меньше. Может быть, дети просто не хотели думать над этим вопросом, или побоялись дать неверное определение, а также это возможно связано с тем, что предмет

“Экология” начинают преподавать только в старших классах.

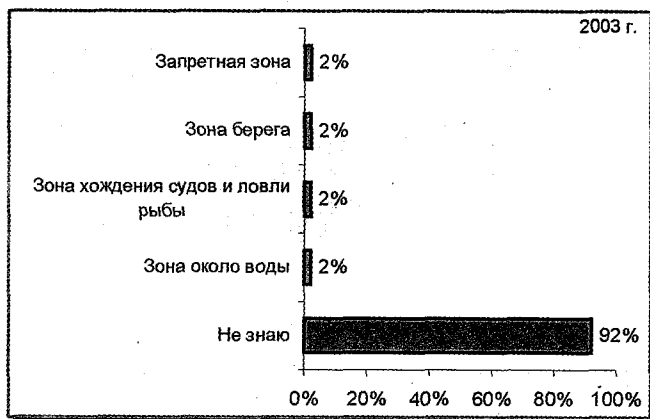
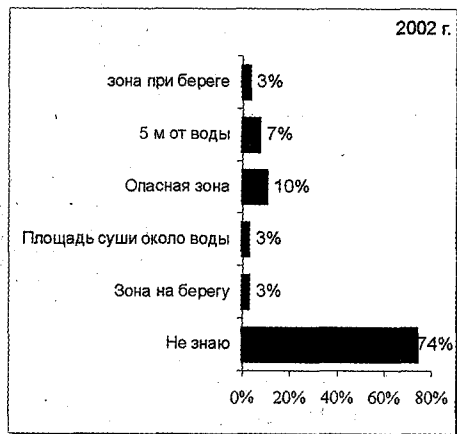
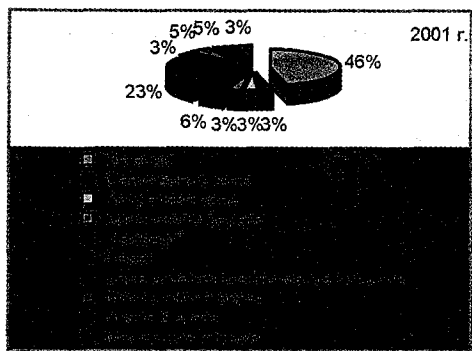


Рис. 2. Определение прибрежной зоны с точки зрения детей.

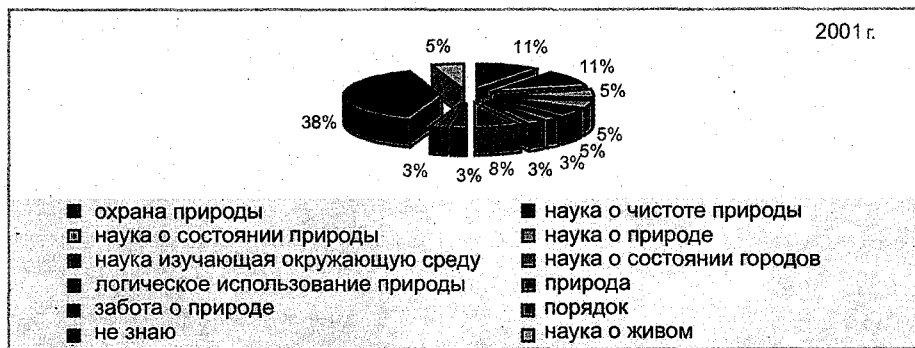


Рис. 3. Определение экологии с точки зрения детей.

Судя по их ответам нельзя сказать, что дети дали неверное определение экологии, просто эти определения неполные, либо входят в какой-либо раздел или подраздел изучения экологии. Например, экология

– наука о состоянии городов. Утверждать, что это неправильное определение нельзя, так как есть раздел экологии, который изучает экологические проблемы городов, учитывая, что в настоящее время средства мас-

совой информации, постоянно говорят, что экология некоторых городов находится в бедственном или даже критическом положении. Только в 2002 г. небольшой процент опрошенных подростков дал определение наиболее близкое к правильному – наука о взаимодействии окружающей среды и человека.

Об экологии подросткам рассказывают в школе и очень часто говорят в средствах массовой информации, поэтому их познания о ней несколько выше, чем о прибрежной зоне, но, к сожалению никто из них все-таки не смог сформулировать точное определение экологии. Таким образом, понятно, что есть насущная необходимость внедрения в школьные программы, не только специализированных школ и классов, дополнительных уроков об экологии и окружающей природной среде хотя бы района проживания, что было бы не только полезно для школьников, но и интересно с точки зрения познания.

В настоящее время в школах многих городов открываются экологические классы или даже специализированные школы, создаются экологические кружки и клубы. Не составляют исключение и школы г. Кандалакши. Но нужно учитывать, что в лагерь приезжают подростки со всей Мурманской области, поэтому и ответы их имеют такой широкий разброс.

Если посмотреть, а связывают ли подростки свою будущую профессию с прибрежной зоной (рис. 4). При этом не следует относиться предвзято к вариантам ответов, которые мы получили на вопрос о будущей профессии. Нужно учитывать, что условия севера, наличие в настоящее время проявлений алкоголизма, наркомании, преступности не может не оказывать влияние на мнение детей и подростков относительно выбора профессии и будущего вообще (разумеется, если это решение не совсем продумано).

В 2001 г. были названы в основном специальности, которые можно получить в г. Кандалакше в различных ПТУ (в этот год большая часть подростков в лагере была из Кандалакши или Кандалакшского района). Например, ПТУ № 9 обучает профессиям: столяр, плотник, маляр, штукатур; ПТУ № 24 – машинист, помощник машиниста и другим профессиям, связанным с железной дорогой. Названные профессии, как директор предприятия, модельер, бухгалтер, скорее всего, выбраны под влиянием родителей (кто-то из родителей работает бухгалтером и т.д.), либо под влиянием телевизионных и радиопередач. Таким образом, подростки, отдыхающие в лагере, предполагали свои будущие профессии, специальности никак не связанные с прибрежной зоной.

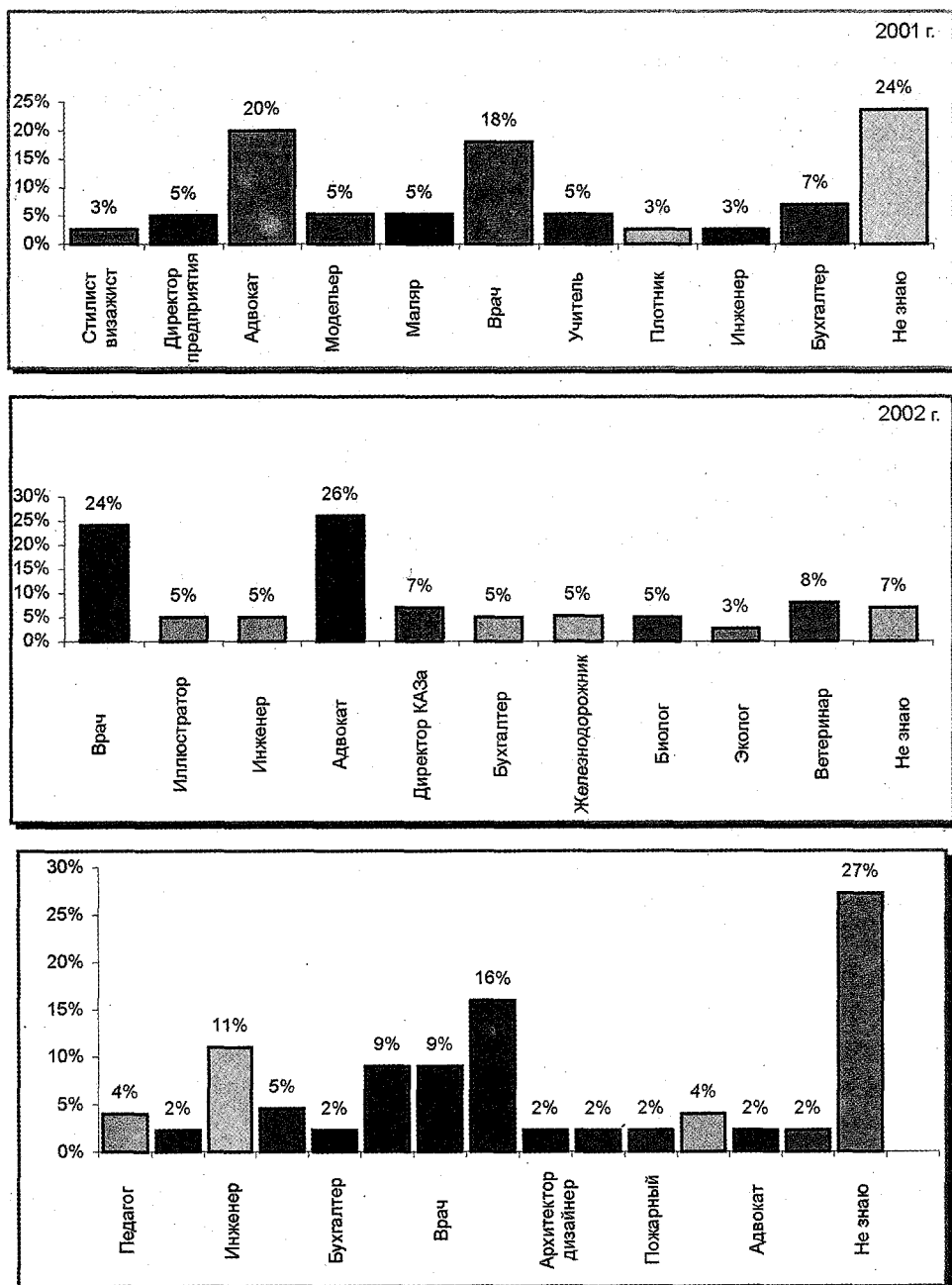


Рис. 4. Профессии, которые выбирали дети.

Происходит это потому, что детям мало кто рассказывает о прибрежной зоне, о состоянии экологической обстановки, о способах ее изменения в лучшую сторону или вообще о проблемах охраны окружающей среды. Таких предметов в школе нет, да и учебных заведений, обучающих профессиям, связанных с прибрежной зоной тоже (см. рис. 4).

В 2002 г. были названы аналогичные профессии, но уже из подобного набора профессий выделяются такие профессии, как биолог и эколог. Серьезно подходить к анализу этих ответов, наверное, нельзя. У подростков в их возрасте выбор профессии может зависеть от складывающейся ситуации. На самом деле в этом возрасте довольно сложно выбрать будущую профессию, сделать свой выбор правильным, поэтому, многие дети затруднились ответить на этот вопрос. Очень мало детей, которые с самого детства определяют свое будущее предназначение. Но ответы их все-таки показательны. За три года исследований не изменилось мнение детей относительно выбора профессии. Результаты опроса показывают, что более всего детям хотелось бы стать бухгалтером, адвокатом, врачом, инженером и директором какого-либо объекта (предприятия, лагеря). В принципе, такого результата и следовало ожидать, т.е. дети, в основном, выбирали профессии наиболее перспективные с их точки зрения,

либо профессии родителей, либо может быть призвание.

В заключении хотелось бы сказать, что возраст 12-15 лет – довольно сложный период в жизни подростка. Если у него будет поддержка родителей или родственников в его положительных начинаниях, то он вряд ли собьется с пути и вырастет человеком, необходимым для общества.

Необходимо отметить, что трудные подростки не отличаются от других детей по способностям, поэтому не надо судить о них предвзято. Трудные подростки – это не плохие, безнадежно испорченные дети, как считают многие взрослые, а просто требующие особого внимания и участия окружающих. Они нуждаются в индивидуальном подходе со стороны воспитателей (педагогов), окружающих их людей и внимания сверстников. Поэтому, если каждый из нас подарит таким детям хотя бы немного тепла, проявит некоторый интерес к их жизни, а может даже предложит свою помощь, то жизнь их станет намного лучше.

У нас была возможность сравнить результаты социологических исследований в спортивно-оздоровительном лагере “Гандвиг” с аналогичными исследованиями, которые проводились среди детей и подростков, отдыхающих в культурно-экологическом клубе “Непоседа” (Ленинградская область, г. Приозерск, район оз. Вуокса). Варианты анкет, для детей этих лагерей были

составлены практически одинаковыми. Цели исследования были те же. На наш взгляд эти исследования могут представлять определенный интерес и для руководителей лагерей, воспитателей (педагогов) и всех тех, кто на протяжении всего лагерного сезона работает с подростками, при чем с подростками различного возраста, характера, воспитания и восприятия окружающей природной среды.

При сравнительном анализе исследований, которые проводились в лагере “Гандвиг” и клубе “Непоседа”, необходимо учитывать уровень

знаний подростка, условия в которых он живет (например, неблагополучная семья), отношения со сверстниками, отношение к отдыху в лагере или клубе и т.д., так как все это может влиять на их мнение.

Опрос по составленной нами анкете проводился среди школьников и студентов от 12 до 18 лет, отдыхающих в культурно-экологическом клубе “Непоседа”. Анкетирование проводилось с помощью студентов и преподавателей, которые читали в клубе лекции и проводили практические занятия (табл. 2).

Таблица 2. Число опрошенных детей

Объект отдыха	Гандвиг	Непоседа
Количество респондентов	44	37

Прежде всего, необходимо отметить, что имеются различия в назначении объектов отдыха. Лагерь “Гандвиг” является спортивно-оздоровительным, создан для активного отдыха детей. В клубе “Непоседа” организованы мероприятия не только для отдыха, в нем подростки получают знания по природоохранным специальностям таким, как: геология, гидрология, лимнология, ботаника, гидрохимия и другие. Они проходят практику по этим предметам и затем пишут отчеты.

Если рассматривать отношение подростков к отдыху, то в клубе

“Непоседа” понравилось отдыхать всем (100 %). В то время как в лагере понравилось отдыхать по данным 2002 г. больше половины опрошенных детей (79 %) (см. рис. 1). К этой группе можно отнести детей, которые не первый раз приезжают на отдых в этот лагерь, а также тех, кто обрел здесь друзей, неплохо ладит со сверстниками из своего отряда, и подростками из других отрядов. Возможно дело в том, что отдых в лагере “Гандвиг” прежде всего инициатива родителей, нежели детей. В клуб “Непоседа” большинство под-

роستков отправляются по своему желанию.

Наша задача состояла в выявлении мнения подростков относительно прибрежной зоны (см. рис. 2, рис. 5). В "Непоседе" большинство подростков знали, что такое прибрежная зона, но конкретного определения они не сформулировали.

Большинство детей, отдыхающих в лагере, затруднились дать определение прибрежной зоны. Ни одно определение нельзя признать верным, так как все они затрагивают лишь сушу, и никто не упомянул о единстве морского и берегового пространства. Наблюдается такая ситуация, что многие, если не

знают что такое прибрежная зона, то и не все из подростков хотели бы посещать занятия, на которых им рассказывали бы о природе Севера, о Белом море и его обитателях или о Финском заливе и его обитателях, а также о природе Ленинградской области. На таких занятиях можно было бы узнать больше о прибрежной зоне и вообще об экосистеме района (рис. 6).

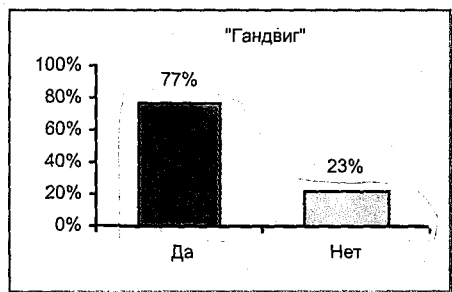


Рис. 6. Отношение детей к возможности получить дополнительную информацию о Севере и Ленинградской области.

Естественно, что большинство опрошенных подростков хотели бы знать больше о природе Севера и Ленинградской области. При этом

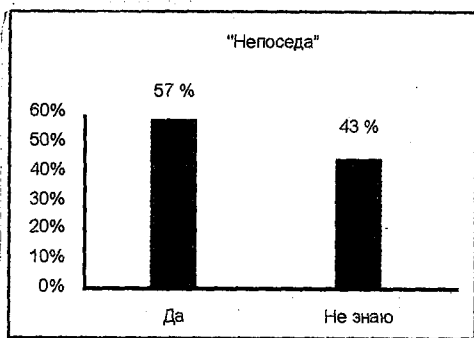
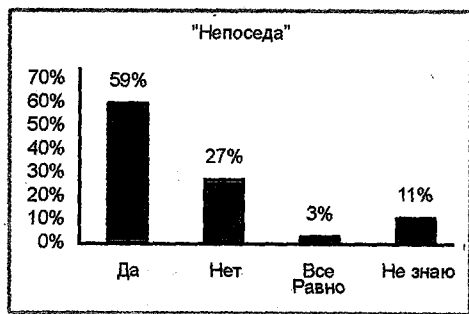


Рис. 5. Определение прибрежной зоны с точки зрения подростков.



желающих получить дополнительную информацию о севере было больше, чем о Ленинградской области. Был небольшой процент опро-

шенных подростков, которые считали, что все знают (для их возраста это понятно), а также те, которые совершенно не заинтересованы в дополнительных занятиях (см. рис. 6). Все это говорит о том, что подростков можно заинтересовать изучением окружающей природной среды, а возможно и занятиями по другим специальностям. Особенно тех, которым это интересно и которым не безразлична судьба того края, в котором они живут.

Если сравнить результаты опроса на вопрос о понятии “экология” (см. рис. 3, рис. 7), то мы уже отметили, что более половины (52 %), отдыхающих в лагере не смогли ответить на вопрос. Основная масса подростков, отдыхающих в клубе,

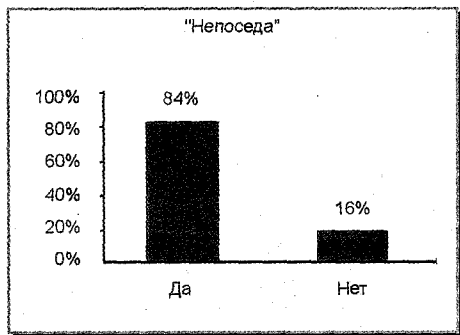


Рис. 7. Определение экологии с точки зрения детей.

ответили, что знают, что такое экология, но свой ответ не смогли конкретизировать. Тем не менее, некоторыми подростками из “Тандвига” были даны определения экологии, пусть не совсем верные, но все-таки

ответы были даны, которые показывают, что и у них имеется некоторое представление об экологии. Таким образом, мы получили результат, который свидетельствует о том, что познания детей об экологии намного больше, чем о прибрежной зоне.

Последнее, на что хотелось бы обратить внимание – это отношение подростков к развитию Кандалакшского района или Ленинградской области (рис. 8).

В этом случае почти все подростки проявили высокую активность, причем отдыхающие в “Тандвиге” проявили больше интереса, хотя в их ответах встречаются детские, необдуманные мысли. Разумеется, они хотели бы, чтобы жизнь в городе стала лучше, но они пока еще не мыслят стратегически, и не могут предложить долгосрочные стратегии развития, т.к. их мнения складываются, прежде всего, под влиянием родителей, родственников, знакомых, друзей, а также средств массовой информации и рекламных акций. Кроме того, можно отметить, что подростки, отдыхающие в клубе, предлагали более глобальные изменения, такие как уменьшить преступность, улучшить финансовое обеспечение, создавать условия для увеличения прироста населения и т.д.

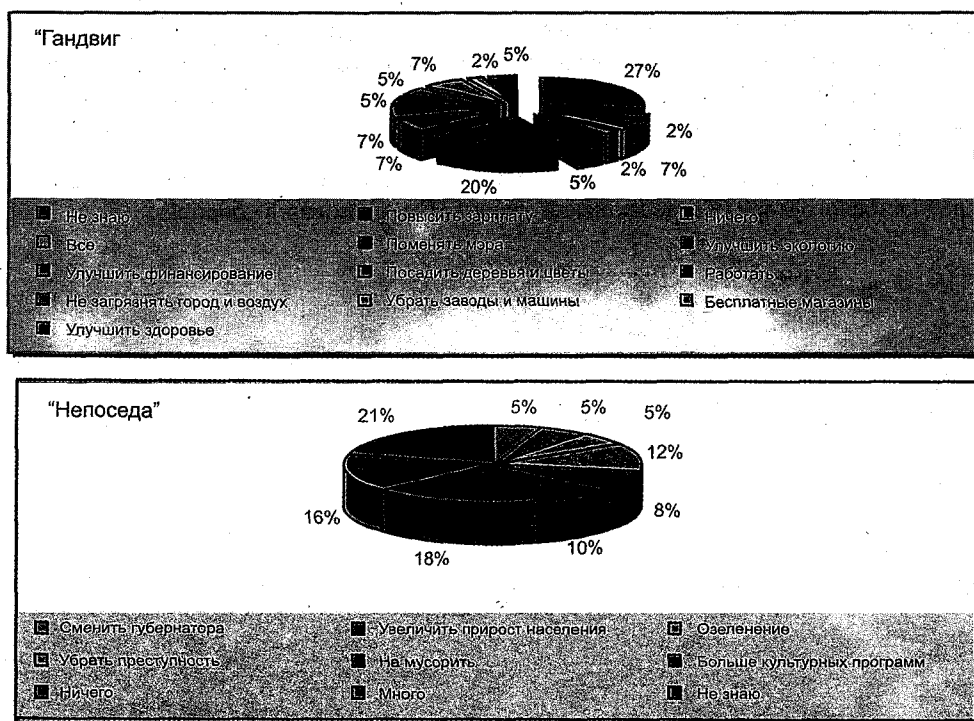


Рис. 8. Необходимые изменения в районе (в области) с точки зрения подростков.

В основном, следует сказать, что не было выявлено значительных отличий в результатах опроса среди детей и подростков, отдыхающих в спортивно-оздоровительном лагере "Гандвиг" и культурно-экологическом клубе "Непоседа".

Анализ полученных результатов анкетирования среди детей и подростков показал недостаточный уровень их информативности о при-

брежной зоне, экологии, о природе прибрежной зоны. Таким образом, становится очевидным, что необходимо внедрить экологическое образование и воспитание среди подросткового поколения, т.к. дети – это та часть населения, на которую можно оказывать действенное влияние и таким образом, мы сможем вырастить поколение, способное идти по пути устойчивого развития.

References

Литература

Клюйков Е. Ю. , Ротова О. В. Некоторые результаты социо-экологических исследований в прибрежной зоне Канда拉克шского залива Белого моря // Материалы итоговой сессии Ученого совета РГГМУ. Информационные материалы. Часть I. – СПб.: изд. РГГМУ, 2004. – С. 139-140.

Клюйков Е. Ю. , Ротова О. В. Социально-экологические исследования в прибрежном районе Белого моря (Канда拉克шский залив) // См. настоящий сборник.

СОДЕРЖАНИЕ

ИЗУЧЕНИЕ БИОТОПОВ ПРИБРЕЖНЫХ ЭКОСИСТЕМ

<i>Бухаров И. В., Россаль О. С.</i> Районирование акватории Белого моря на основе метода сводных показателей	3
<i>Жилин А. Ю., Плотицина Н. Ф., Киреева Л. И.</i> Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ) в донных отложениях Кольского залива Баренцева моря	18
<i>Илларионов А. В., Овчинникова Ю.</i> Рекогносцировочное обследование некоторых островов Кандалакшского заповедника	39
<i>Касторная Е. В., Провоторов П. П.</i> Характерные черты геоморфологического строения берегов губы Палкина	46
<i>Колесников В. В., Новиков М. А.</i> Компьютерное картографирование донных отложений Баренцева моря	53
<i>Лаптева А. М.</i> Содержание общего мышьяка в водорослях и донных отложениях прибрежной зоны Баренцева и Белого моря	62
<i>Лебедев М. К., Овчинникова Н. Е., Толмачев Ю. А., Черноок В. И.</i> Методика анализа сигналов авиационного лидара для измерения гидрооптических параметров морской воды	72
<i>Лесничий Л. И., Пузикова Е. Е.</i> Гидрологические условия ручьев губы Палкина и рекогносцировочное обследование о. Олений ..	87
<i>Новиков М. А.</i> Геоинформационный подход к анализу экологического состояния морских экосистем Арктики	92
<i>Новиков М. А., Харламова М. Н.</i> Исследование растворенного органического вещества внутренних водоемов Кольского полуострова по спектрам флуоресценции	108
<i>Плотицина Н. Ф.</i> Мониторинг химического загрязнения водных масс Баренцева моря	136
<i>Плотицина Н. Ф.</i> Оценка влияния морской аквакультуры на качество водной среды и донных осадков губы Печенга	149
<i>Примаков И. М.</i> Математическое моделирование поведения экосистем прибрежных районов Белого моря	174

СОЦИАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ СЕВЕРНЫХ МОРЕЙ

<i>Гогоберидзе Г. Г.</i> Оценка экономики прибрежной зоны и инвестиционных рисков Мурманского региона	183
<i>Карлин Л. Н., Хандожко Л. А., Клюйков Е. Ю., Каганец В. В.</i> Оценка экономической полезности прогнозов скорости ветра в западной Арктике	193
<i>Клюйков Е. Ю., Ротова О. А.</i> Социально-экологические исследования в прибрежном районе Белого моря (Кандалакшский залив) .	211
<i>Ротова О. А.</i> Прибрежная зона и экология во мнениях подростков	230

CONTENTS

INVESTIGATION OF BIOTOPES OF COASTAL ECOSYSTEMS

<i>Bucharov I. V., Rossal O. S.</i> Zoning of the White Sea water area on the basis of the method of summary indexe	3
<i>Zhilin A. Yu., Plotitsyna N. F., Kireeva L. I.</i> Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH) in the bottom sediments of Kola Bay of the Barents Sea	18
<i>Illarionov A. V., Ovchinnikova Yu. V.</i> A reconnaissance survey of certain islands of the Kandalaksha Reserve	39
<i>Kastornaya Ye. V., Provotorov P. P.</i> Characteristic features of geomorphological structure of the Palkin Bay shore	46
<i>Kolesnikov V. V., Novikov M. A.</i> Computer Cartography of Bottom Deposits of the Barents Sea	53
<i>Lapteva A. M.</i> Arsenic Content in Algae and Bottom Sediments of the Barents Sea and White Sea Coastal Zone	62
<i>Lebedev M. K., Ovchinnikova N. E., Tolmachev Yu. A., Chernook V. I.</i> The Method for Airborne Lidar Signal Analysis for the Hydrooptical Sea Water Parameters Measurement	72
<i>Lesnichy L. I., Puzikova E. E.</i> Hydrological conditions of the Palkin Bay brooks and reconnaissance survey of Island Oleny	87
<i>Novikov M. A.</i> Geo-informational Approach to the Analysis of Ecological Status of the Arctic Marine Ecosystems	92
<i>Novikov M. A., Kharlamova M. N.</i> Investigation of Dissolved Organic Compound of the Inland Water Reserves of the Kola Peninsula by Fluorescence Spectra	108
<i>Plotitsyna N. F.</i> Monitoring of Chemical Pollution in the Barents Sea Water Mass	136
<i>Plotitsyna N. F.</i> Estimation of the marine aquaculture impact on the aquatic environment quality and bottom sediments in the Pechenga bay	149
<i>Primakov I. M.</i> Mathematic Modeling of Behaviour of Coastal Regions' Ecosystems of the White Sea	174

SOCIO-ECOLOGICAL AND ECONOMIC RESEARCH IN THE COASTAL ZONE OF THE NORTHERN SEAS

<i>Gogoberidze G.G.</i> Appraisal of the Coastal Zone Economy and Investment Risks in the Murmansk Regions	183
<i>Karlin L.N., Khandozhko L.A., Kluikov Ye.Yu., Kaganets V.V.</i> Estimation of economic usefulness of wind velocity forecasts in the western Arctic Region	193
<i>Kluikov Ye.Yu., Rotova O.A.</i> Socio-ecological studies in the coastal zone of the White Sea (Kandalaksha Bay)	211
<i>Rotova O. A.</i> Coastal zone and ecology in the teenagers' opinion	230

Бухаров И. В.	3	Быхаров И. В.	3
Gogoberidze G. G.	183	Гогоберидзе Г. Г.	183
Zhilin A. Yu.	18	Жилин А. Ю.	18
Illarionov A. V.	39	Илларионов А. В.	39
Kaganets V. V.	193	Каранец В. В.	193
Karlin L. N.	193	Карлин Л. Н.	193
Kastornaya Ye. V.	46	Касторная Е. В.	46
Kireeva L. I.	18	Киреева Л. И.	18
Kiuiikov Ye. Yu.	193, 211	Киуйиков Е. Ю.	193, 211
Kolesnikov V. V.	53	Колесников В. В.	53
Lapteva A. M.	62	Лаптева А. М.	62
Lebedev M. K.	72	Лебедев М. К.	72
Lesnichy L. I.	87	Лесничий Л. И.	87
Novikov M. A.	53, 92, 108	Новиков М. А.	53, 92, 108
Ovchinnikova N. E.	72	Овчинникова Н. Е.	72
Ovchinnikova Yu. V.	39	Овчинникова Ю. В.	39
Plotitsyna N. F.	18, 136, 149	Плотицына Н. Ф.	18, 136, 149
Primakov I. M.	174	Примаков И. М.	174
Provotorov P. P.	46	Провоторов П. П.	46
Puzikova E. E.	87	Пузикова Е. Е.	87
Rossal O. S.	3	Россаль О. С.	3
Rotova O. A.	211, 230	Ротова О. А.	211, 230
Tolmachev Yu. A.	72	Толмачев Ю. А.	72
Khandozhko L. A.	193	Хандоожко Л. А.	193
Khariamova M. N.	108	Харьямова М. Н.	108
Chernook V. I.	72	Черноок В. И.	72

Научное издание

VI-VII МЕЖДУНАРОДНЫЕ СЕМИНАРЫ
"РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ
СЕВЕРНЫХ МОРЕЙ"

Материалы докладов

Часть II

Изучение биотопов прибрежных экосистем
Социально-экологические и экономические исследования
в прибрежной зоне северных морей

VI-VII INTERNATIONAL WORKSHOP

"RATIONAL EXPLOITATION OF THE COASTAL ZONE
OF THE NORTHERN SEAS"

Materials of the reports

Part II

Studies of the Biotopes of the Coastal Zone.
Socio-Ecological and Economic Studies
in the Coastal Zone of the Northern Seas

Ответственный редактор

Е. Ю. Клоков

Редакторы *И. Г. Максимова, В. В. Данкеев*

ЛР № 020309 от 30.12.96.

Подписано в печать 20.06.04. Формат 70х100 1/16. Гарнитура Times New Roman.
Бумага офсетная. Печать офсетная. Леч.л. 22,7. Уч.-изд.л. 23,3. Тираж 150 экз. Заказ № 38
РТМУ, 195196, Санкт-Петербург, Малоохтинский пр., 98.
ЗАО «Лека», 195112, Санкт-Петербург, Малоохтинский пр., 68.