

Министерство образования и науки Российской Федерации

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ
РОССИЙСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

№ 20

Научно-теоретический журнал

Издается с октября 2005 года
Выходит 4 раза в год

ISSN 2074-2762



Санкт-Петербург
2011

УДК 3 + 502.52 + 55

ББК 6/8 + 26.221 + 26.222 + 26.23

Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета № 20. Научно-теоретический журнал. – СПб.: РГГМУ, 2011. – 232 с.

ISSN 2074-2762

Представлены статьи сотрудников университета и приглашенных специалистов по широкому спектру направлений научной деятельности университета.

Материал сгруппирован по специальностям. Главное внимание уделено проблемам изменения климата, физических процессов в морях, водохозяйственных исследований, экономических механизмов рационального природопользования. В разделе «Хроника» освещены основные события жизни университета.

Предназначен для ученых, исследователей природной среды, экономистов природопользования, аспирантов и студентов, обучающихся по данным специальностям.

Proceedings of the Russian State Hydrometeorological University. A theoretical research journal. Issue 20. – St. Petersburg: RSHU Publishers, 2011. – 232 pp.

The journal presents research papers of the University associates and invited specialists dealing with a broad range of directions in the scientific activities of the University.

The material is grouped according to areas of research. Much attention is given to problems of climate change, physical processes in the seas, water management studies, economic mechanisms of rational nature management. Section “Chronicle” highlights major events in the University’s life.

The journal is intended for scientists studying the environment, specialists in economics of nature management, PhD students and undergraduates specializing in these fields of knowledge.

Редакционная коллегия:

Главный редактор: Л.Н. Карлин, д-р физ.-мат. наук, проф.

Зам. главного редактора: В.Н. Воробьев, канд. геогр. наук.

Члены редколлегии: А.М. Владимиров, д-р геогр. наук, проф., Л.П. Бескид, д-р техн. наук, проф., В.Н. Малинин, д-р геогр. наук, проф., И.Г. Максимова, отв. секретарь, Н.П. Смирнов, д-р геогр. наук, проф., А.И. Угрюмов, д-р геогр. наук, проф., И.П. Фирова, д-р эконом. наук, проф.

ISSN 2074-2762

Журнал включен в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук.

Журнал зарегистрирован в Управлении Федеральной службы по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия по Северо-Западному Федеральному округу.

Свидетельство ПИ № ФС2-8484 от 7.02.2007 г.

Специализация: метеорология, гидрология, океанология, геоэкология, геофизика, общественные и гуманитарные науки.

Подписной индекс 78576 в каталоге «Каталог российской прессы «Почта России».

Журнал включен в базу данных «Российский индекс научного цитирования» (РИНЦ), размещенную на платформе Национальной электронной библиотеки <http://elibrary.ru>

При перепечатке материалов ссылка на журнал обязательна.

Точка зрения редакции может не совпадать с мнением авторов статей.

Адрес редакции: Россия, 195196, Санкт-Петербург, Малоохтинский пр., 98.

Тел.: (812) 444-81-55

© Российский государственный гидрометеорологический университет (РГГМУ), 2011

© Авторы публикаций, 2011

СОДЕРЖАНИЕ

Гидрология

<i>Е.В. Шевнина.</i> Анализ связи норм годовых и зимних осадков с нормами стока весеннего половодья рек российской Арктики	6
<i>С.Д. Мартьянов, В.А. Рябченко, А.Е. Рыбалко.</i> Моделирование процесса взмучивания донных осадков в Невской Губе	13
<i>А.С. Чеботарев.</i> Исследования трансформации гранулометрического состава донных отложений при саморазмыве речного русла	27

Метеорология

<i>В.Н. Боков, В.Н. Воробьев, И.А. Серебрицкий.</i> Оценка фонового загрязнения атмосферного воздуха в Санкт-Петербурге и его пригородах	36
<i>В.И. Бычкова, Р.Ю. Игнатов, К.Г. Рубинштейн.</i> Анализ тепловых потоков на поверхности по расчетам модели WRF-ARW в полярных областях	42
<i>М.Г. Дудник, А.Ю. Канухина, А.А. Власов.</i> Расчет индексов конвекции с использованием данных радиозатменного зондирования спутников COSMIC/FORMOSAT	56
<i>А.В. Коваль, Н.М. Гаврилов.</i> Параметризация воздействия орографических волн на общую циркуляцию средней и верхней атмосферы	71
<i>В.И. Мордвинов, Е.В. Девятова, О.С. Кочеткова, А.И. Погорельцев, Е.Н. Савенкова, Е.К. Улянец.</i> Генерация и распространение низкочастотных атмосферных возмущений зимой в Северном полушарии	76
<i>А.Б. Рыхлов.</i> Закономерности изменения средней скорости ветра с высотой в приземном слое атмосферы на ЮВ ЕТР для решения задач ветроэнергетики	89
<i>А.О. Семенов.</i> Вариации концентрации атомов $O(^1D)$ в верхней атмосфере, обусловленные изменчивостью потока солнечного излучения	100
<i>С.В. Ткачук.</i> Сравнительный анализ биоклиматических индексов для прогноза с использованием мезомасштабной модели	109

Океанология

<i>В.Н. Воробьев, А.И. Данилов, А.В. Клепиков, Э.И. Саруханян, Н.П. Смирнов.</i> Южно-Полярное колебание, его возможные представления и многолетняя изменчивость	119
<i>А.В. Данышина, Л.Н. Карлин, В.Ю. Чанцев.</i> Несимметричность напряжений вязкой несжимаемой жидкости	141
<i>И.Е. Козлов, А.С. Аверкиев, Д.В. Густов.</i> Наблюдение термических фронтов в районе Гусиной Банки Баренцева моря на основе спутниковых радиолокационных данных	152
<i>М.В. Ямковая.</i> Анализ рекреационной деятельности на морских побережьях Российской Федерации	162

Экология

<i>О.В. Волнина.</i> Оценка геоэкологической ситуации в районах подводных отвалов грунта в восточной части Финского залива	172
<i>В.В. Денисов, М.В. Светлова.</i> Актуальные проблемы эколого-географического положения Мурманской области	187

Экономика

<i>С.Л. Левин.</i> Современные принципы инновационного развития агропродовольственной сферы России с учетом обеспечения продовольственной безопасности	194
<i>Д.Х. Сабанчиева.</i> Экономический мониторинг в системе управления предприятиями в сфере природопользования	202

Информационные технологии

<i>Е.П. Истомин, Л.С. Слесарева.</i> О некоторых вопросах моделирования поведения ГИС	207
<i>С.В. Сомов, В.М. Шаймарданов.</i> О защите информационных ресурсов в фонде данных Росгидромета	211
<i>Н.Е. Сердитова.</i> Методология применения геоинформационных технологий в задачах дистанционного зондирования	220
Хроника	226
Список авторов	228
Требования к представлению и оформлению рукописей для авторов журнала	230

CONTENTS

Hydrology

<i>E.V. Shevnina</i> . Analysis of annual and winter precipitation means linkage with spring flood flow means for rivers of the Russian Arctic	6
<i>S.D. Martyanov, V.A. Ryabchenko, A.E. Rybalko</i> . Modeling of sediment resuspension in the Neva Bay	13
<i>A.S. Chebotarev</i> . Studies of transformation of bed material grain size composition under the formation river bed armouring layer	27

Meteorology

<i>V.N. Bokov, V.N. Vorobyev, I.A. Serebriyskiy</i> . Evaluation of the background pollution of atmosphere in St.Petersburg and suburbs	36
<i>V.I. Buichkova, R.Yu. Ignatov, K.G. Rubinstein</i> . The analysis of the surface heat flux using the results of simulations with the wrf-arf model in the polar regions	42
<i>M.G. Dudnic, A.Yu. Kanukhina, A.A. Vlasov</i> . Convection indices derived from COSMIC/FORMOSAT radio occultation sounding data	56
<i>A.V. Koval, N.M. Gavrilov</i> . Parametrization of the orographic waves effects on the general circulation of the middle and upper atmosphere	71
<i>V.I. Mordvinov, A.I. Pogoreltsev, E.V. Devyatova, O.S. Kochetkova, E.N. Savenkova, Ulyanets E.K.</i> Generaon and propagation of the wintertime atmospheric low-frequence disturbances in the Northern hemisphere	76
<i>A.B. Rikhlov</i> . Laws of change of average speed of the wind with height in the ground layer of atmosphere on South-East European Part of Russia for the decision of problems wind power	89
<i>A.O. Semenov</i> . Variations of O(¹ D) atom concentration in the upper atmosphere caused by solar flux variability	100
<i>S.V. Tkachuk</i> . Comparative analysis of bioclimatic indexes for prediction using a mesoscale model	109

Oceanology

<i>V.N. Vorobyev, A.I. Danilov, A.V. Klepikov, E.I. Sarukhanyan, N.P. Smirnov</i> . South Polar oscillation, its possible representations and long-term variability	119
<i>A.V. Danshina, L.N. Karlin, V.Yu. Chantsev</i> . The stress asymmetry of viscous incompressible fluid	141
<i>I.E. Kozlov, A.S. Averkiev, D.V. Gustoev</i> . Satellite radar observations of oceanic thermal fronts in the Goose Bank region of the Barents Sea	152
<i>M.V. Yamkovaya</i> . Analysis of recreational activities on the sea coasts of Russian Federation	162

Ecology

<i>O.V. Volnina</i> . Estimation of the geoecological situation in the underwater soils damping areas in the eastern gulf of Finland	172
<i>V.V. Denisov, M.V. Svetlova</i> . Murmansk region environment	187

Economics

<i>S.L. Levin</i> . Modern principles of innovative development of agrofood sphere of Russia taking into account maintenance of food safety	194
<i>D.H. Sabanchiyeva</i> . Economic monitoring in the management of enterprises in the sphere of nature management	202

Information technologies

<i>E.P. Istomin, L.S. Slesareva</i> . About some questions of modeling of behavior GIS	207
<i>S.V. Somov, V.M. Shaimardanov</i> . On protection of information resources of Roshydromet data fund	211
<i>N.E. Serditova</i> . Application of geo information technologies in remote sensing: methodology	220
Chronicle	226

Е.В. Шевнина

**АНАЛИЗ СВЯЗИ НОРМ ГОДОВЫХ И ЗИМНИХ ОСАДКОВ
С НОРМАМИ СТОКА ВЕСЕННЕГО ПОЛОВОДЬЯ РЕК
РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ**

E. V. Shevnina

**ANALYSIS OF ANNUAL AND WINTER PRECIPITATION
MEANS LINKAGE WITH SPRING FLOOD FLOW MEANS
FOR RIVERS OF THE RUSSIAN ARCTIC**

Проведен анализ связи нормы стока весеннего половодья с нормами годовых и зимних осадков на территории Российской Арктики. Показано, что при стохастическом моделировании формирования стока весеннего половодья и долгосрочной оценке изменений его статистических характеристик под влиянием климата, в качестве внешнего воздействия можно использовать норму годовых осадков, вместо стокообразующих, определение которых достаточно трудоемко.

Ключевые слова: норма стока весеннего половодья, норма зимних и годовых осадков, изменение климата, Российская Арктика.

The norm of spring flood flow and norm of winter (year) precipitation correlation analysis has been conducted. Ability to use the changes of the year precipitation amount as incoming value for stochastic spring flood flow model has been shown.

Key words: norm of spring flood flow, norm of winter and year precipitation, climate change, Russian Arctic.

С.Д. Мартьянов, В.А. Рябченко, А.Е. Рыбалко

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЗМУЧИВАНИЯ
ДОННЫХ ОСАДКОВ В НЕВСКОЙ ГУБЕ**

S.D. Martyanov, V.A. Ryabchenko, A.E. Rybalko

MODELLING OF SEDIMENT RESUSPENSION IN THE NEVA BAY

Трехмерная гидродинамическая модель Невской губы расширяется включением в нее блоков для расчета характеристик волнения и концентрации взвешенного осадочного вещества. Дно Невской губы делится на районы с преобладанием одной из двух фракций осадков — песков или илов, с различными параметрами частиц. Проводится оценка чувствительности модели к выбору критического значения придонного напряжения, при котором начинается взмучивание. Полученные результаты сравниваются с измерениями мутности воды в Невской губе.

Ключевые слова: взмучивание, донные осадки, модели, Невская губа.

A three-dimensional numerical model of the Neva Bay was extended by adding new modules for computation of wave parameters and suspended sediment concentration. The bottom of the Neva Bay was divided into areas with predominance of either sand or silt sediments with different particles' characteristics. Sensitivity analysis of the choice of the critical bottom shear stress is carried out. The results obtained are compared with turbidity measurements in the Neva Bay.

Key words: resuspension, bottom sediments, models, Neva Bay.

А.С. Чеботарев

**ИССЛЕДОВАНИЯ ТРАНСФОРМАЦИИ
ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ
ПРИ САМОРАЗМЫВЕ РЕЧНОГО РУСЛА (на примере р. Мзымты)**

A.S. Chebotarev

**STUDIES OF TRANSFORMATION OF BED MATERIAL GRAIN
SIZE COMPOSITION UNDER THE FORMATION RIVER BED
ARMOURING LAYER**

В статье представлены результаты экспериментов по изучению процесса саморазмыва и образования самоотмостки дна в условиях однонаправленного, общего размыва русла без подачи руслового материала в начале лотка в ходе эксперимента. Это соответствует условиям техногенного сужения русла р. Мзымты, когда за счет увеличения скоростей течения ускоряется процесс размыва дна в проектном русле, а количество и состав наносов меняется в ходе опытов в процессе размыва русла. Полученные в результате исследования количественные характеристики образования самоотмостки связаны с процессом трансформации продольного профиля и характеристиками размыва дна и расходом донных наносов при проектном сужении русла р. Мзымты.

Ключевые слова: транспорт наносов, русловые деформации, начальная скорость движения, интенсивность транспорта, расход донных наносов, самоотмостка, гранулометрический состав донных отложений, саморазмыв речного дна, транспортирующая способность, деформируемая модель, профиль дна.

The results of experiments devoted to the process of the river bed scouring and armouring under the conditions of the abrupt contraction of the Mzymta River are presented in the article. Due to the flow velocity increasing, the process of the bed scouring is accelerating accompanying with the river bed and water surface profile transformation changing of the bed material composition and bed load discharge characteristics.

Key words: bed load transport, river bed deformation, incipient motion, transport intensity, bed load discharge, bed armouring, bed material composition, stream channel degradation, transport capacity, mobile model, river bed profile.

В.Н. Боков, В.Н. Воробьев, И.А. Серебрицкий

**ОЦЕНКА ФОНОВОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО
ВОЗДУХА В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ И ЕГО ПРИГОРОДАХ**

V.N. Bokov, V.N. Vorobyev, I.A. Serebritskyi

**EVALUATION OF THE BACKGROUND POLLUTION OF
ATMOSPHERE IN ST.PETERSBURG AND SUBURBS**

В статье рассматривается методология определения фонового уровня загрязнения атмосферного воздуха по данным мониторинга измерения примесей.

Ключевые слова: фоновый уровень загрязнения, мониторинг атмосферных примесей.

The article considers the methodology of definition of background level of atmospheric air pollution according to monitoring of impurity measurement.

Key words: of background level pollution, monitoring of atmospheric air impurity.

В.И. Бычкова, Р.Ю. Игнатов, К.Г. Рубинштейн

АНАЛИЗ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ НА ПОВЕРХНОСТИ ПО РАСЧЕТАМ МОДЕЛИ WRF-ARW В ПОЛЯРНЫХ ОБЛАСТЯХ

V.I. Buichkova, R.Yu. Ignatov, K.G. Rubinstein

THE ANALYSIS OF THE SURFACE HEAT FLUX USING THE RESULTS OF SIMULATIONS WITH THE WRF-ARF MODEL IN THE POLAR REGIONS

Работа посвящена выбору оптимальной конфигурации модели. Для этой цели были реализованы эксперименты на полярной версии модели WRF с различным набором параметризаций. Модель валидировалась с использованием уникальных данных наблюдений на дрейфующих станциях Северный полюс-35 и Северный полюс-36 в Арктическом регионе. Выбор наиболее успешной конфигурации позволил перейти к моделированию и оценкам более сложных метеорологических параметров, таких как характеристика обмена теплом и влагой. В настоящей статье опубликованы результаты анализа сравнения турбулентных потоков, полученных в ходе численных экспериментов и рассчитанных на основе измерений на дрейфующих станциях.

Ключевые слова: модель WRF, параметризация радиационных процессов, турбулентные потоки подстилающей поверхности.

Presented work is devoted to definition the optimum configuration of WRF model. For this purpose experiments with the polar version of model WRF with a various set of parameterizations have been realized. Model was validated using unique dates given of drifting stations the North Pole – 35 and the North Pole – 36 in the Arctic region. The choice of the most successful configuration has allowed us to pass to modeling and estimations of more difficult meteorological parameters such as characteristics of heat and a moisture exchange. In the present article results of comparison the turbulent fluxes received during numerical experiments and calculated on measurements at drifting stations are published.

Key words: model WRF, parameterization of radiation processes, surface turbulent flux.

М.Г. Дудник, А.Ю. Канухина, А.А. Власов

РАСЧЕТ ИНДЕКСОВ КОНВЕКЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ РАДИОЗАТМЕННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ СПУТНИКОВ COSMIC/FORMOSAT

M.G. Dudnic, A.Yu. Kanukhina, A.A. Vlasov

CONVECTION INDICES DERIVED FROM COSMIC/FORMOSAT RADIO OCCULTATION SOUNDING DATA

В статье описывается диагностика явлений глубокой конвекции для Санкт-Петербурга с помощью данных эксперимента COSMIC по радиозатменному зондированию. Для оценки состояния атмосферы используются четыре индекса: LI (Lifted Index); K; Total totals; DCI (Deep Convective Index) и рассматриваются вертикальные профили статической устойчивости атмосферы Γ и показателя Фальковича χ . Продемонстрирован метод обработки данных эксперимента COSMIC и показан способ получения вертикального профиля температуры из данных о профиле индекса рефракции.

Ключевые слова: данные радиозатменного зондирования COSMIC/FORMOSAT, индексы конвекции, LI, TT, K индекс, показатель Фальковича, статическая устойчивость атмосферы, индекс рефракции, DCI.

The diagnostics of the deep convection for Saint-Petersburg is described with the aid of convection indexes calculated using the experimental data of COSMIC radio occultation sounding. To estimate the state of the atmosphere we used 4 indexes: LI (Lifted Index); K; Total totals; DCI (Deep Convective Index) and plotted vertical profiles of the atmosphere static stability G and Falkovich index χ . The experimental data of COSMIC experiment and method of obtaining the vertical profile of the temperature from vertical profile of the refraction index are described.

Key words: radio occultation sounding, COSMIC/FORMOSAT data, indexes of convection, LI, TT, K index, Falkovich index, static stability of the atmosphere, refraction index, DCI.

А.В. Коваль, Н.М. Гаврилов

ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ

ОРОГРАФИЧЕСКИХ ВОЛН НА ОБЩУЮ ЦИРКУЛЯЦИЮ СРЕДНЕЙ И ВЕРХНЕЙ АТМОСФЕРЫ

A. V. Koval, N. M. Gavrilov

PARAMETRIZATION OF THE OROGRAPHIC WAVES EFFECTS ON THE GENERAL CIRCULATION OF THE MIDDLE AND UPPER ATMOSPHERE

Получены поляризационные соотношения для стационарных орографических волн и формулы для расчета суммарного вертикального потока волновой энергии, а также вертикального профиля амплитуды колебаний горизонтальной скорости. Получены выражения для полного волнового потока тепла, а также для ускорений среднего потока и притоков тепла, создаваемых стационарными волновыми гармониками орографического происхождения. Разработанная параметризация стационарных орографических волн внедрена в модель общей циркуляции атмосферы MUAM-48. Выполнены расчеты характеристик орографических волн, распространяющихся в атмосфере от поверхности Земли до высот нижней термосферы. Показано, что орографические волны могут оказывать существенное воздействие на циркуляцию и тепловой режим средней и верхней атмосферы.

Ключевые слова: средняя и верхняя атмосфера, стационарные планетарные волны, тепловой режим средней и верхней атмосферы.

Polarization relations for stationary orographic waves and formulae to calculate the total vertical wave energy flux, as well as vertical profile of amplitude of horizontal speed are obtained. Expressions for total wave heat flux, accelerations of the mean flow and heating rates produced by of stationary wave harmonics of orographic origin are derived. Calculations of orographic wave characteristics propagating in the atmosphere from the surface up to lower thermosphere are performed. It is shown that orographic waves may have a significant effect on the circulation and thermal structure of the middle and upper atmosphere.

Key words: the middle and upper atmosphere, stationary planetary waves, thermal structure of the middle and upper atmosphere.

*В.И. Мордвинов, А.И. Погорельцев, Е.В. Девятова, О.С. Кочеткова,
А.И. Погорельцев, Е.Н. Савенкова, Е.К. Ульянец*

ГЕНЕРАЦИЯ И РАСПРОСТРАНЕНИЕ НИЗКОЧАСТОТНЫХ АТМОСФЕРНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ ЗИМОЙ В СЕВЕРНОМ ПОЛУШАРИИ

*V.I. Mordvinov, A.I. Pogoreltsev, E.V. Devyatova, O.S. Kochetkova,
E.N. Savenkova, E.K. Ulyanets*

GENERAON AND PROPAGATION OF THE WINTERTIME ATMOSPHERIC LOW-FREQUENCY DISTURBANCES IN THE NORTHERN HEMISPHERE

С помощью метода одноточечных корреляций со сдвигом во времени исследуются низкочастотные возмущения в зимней атмосфере Северного полушария, ответственные за возбуждение крутильных колебаний – вариаций интенсивности среднезонального потока с временным масштабом 15–30 суток, распространяющихся вдоль меридиана. В стратосфере были выделены три типа возмущений – аномалии, бегущие с востока на запад над Евразией-Тихим океаном с периодом около 28 суток (компонента 1), аномалии, медленно смещающиеся с запада на восток над Северной Америкой – Атлантикой (компонента 3), а также спиральные конфигурации, развивающиеся над Евразией (компонента 2), вероятно, представляющие собой двумерные волны Россби, излучаемые цугом нелинейных волн или вихрей (компонента 1) над северной частью Евразии. Амплитуды компонент имеют максимум в умеренных и высоких широтах и убывают в тропиках. В тропосфере структура и динамика возмущений различна в разных частях полушария. Над северными частями Атлантики и Тихого океана возмущения имеют квазидипольную структуру с фиксированным в пространстве положением узлов и периодичностью смены знака аномалий примерно через 15–20 суток. Над восточной частью Евразии и Северной Америкой выделяются бегущие возмущения, пересекающие восточную часть континентов с северо-запада на юго-восток.

Ключевые слова: общая циркуляция атмосферы, крутильные колебания, волны Россби, низкочастотные возмущения.

The low-frequency disturbances in the winter atmosphere of the Northern Hemisphere are investigated using the method of one-point correlations with time-shift. These disturbances are responsible for excitation of torsional oscillations that are the variations of the mean-zonal flow intensity propagating along the meridian with time scale 15-30 days. In the stratosphere the three types of disturbances have been revealed – the anomalies propagating westerly over the Eurasia-Pacific Ocean with the 28-days period (component 1); the anomalies that shift slowly eastward over the North America- Atlantic (component 3) as well as the spiral configurations that developing over the Eurasia (component 2), which probably represent the two-dimensional Rossby waves that are generated by the train of nonlinear waves or vortexes over the northern part of Eurasia (component 1). Amplitudes of the components have a maximum in the middle and high latitudes and decrease in the tropics. In the troposphere the structure and the dynamics of disturbances are different in various parts of the hemisphere. Over northern parts of the Atlantic and Ocean Pacific the disturbances have a quasi-dipole

structure with the fixed position of nodes and change in the sign of anomalies with the period of about 15-20 days. Over the eastern part of the Eurasia and North America are revealed the traveling disturbances that cross the eastern part of continents from the north-west to the south-east.

Key words: the general atmospheric circulation, torsional oscillations, the Rossby waves, the low-frequency disturbances.

А.Б. Рыхлов

**ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ СРЕДНЕЙ СКОРОСТИ
ВЕТРА С ВЫСОТОЙ В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ
НА ЮВ ЕТР ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ**

A.B. Rikhlov

**LAWS OF CHANGE OF AVERAGE SPEED OF THE WIND
WITH HEIGHT IN THE GROUND LAYER OF ATMOSPHERE
ON SOUTH-EAST EUROPEAN PART OF RUSSIA
FOR THE DECISION OF PROBLEMS WIND POWER**

Рассматриваются климатические закономерности изменения скоростей ветра с высотой. Приведены результаты анализа характеристик ветра в приземном слое атмосферы, которые могут быть использованы при разработке ветроэнергетического кадастра. Они получены в результате систематизации и обобщения аэрологических данных и регулярных наблюдений за скоростью ветра на различных высотах нижнего слоя атмосферы с использованием высотных мачт.

Ключевые слова: скорость ветра, средняя, высота, закон, изменение с высотой, степенная функция, логарифмическая функция, параметр шероховатости, аппроксимация, точность, зависимость.

Climatic laws of change of speeds of a wind with height are considered. Results of the analysis of characteristics of a wind in a ground layer of atmosphere which can be used by working out of wing power cadastre are resulted. They are received as a result of ordering and generalization of the aerological given and regular supervision over speed of a wind at various heights of the bottom layer of atmosphere with use of high-rise masts.

Keywords: speed of a wind, average, height, the law, change with height, sedate function, logarithmic function, roughness parameter, approximation, accuracy, dependence.

А.О. Семенов

ВАРИАЦИИ КОНЦЕНТРАЦИИ АТОМОВ O(¹D) В ВЕРХНЕЙ АТМОСФЕРЕ, ОБУСЛОВЛЕННЫЕ ИЗМЕНЧИВОСТЬЮ ПОТОКА СОЛНЕЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

А.О. Semenov

VARIATIONS OF O(¹D) ATOM CONCENTRATION IN THE UPPER ATMOSPHERE CAUSED BY SOLAR FLUX VARIABILITY

Выполнен анализ временных вариаций скорости фотодиссоциации кислорода и озона в мезосфере и нижней термосфере, обусловленных изменением потока солнечного излучения за период с 1979 по 2005 г. Исследована зависимость высотного профиля концентрации O(¹D) от уровня солнечной активности и зенитного угла Солнца. Выявлен пик концентрации O(¹D) на высотах 85–95 км, возникающий в сумеречных условиях.

Ключевые слова: нижняя термосфера и мезосфера, фотодиссоциация, кислород, озон, радиационные процессы.

Variations of O₂ and O₃ photolysis rate in the mesosphere and lower thermosphere caused by solar flux variability are analyzed in the interval 1979–2005. Vertical profile of O(¹D) concentration as a function of solar activity level and solar zenith angle is studied. Peak of O(¹D) concentration during twilight is revealed at 85–95 km altitudes.

Key words: the lower thermosphere and the mesosphere, the photolysis, the oxygen, the ozone, radiative processes.

Введение

Поглощение коротковолнового солнечного излучения в диапазоне длин волн 120–320 нм молекулами кислорода и озона на высотах нижней термосферы и мезосферы (60–130 км) является ключевым механизмом нагревания атмосферы на этих высотах. Поглощение излучения в указанном диапазоне длин волн приводит к фотодиссоциации молекулярного кислорода и озона, в результате чего часть поглощенной энергии сразу переходит в тепло, а часть остается в виде внутренней энергии образующихся при фотодиссоциации электронно и/или колебательно возбужденных продуктов фотолиза. Энергия последних частично перераспределяется между другими компонентами атмосферы и, в конечном счете, либо также переходит в тепло в результате их неупругих столкновений, либо высвечивается в мировое пространство.

Метастабильный атом кислорода O(¹D) является продуктом фотодиссоциации кислорода в континууме Шумана–Рунге (120–175 нм) и озона в полосах Хартли (175–320 нм). Часть энергии O(¹D) в столкновениях с молекулами N₂ и O₂ переходит в колебания последних. В результате резонансного обмена колебательным квантом молекул N₂ с CO₂ часть первоначальной энергии O(¹D) через колебания N₂ передается в колебания CO₂(001) с последующим высвечиванием в 4,3 мкм полосе CO₂.

Таким образом, расчет скорости фотодиссоциации кислорода и озона в атмосфере и определение концентрации $O(^1D)$ является исходной задачей как для энергетики мезосферы и нижней термосферы, так и для исследования химических и радиационных процессов в атмосфере.

Входной информацией для расчета скорости фотодиссоциации является поток внеатмосферного коротковолнового солнечного излучения. Измерения потока ультрафиолетового солнечного излучения возможны только из-за пределов земной атмосферы. Первые ракетные измерения в 1940-х годах и последующие спутниковые измерения в 1960-х годах показали существенное отличие солнечного излучения в ультрафиолетовой области спектра от чернотельного излучения и его сильные вариации со временем в зависимости от уровня солнечной активности. Одна из первых моделей вариаций интенсивности спектрального распределения внеатмосферного солнечного излучения была предложена в работе [6] на основе измерений спутника Atmospheric Explorer с его калибровкой по ракетным измерениям. Модель строится на основе набора опорных солнечных спектров, которые масштабируются в зависимости от уровня солнечной активности путем привязки спектров к регулярно измеряемым наземными методами параметрам солнечной активности, главным из которых является поток $F_{10.7}$ солнечного излучения в радиодиапазоне на длине волны 10,7 см. Несовершенство приборов 1970-х годов и методики их калибровки сказалось на точности указанных измерений, погрешность которых достигает 30–100 % для некоторых длин волн [20].

Последующие измерения спектров ультрафиолетового солнечного излучения приборами на спутниках SME (Solar Mesosphere Explorer, 1981–1989) и UARS (Upper Atmosphere Research Satellite, 1991–2001), а также ракетные измерения позволили получить более точные опорные спектры для улучшения указанной модели. В настоящее время спектр солнечного излучения непрерывно измеряется в продолжающихся спутниковых экспериментах TIMED (Thermosphere-Ionosphere-Mesosphere Energetics and Dynamics) с января 2002 г. и SORCE (Solar Radiation and Climate Experiment) с февраля 2003 г. Результаты этих измерений регулярно обновляются на сайте Лаборатории атмосферной и космической физики Колорадского университета: <http://lasp.colorado.edu/lisird/>. Композитный спектр, предложенный в работе [4] для каждого дня на основе линейной регрессии имеющихся данных измерений шести спутниковых экспериментов с 1979 по 2005 г., позволяет впервые выполнить анализ временной изменчивости скорости фотодиссоциации O_2 и O_3 за этот интервал времени.

Метод расчета скорости фотодиссоциации O_2 и O_3 и концентрации $O(^1D)$

Ослабление в атмосфере спектральной плотности потока солнечного излучения F_λ на длине волны λ на высоте z есть

$$F_\lambda(\theta, z) = F_\lambda^\infty e^{-\tau(\theta, \lambda, z)}, \quad (1)$$

МЕТЕОРОЛОГИЯ

где $F_{\lambda\infty}$ – плотность внеатмосферного потока солнечного излучения; τ – оптическая толщина атмосферы в направлении на Солнце, которая для солнечных зенитных углов (СЗУ) θ , не превышающих 90° , определяется по формуле [15]:

$$\tau(\theta \leq 90^\circ, \lambda, z) = \sum_{i=O_2, O_3}^{\infty} \sigma_i(\lambda) \int_{z_0}^{\infty} n_i(z) f(\theta, z, z') dz \quad (2)$$

Здесь суммирование по индексу i ведется по компонентам атмосферы O_2 и O_3 , поглощающим на заданной длине волны λ ; n_i – концентрация этих компонент, а σ_i – сечение поглощения. Функция $f(\theta, z, z')$ учитывает сферичность атмосферных слоев:

$$f(\theta, z, z') = \left(\frac{R+z}{R+z'} + \frac{R-z}{R-z'} + \sin^2 \theta \right)^{-1/2}, \quad (3)$$

где R – радиус Земли. Для СЗУ θ больших 90° оптическая толщина записывается в виде [15]:

$$\tau(\theta > 90^\circ, \lambda, z) = \sum_{i=O_2, O_3}^{\infty} \sigma_i(\lambda) \left(\int_{z_0}^{\infty} n_i(z) f(\theta, z, z') dz - \int_{z_0}^{\infty} n_i(z) f(\theta, z, z') dz \right), \quad (4)$$

где

$$z_0 = (R - z) \sin \theta - R. \quad (5)$$

В выражениях (4) и (5) высота z должна быть больше высоты z_0 экранирования земной поверхностью,

$$z_0 = R / \sin \theta - R, \quad (6)$$

ниже которой солнечное излучение (для заданного угла $\theta > 90^\circ$) не проникает и соответственно оптическая толщина полагается бесконечно большой.

Интегралы в выражениях (2) и (4) вычисляются численно. Атмосфера разбивается на слои толщиной 1 км, внутри которых задаются средние значения концентраций атмосферных компонент. Эти значения выносятся из-под знака интегрирования в выражениях (2) и (4) отдельно для каждого атмосферного слоя. Оставшиеся интегралы для каждого слоя вычисляются с помощью разностных представлений, следуя работе [10]. Эффект сферичности атмосферных слоев наиболее сильно проявляется при больших СЗУ ($\theta > 80^\circ$), тогда как при малых СЗУ выражения (2) и (4) переходят в приближение плоско-параллельных слоев, когда функция $f(\theta, z, z') \equiv 1 \cos \theta$.

В расчете использовались сечения поглощения O_2 в континууме Шумана-Рунге (120–175 нм) – из [7, 21], в континууме Герцберга (192–240 нм) – из [9, 17], на длине волны линии водорода Лайман- α (121,6 нм) – из параметризации [14]. Для расчета поглощения излучения O_2 в полосах Шумана-Рунге использовалась параметризация [9] с учетом частичного перекрывания этих полос кон-

тинуумом Герцберга. Сечения поглощения O_3 в полосах Хартли (175–320 нм) заимствованы из [17].

Фотодиссоциация O_2 при поглощении солнечного излучения с длиной волны меньше 175 нм приводит к образованию атома $O(^1D)$ с квантовым выходом 1 в диапазоне длин волн 139–175 нм. Для интервала длин волн 120–139 нм квантовый выход $O(^1D)$ испытывает резкие изменения от 0 до 1 [13]. Поглощения солнечного излучения в полосах Хартли приводит к образованию атомов $O(^1D)$ с квантовым выходом около 0,9, уменьшающимся для длин волн ближе к краям интервала полосы Хартли [1].

Скорость фотодиссоциации $J_{\Delta\lambda}$ молекул O_2 или O_3 в расчете на одну молекулу в интервале длин волн $\Delta\lambda$ на высоте z для СЗУ θ есть

$$J_{\Delta\lambda}(\theta, z) = \int_{\Delta\lambda} \sigma(\lambda) F_{\lambda}(\theta, z) d\lambda, \quad (7)$$

где σ – сечение поглощения молекул O_2 или O_3 . В верхних слоях атмосферы, пока атмосфера остается оптически тонкой для O_2 и O_3 , скорость фотодиссоциации на одну молекулу практически постоянна и равна

$$J_{\Delta\lambda} = \int_{\Delta\lambda} \sigma(\lambda) F_{\lambda} d\lambda. \quad (8)$$

Поскольку сечение поглощения и оптическая толщина изменяются с длиной волны медленнее (за исключением полос Шумана-Рунге), чем поток солнечного излучения, для достаточно узкого интервала $\Delta\lambda$ в (7) можно вынести средние значения $\bar{\sigma}_{\Delta\lambda}$ и $\bar{F}_{\Delta\lambda}$ на этом интервале из-под знака интегрирования и с учетом (1) получить:

$$J_{\Delta\lambda}(\theta, z) = \bar{\sigma}_{\Delta\lambda} \bar{F}_{\Delta\lambda} e^{-\tau_{\Delta\lambda}(\theta, z)}, \quad (9)$$

где

$$\bar{F}_{\Delta\lambda} = \int_{\Delta\lambda} F_{\lambda} d\lambda \quad (10)$$

– интегральный поток внеатмосферного солнечного излучения в интервале $\Delta\lambda$. В данной работе был выбран спектральный интервал $\Delta\lambda$ равный 1 нм.

Объемная скорость образования атомов $O(^1D)$ в результате фотодиссоциации молекул O_2 или O_3 на высоте z определяется по формуле:

$$g(z) = n \sum_{\Delta\lambda} \beta_{\Delta\lambda} J_{\Delta\lambda} z \quad (11)$$

где $\beta_{\Delta\lambda}$ – квантовый выход атомов $O(^1D)$ в интервале длин волн $\Delta\lambda$, а суммиро-

вание ведется по всем интервалам длин волн.

В предположении фотохимического равновесия концентрация атомов $O(^1D)$ определяется по формуле [3]

Я

$$= \frac{g_{O_2} + g_O}{3}, \quad (12)$$

$$n_{\alpha(D)} = \frac{A_{1D} + n_{N_2} k_{N_2} + k_{O_2} + k_{O} + k_{O_3}}{3}$$

где $A_{1D} = 7,45 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$ [11] – суммарный коэффициент спонтанного излучения с уровня 1D ; k_i – константы скорости столкновительной деактивации уровня 1D i -той компонентой атмосферы, зависящие от температуры. Профили концентраций атмосферных компонент n_i взяты из модели NRLMSISE-00 и из [8,12], а k_i – из [2].

Вариации скорости фотодиссоциации O_2 и O_3 в зависимости от уровня солнечной активности

В зависимости от уровня солнечной активности изменяется поток солнечного излучения. Соответственно скорости фотодиссоциации, нагревания атмосферы и образования атомов $O(^1D)$ испытывают временные вариации. Ранее делались оценки этих вариаций путем анализа изменчивости индексов солнечной активности ($MgII$ и $F_{10.7}$) [5, 18], привязанных к потокам солнечного излучения на фиксированной длине волны, для которых имеются долговременные ряды наблюдений. Это позволяет грубо оценить размах вариаций и их периоды, но для точного определения амплитуды вариаций скорости фотодиссоциации и нагревания необходимо использовать полный спектр солнечного излучения соответствующего спектрального диапазона. В настоящей работе впервые для оценки временных вариаций скорости фотодиссоциации O_2 в континууме Шумана–Рунге и O_3 в полосах Хартли использован среднесуточный композитный спектр солнечного излучения [4] для временного интервала 1979–2005 гг. соответствующих спектральных диапазонов с учетом весового вклада каждого спектрального интервала в соответствии с сечением поглощения кислорода и озона.

На рис. 1, а представлены относительные изменения скорости фотодиссоциации O_2 в континууме Шумана–Рунге и O_3 в полосах Хартли для временного интервала с 1979 по 2005 г. Размах вариаций скорости фотодиссоциации в течение 11-летнего солнечного цикла составляет около 25 % для континуума Шумана–Рунге и около 5 % для полос Хартли. Кроме 11-летней периодичности солнечное излучение испытывает ярко выраженные 27-дневные осцилляции, связанные с периодом вращения Солнца, и квазидвухлетние осцилляции (КДО). Чтобы выделить отдельно последние, требуется исключить 11-летние и 27-дневные вариации. Это было сделано с использованием методики из работы [18]. Сглаживанием временного ряда с помощью скользящего усреднения за 27 дней исключаются все вариации с периодом меньше 27 дней. Аналогичное сглаживание для достаточно большого периода (например, 2–4 года) оставляют только долгопериодические колебания, соответствующие 11-летнему циклу. Для исключения КДО, следуя [18], сглаживание производится за 26 месяцев. Относительная разность между центрированным скользящим средним за 27

дней и таким же средним за 26 месяцев в процентном выражении

$$\delta J_{\infty} = ((\langle J_{\infty > 27d} - \langle J_{\infty > 26m} \rangle) / \langle J_{\infty > 26m} \rangle) 100 \% \quad (13)$$

позволяет выделить только вариации с периодами от 27 дней до 26 месяцев (рис. 1, б). Для временного интервала с 1979 по 2005 г. размах вариаций КДО для скорости фотодиссоциации в континууме Шумана-Рунге и в полосах Хартли получается соответственно около 10 и 2 %.

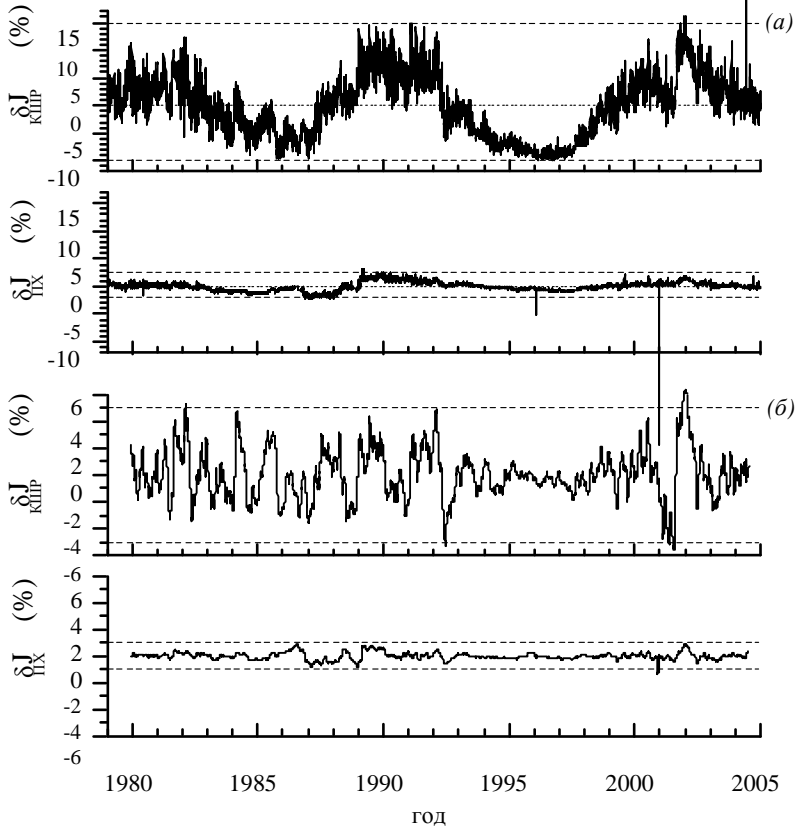


Рис.1. Относительное изменение скорости фотодиссоциации в континууме Шумана–Рунге ($\delta J_{\text{кшр}}$) и полосах Хартли ($\delta J_{\text{лх}}$): а – относительно среднего значения за все представленные годы, б – как разность между скользящим средним за 27 дней и таким же средним за 26 месяцев, вычисленной по формуле (13)

Высотный профиль концентрации атомов O(¹D)

На рис. 2, а представлен высотный профиль концентрации атомов O(¹D), рассчитанный по формуле (12) для весеннего равноденствия в средних широтах (сплошная кривая) и на экваторе (пунктирная). Изменения обусловлены различием профиля концентрации O₃. Для сравнения на рис. 2, а показан также расчет концентрации O(¹D) по модели [16]. Повышенное содержание O(¹D) выше

80 км, прежде всего, связано с использованием в [16] заниженной константы скорости деактивации $O(^1D)$ в столкновениях с молекулами N_2 по сравнению с последними экспериментальными измерениями, проведенными независимо несколькими группами исследователей [2]. Столкновения с N_2 являются главным фактором тушения состояния $O(^1D)$ на высотах 60–130 км. На рис. 2, *a* штрих-пунктирной кривой для сравнения показан расчет с использованием старого заниженного значения этой константы. Относительное изменение концентрации, обусловленное изменением уровня солнечной активности от низкой к высокой за время 11-летнего солнечного цикла, представлено на рис. 2, *б*.

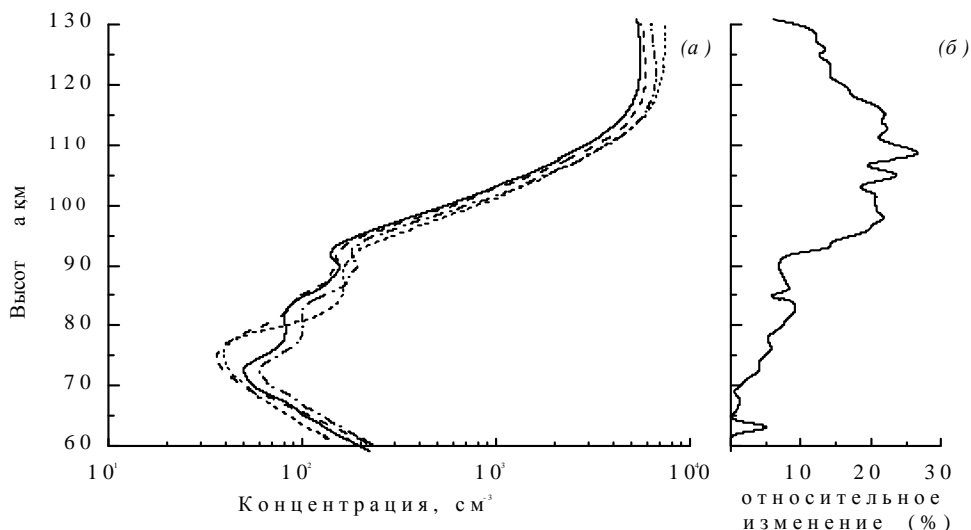


Рис. 2. *a* – высотные профили концентрации $O(^1D)$ для весеннего равноденствия и умеренной солнечной активности в средних широтах (сплошная) и на экваторе (штрихи), точечная кривая из [16], штрих-пунктир – с использованием заниженного значения скорости деактивации $O(^1D)$ в столкновениях с N_2 ; *б* – относительное изменение профиля $O(^1D)$ при переходе от низкого уровня солнечной активности к высокому в течение 11-летнего солнечного цикла.

При увеличении СЗУ (рис. 3, *a*) оптическая толщина атмосферы увеличивается, и скорость фотодиссоциации уменьшается. При этом уменьшение сильнее выражено на высотах нижней термосферы и нижней мезосферы, где велики концентрации соответственно O_2 и O_3 . Вблизи мезопаузы из-за малой концентрации O_3 атмосфера в полосах Хартли остается оптически тонкой и поэтому скорость фотодиссоциации слабо зависит от изменения СЗУ. Вследствие этого в сумеречных условиях на высотах 85–95 км проявляется локальный максимум концентрации $O(^1D)$. Днем, путем передачи энергии возбуждения $O(^1D)$ через колебания N_2 к CO_2 , усиливается эмиссия 4,3 мкм CO_2 в широком диапазоне высот, а в сумеречных условиях это усиление локализуется в узком слое 85–95 км, что подтверждается экспериментальными данными [19].

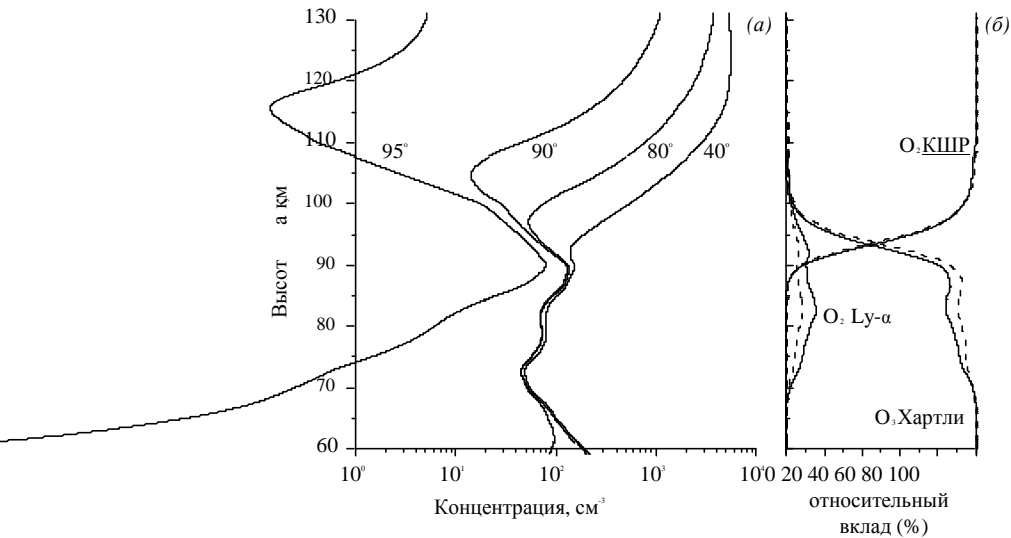


Рис. 3. *a* – высотные профили концентрации $O(^1D)$ для разных СЗУ; *б* – относительный вклад процессов образования атомов $O(^1D)$ для низкого (пунктир) и высокого (сплошная) уровня солнечной активности

На рис. 3, *б* показан относительный вклад процессов образования атомов $O(^1D)$ при фотодиссоциации O_2 в континууме Шумана-Рунге и линии Лайман- α и в полосах O_3 Хартли. Выше примерно 90 км доминирует поглощение в континууме Шумана-Рунге, а ниже – в полосах Хартли. В интервале высот 70–90 км вносит небольшой вклад поглощение O_2 солнечной линии водорода Лайман- α , увеличивающийся в максимуме солнечной активности.

Заключение

Основные результаты работы сводятся к следующему. Максимальный размах вариаций скорости фотодиссоциации O_2 и O_3 для 11-летнего цикла солнечной активности составляет ~25 % в континууме Шумана-Рунге и ~5 % в полосах Хартли и также ~10 % и ~2 % для квазидвухлетних осцилляций. Высотный профиль концентрации $O(^1D)$ в мезосфере и нижней термосфере варьируется в пределах 30 % за 11-летний цикл солнечной активности. Профиль концентрации $O(^1D)$ сильно зависит от величины зенитного угла Солнца. В сумеречных условиях возникает пик концентрации $O(^1D)$ на высотах 85-95 км.

Литература

1. Янковский В.А., Кулешова В.А., Мануйлова Р.О., Семенов А.О. Восстановление содержания озона из спутниковых наблюдений на основе новой модели электронно-колебательной кинетики продуктов фотоллиза озона и молекулярного кислорода // Изв. РАН. Физика атм. и океана, 2007, 43, № 4, 514-527.
2. Blitz M.A., Dillon T.J., Heard D.E., Pilling M.J., Trought I.D. Laser induced fluorescence studies of the reactions of $O(^1D_2)$ with N_2 , O_2 , N_2O , CH_4 , H_2 , CO_2 , Ar, Kr and $n-C_4H_{10}$ // Phys. Chem. Chem. Phys., 2004, 6, 2162–2171.

3. *Brasseur G.P., Solomon S.* Aeronomy of the middle atmosphere. - Dordrecht: Springer, 2005. – 644 p.
4. *DeLand, M.T., Cebula R.P.* Creation of a composite solar ultraviolet irradiance data set // *J. Geophys. Res.*, 2008, 113, A11103, doi:10.1029/2008JA013401.
5. *DeMajistre R., Yee J.-H., Zhu X.* Parameterizations of oxygen photolysis and energy deposition rates due to solar energy absorption in the Schumann-Runge continuum // *Geophys. Res. Lett.*, 2001, 28, 3163-3166.
6. *Hinteregger H.E., Fukui K., Gilson B.R.* Observational, reference and model data on solar EUV from measurements on AE-E // *Geophys. Res. Lett.*, 1981, 8, 1147-1150.
7. *Hudson R.D.* Critical review of ultraviolet photoabsorption cross sections for molecules of astrophysical and aeronomic interest // *Rev. Geophys. Space Phys.*, 1971, 9, 305-406.
8. *Keating G.M., Chen C.* Extensions to the CIRA reference models for middle atmosphere ozone // *Adv. Space Res.*, 1993, 13, 45-54.
9. *Kockarts G.* Penetration of solar radiation in the Schumann-Runge bands of molecular oxygen: a robust approximation // *Ann. Geophys.*, 1994, 12, 1207-1217.
10. *Kylling A., Stamnes K., Tsay S.-C.* A reliable and efficient two-stream algorithm for spherical radiative transfer: documentation of accuracy in realistic layered media // *J. Atmos. Chem.*, 1995, 21, 115-150.
11. *Link, R., Cogger L.L.* A Reexamination of the OI 6300-E nightglow // *J. Geophys. Res.*, 1988, 93(A9), 9883–9892.
12. *Llewellyn E.J., McDade I.C.* A reference model for atomic oxygen in the terrestrial atmosphere // *Adv. Space Res.*, 1996, 18, 209-226.
13. *Nee J.B., Lee P.C.* Detection of O(¹D) produced in the photodissociation of O₂ in the Schumann-Runge continuum // *J. Phys. Chem. A*, 1997, 101, 6653-6657.
14. *Reddmann T., Uhl R.* The H Lyman- α actinic flux in the middle atmosphere // *Atmos. Chem. Phys.*, 2003, 3, 225-231.
15. *Rees M.H.* Physics and chemistry of the upper atmosphere. - Cambridge Univ. Press, 1989. – 290 p.
16. *Rodrigo R., Lypetz-Moreno J.J., Lypetz-Puertas M., Moreno F., Molina A.* Neutral atmospheric composition between 60 and 220 km: A theoretical model for mid-latitudes // *Planet. Space Sci.* 1986, 34, 723-743.
17. *Sander S.P., Friedl R.R., Ravishankara A.R. et al.* Chemical kinetics and photochemical data for use in atmospheric studies / NASA-JPL Publication 02–25, Evaluation Number 14. Pasadena, CA, 2003. – 334 p.
18. *Troshichev O.A., Gabis I.P.* Variations of solar UV irradiance related to short-term and medium-term changes of solar activity // *J. Geophys. Res.*, 1998, 103(A9), 20659-20667.
19. *Vollmann K., Grossmann K.U.* Excitation of 4.3 μ m CO₂ emissions by O(¹D) during twilight // *Adv. Space Res.*, 1997, 20, 1185-1189.
20. *Woods T.N., Rottman G.J.* Solar ultraviolet variability over time periods of aeronomic interest // *Atmospheres in the Solar System: Comparative aeronomy* / Eds.: M. Mendillo M., A. Nagy, H. Waite // *Geophys. Mon.*, 2002, 130, 151-167.
21. *Yoshino K., Parkinson W.H., Ito, K., Matsui T.* Absolute absorption cross-section measurements of Schumann–Runge continuum of O₂ at 90 and 295 K // *J. Molec. Spect.*, 2005, 229, 238–243.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант 10-05-90739-моб_ст).

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы (государственный контракт № 14.740.11.0742).

*С.В. Ткачук***СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ БИОКЛИМАТИЧЕСКИХ ИНДЕКСОВ ДЛЯ ПРОГНОЗА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕЗОМАСШТАБНОЙ МОДЕЛИ***S.V. Tkachuk***COMPARATIVE ANALYSIS OF BIOCLIMATIC INDEXES FOR PREDICTION USING A MESOSCALE MODEL**

В работе представлена обобщенная информация об историческом развитии наиболее часто используемых в отечественной и зарубежной практике биоклиматических индексах. Особое внимание уделено изучению влияния на самочувствие человека таких метеорологических параметров, как температура и влажность воздуха, а также скорость ветра. Во второй части работы показаны первоначальные результаты моделирования некоторых биоклиматических индексов для Москвы с помощью городской версии мезомасштабной модели WRF (Weather Research and Forecast).

Ключевые слова: биоклиматические индексы, эффективная температура, климатическая зона комфорта, прогноз биоклиматических индексов.

This paper considers summary information of the historical development of the most commonly bioclimatic indexes used in domestic and foreign practice. Particular attention is devoted to influence the meteorological parameters such as temperature and humidity, and wind speed on human health. The second part shows the initial results of modeling some bioclimatic indices for the city of Moscow with application the urban version of the mesoscale model WRF (Weather Research and Forecast).

Key words: bioclimatic indexes, effective temperature, climate comfort zone, bioclimatic indexes forecast.

Биоклиматические индексы в физическом отношении характеризуют особенности тепловой структуры среды и являются косвенным индикатором состояния теплового поля, окружающего человека [8]. Степень дискомфорта, возникающего от избытка тепла, обычно оценивается с помощью одного или нескольких биометеорологических температурных индексов. Наиболее часто употребляется эффективная температура (далее ЭТ). Она представляет собой температуру неподвижного воздуха, насыщенного водяным паром, в котором человек испытывает субъективно такое же ощущение комфорта, как и в среде, для которой находится эффективная температура. В публикациях приводится информация, по крайней мере, о семи расчетных формулах для определения ЭТ.

Одной из наиболее широко используемых формул определения эффективной температуры является формула Миссенарда:

$$ЭТ = t - 0,4 - 10(1 - f/100),$$

$$(t \quad (1))$$

где t – температура сухого термометра, °C; f – относительная влажность, %.

МЕТЕОРОЛОГИЯ

Некоторые показатели, полученные эмпирически, подтверждают величину ЭТ. Это индексы дискомфорта: температурно-влажностный индекс Тома DI [14], индекс Кавамутры DIk [9] и индекс Тенненбаума DI_t [9]:

$$DI = 0,4(t - t_{cm}) + 4,8 ;$$

(2)

$$DIk = 0,99t + 0,36t_d + 41,5 ;$$

(3)

$$DI_t = t + t_{cm} ,$$

(4)

2

где t – температура сухого термометра, °С; t_{cm} – температура смоченного термометра, °С; t_d – температура точки росы, °С.

Все индексы при отсутствии ветра и при одинаковых тепловых нагрузках имеют небольшие отклонения от порогового значения, равного 24 °С. Нормальные теплоощущения человека приходятся на оценки индексов DI: DI_t < 70, 60 < DIk < 70.

Эффективные температуры получили широкое распространение в практике оценок тепловых нагрузок, дискомфорта среды и особенно при климатологии.

Ценность ЭТ, как биоклиматического показателя, состоит в том, что его можно использовать как для теплого, так и для холодного сезонов года. ЭТ оцениваются следующим образом:

Таблица 1

Теплоощущения человека в зависимости от значений ЭТ						
ЭТ	>30	30...24	24...18	18...12	12...6	6...0
Ощущение	Очень жарко	Жарко	Тепло	Умеренно тепло	Прохладно	Умеренно
Нагрузка	Сильная	Умеренная	Комфортно	Комфортно		
ЭТ	0...-12	-12...-24	-24...-30	<-30		
Ощущение	Холодно	Очень холодно	Крайне холодно	Крайне холодно		
Нагрузка	Умеренная	Сильная угроза обморожения	Очень сильная	Чрезвычайно высокая вероятность		

По эффективным температурам, в частности, оцениваются категории опасности при тепловом синдроме (табл. 2).		замерзания	
Категории опасности при тепловом синдроме в зависимости от эффективной температуры [4]			
ЭТ >54	Тепловой синдром и его последствия	Категория опасности	
	Непосредственная угроза теплового или солнечного удара	Чрезвычайная опасность	

40...54 Высокая вероятность солнечного удара и теплового истощения

32...40 Возможность солнечного удара, тепловых спазмов или теплового истощения

27...32 Возможность повышенной утомляемости

Опасность

Осторожность

Чрезвычайная осторожность

В дальнейшем диапазон изменений тепловых свойств среды был расширен включением в число переменных скорости ветра.

В отечественной практике расчетов общего влияния температуры, влажности и скорости ветра применяется так называемая эквивалентно-эффективная температура (далее – ЭЭТ), которая характеризует теплоощущение человека в тени и рассчитывается по формуле, предложенной Б.А. Айзенштадтом [1]:

$$\begin{aligned}
 \text{ЭЭТ} = & 1 - 0,003 \left[\frac{F}{t} - V^{0,59} \left(\frac{1}{36,6} + \frac{1}{0,622} \right) \right] + \\
 & + \left[\left(0,0015V + \frac{0,008}{36,6} \right) (t - 36,6) - 0,0167 \right] F,
 \end{aligned} \quad (5)$$

где t – температура воздуха, °С; V – скорость ветра, м/с; $F = 100 - f$; f – относительная влажность, %.

ЭЭТ используется также гигиенистами и физиологами при расчетах оптимальных сочетаний метеорологических параметров в рабочей зоне производственных помещений. Так, по данным М.Е. Маршакова и В.Г. Давыдова [12], верхней границей теплового равновесия человека, находящегося в состоянии покоя, является температура воздуха 30...31 °С при относительной влажности 85 % или 40 °С при относительной влажности 30 %. Эти границы меняются при выполнении физической работы.

ЭЭТ используется также при климатолечении аэротерапией, так как при определении показаний и дозировки аэротерапии необходим учет не только температуры, но и других параметров (влажность, скорость ветра), отражающих охлаждающую способность воздуха. А интегральным показателем, отражающим указанные метеорологические условия внешней среды, как раз и является эквивалентно-эффективная температура.

Недостаток индексов ЭТ и ЭЭТ состоит в недоучете теплоощущения человека от нагревания солнечной радиацией. Он преодолевается применением радиационно-эквивалентно-эффективной температуры (РЭЭТ).

Согласно [7], РЭЭТ определяется по эмпирической формуле:

$$\begin{aligned}
 \text{РЭЭТ} = & 125 \lg \left[\frac{1 + 0,02t}{0,001} \left(\frac{t - 36,6}{8} \right) \left(\frac{f - 60}{100} \right) \right] + \\
 & + 0,4533 t + 0,129\beta
 \end{aligned} \quad (6)$$

где t – температура воздуха, °С; V – скорость ветра, м/с; f – относительная влаж-

ность, %; β – поглощенная поверхностью тела солнечная радиация, кВт/м²;
 $\beta = \varepsilon (1 - \alpha)$, α – альbedo кожи, $\alpha = 0,28$ – для непигментированной кожи;
 $\alpha = 0,11$ – для пигментированной кожи; ε – суммарная солнечная радиация, кВт/м².

Пределы эффективных температур, соответствующих условиям комфорта теплоощущения, иллюстрируются в табл. 3.

МЕТЕОРОЛОГИЯ

Таблица 3

Пределы комфорта по ЭТ, ЭЭТ, РЭЭТ в условиях умеренных широт [8]

Для человека	ЭТ	ЭЭТ	РЭЭТ
Раздетого	22,5...24,5	17,3...21,7	20,3...24,7
Одетого	–	16,7...20,6	19,7...23,6

Метеорологическая служба Австралии для характеристики совместного влияния температуры и влажности воздуха рассматривает нерадационную версию эффективной температуры (далее АТ – apparent temperature), предложенную Стедменом [18]:

$$AT = t + \frac{0,33 - V}{e} + 0,70 \quad (7)$$

где АТ – эффективная температура по Стедмену, °С; t – температура воздуха, °С; V – средняя скорость ветра на стандартной высоте 10 м, м/с; e – давление водяного пара, гПа. Риски термической опасности в зависимости от значений АТ показаны в табл. 4.

Риски термической опасности в зависимости от значений АТ	
Значение индекса АТ	Категория опасности
<	Минимальная
18...22	Средняя
23...28	Высокая
>28	Экстремальная

Таблица 4

В США для учета тепловой нагрузки используется более ранний аналог индекса АТ, так называемый индекс жары (HI, Heat Index), предложенный Стедменом [17]. Он рассчитывается по формуле:

$$HI = -42,379 + 10,14333 f - 0,2247554 \cdot f^2 - 2,04901523 \cdot t + 0,05481717 f \cdot t + 0,00122874 t^2 + 0,00085282 f^2 - 0,00000199 t^2 \cdot f^2 \quad (8)$$

где HI – индекс жары; t – температура воздуха, °С; f – относительная влажность воздуха, %. Категории опасности в зависимости от значений индекса HI представлены в табл. 5.

Категории опасности в зависимости от значений индекса HI		
Значение индекса HI	HI	Категория опасности
27-32	112	Внимание
32-41		Предельная осторожность
41-54		Опасность
		Повышенная

Таблица 5

опасность

Возможные
нарушения в
группах высокого
риска

При физических
нагрузках
возможно

утомление
Мышечные
судороги, тепловой
и солнечный удар,
спазм
сосудов
от
перегре
ва

При длительном
воздействии и/или
при физической
нагрузке возможны
солнечный или
тепловой удар,

мыш
ечны
е
судо
роги.

Тепловой
или
солнечны
й удар

Методы анализа различного вида эффективных температур обычно используются для теплого времени года. В холодный период показателем климатических условий обычно служат индексы дискомфорта или холодового стресса [8, 9].

Индекс ветрового охлаждения был введен Сайплом и Пасселом [15] для скоростей ветра более 12 м/с. Первоначально он рассчитывался как время, за которое сосуд с охлажденной водой замерзнет под воздействием различных значений скорости и ветра и температуры, а не как модель потерь тепла человеческим телом при эквивалентных условиях. В дальнейшем Стедмен ([16] и последующие уточнения [17, 18]) предложил улучшенную формулу индекса ветрового охлаждения, основанную на биофизической модели баланса энергии человеческого тела. Общемировая стандартная методика, учитывающая влияние скорости ветра на комфорт, применяется и в России:

$$WCI = (10 - V) \sqrt{0,5 - t} + 0,5(33 - t), \quad (9)$$

где WCI – индекс охлаждения ветром, Вт/м²ч; V – скорость ветра, м/с; t – температура воздуха, °С. По индексу WCI теплоощущение оценивается по следующим категориям [Вт/(м²·ч)]: менее 0,7 – прохладно, 1,2 – очень холодно, >3,0 – невыносимый холод.

Известен также индекс ветрового (сухого) охлаждения Хилла [8], определяющийся по формуле:

$$H_c = (0,13 + V^{0,5} - t) \sqrt{0,366 - t}, \quad (10)$$

где t – температура среды, °С; V – скорость ветра, м/с.

Теплоощущение условий среды по индексу H_c разделяются: H_c < 0,35 – жарко, 0,6 < H_c < 0,9 – комфортно, H_c > 1,7 – холодно, H_c > 2,3 экстремально холодно.

С учетом упругости водяного пара:

$$H_w = (0,085 + 0,3 H_c - e^{0,75}) \sqrt{0,0102V} \quad (61,1), \quad (11)$$

где e – упругость водяного пара, гПа.

Индекс H_w характеризует интенсивность потерь во влажном движущемся потоке воздуха. При отрицательных и весьма высоких положительных температурах воздуха (более 24 °С) ветровой поток усиливает состояние дискомфорта.

При H_w = 4,5-5,5 Вт/(м²·с) погодные условия зимы считаются дискомфортными, при H_w > 8 Вт/(м²·с) – абсолютно дискомфортными.

По данным Всемирной организации здравоохранения (WHO, <http://www.who.int/en/>) более 90 % людей с различными заболеваниями являются метеочувствительными, т.е. реагируют на изменения погоды. Большое коли-

(НИИ), Национальная служба погоды США, Метеобюро Москвы и Московской области, Метеорологический сервис Новой Зеландии и др.) предоставляют информацию о патогенности метеоусловий в режиме на своих сайтах в Интернете. Обычно для характеристики погодной нагрузки используется эффективная температура или ее производные. Чтобы оценить пространственное изменение некоторых индексов, были построены поля эффективной температуры, эквивалентно-эффективной температуры, индекса жары (ИИ) и эффективной температуры по Стедмену (АТ) для административных округов Москвы для фиксированной даты – 26 июля 2010 г. В этот день (по данным опорной метеостанции на ВВЦ) дневной максимум температуры воздуха превышал среднюю многолетнюю норму для июля на 19,0 °С. Результаты приведены на рис. 1–4.

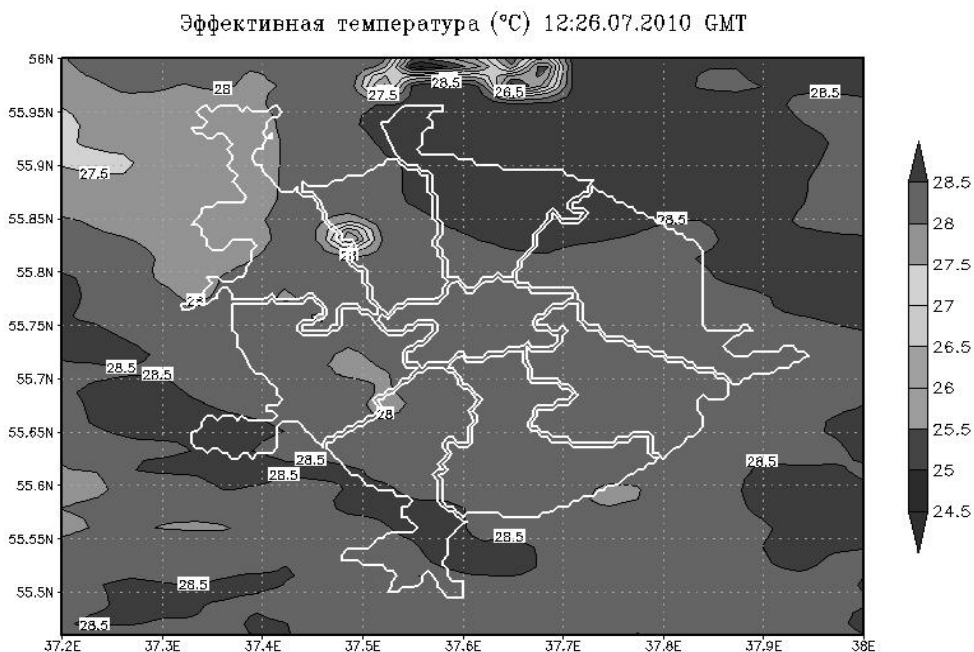


Рис. 1. Прогноз ЭТ по формуле (1) для округов Москвы с использованием городской версии модели WRF

Стоит отметить, что все рассмотренные индексы в этот день в Москве показывали высокие значения. По градиентам для эффективной температуры (рис. 1), как было рассмотрено выше, значения, превышающие 28 °С, характеризуют теплоощущение как жаркое, при этом тепловая нагрузка считается умеренной (табл. 1). Связано это, по-видимому, с недоучетом влияния ветра, что компенсируется в ЭЭТ (рис. 2), которая принимает значения в пределах 25,5–26,5 °С.

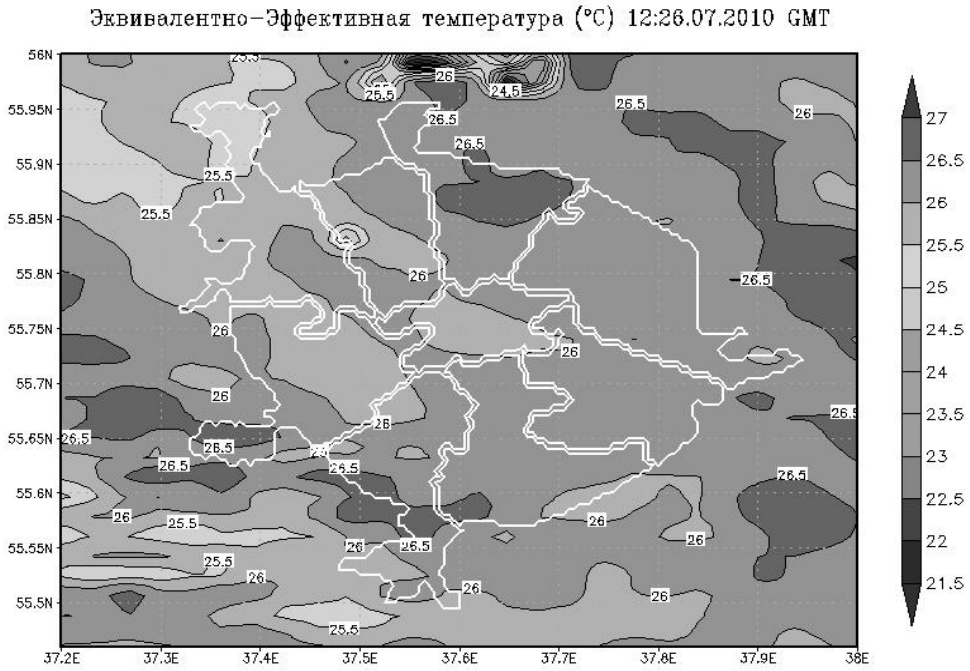


Рис. 2. Прогноз ЭЭТ по формуле (5) для округов Москвы с использованием городской версии модели WRF

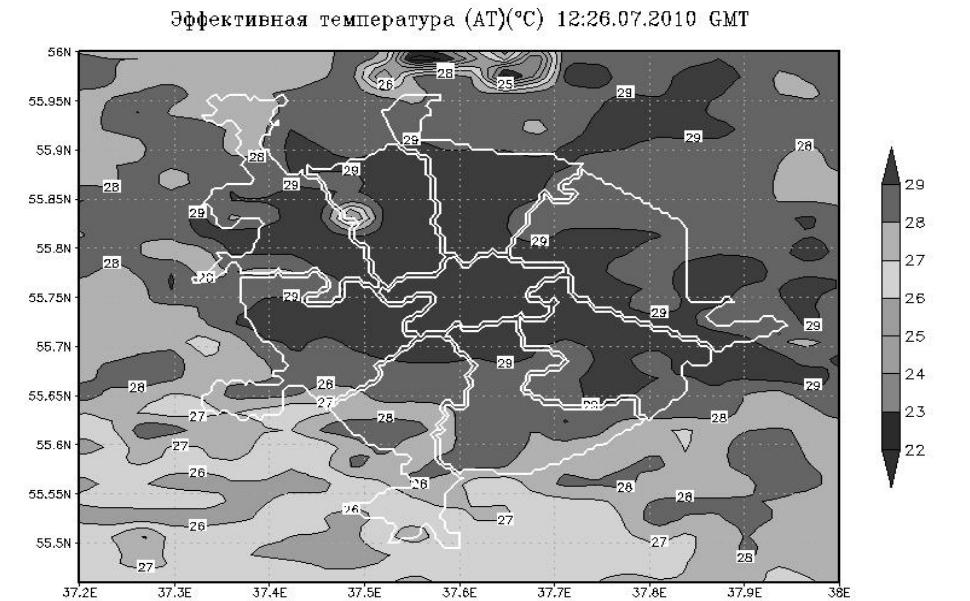


Рис. 3. Прогноз индекса АТ по формуле (5) для округов Москвы с использованием городской версии модели WRF.

Heat index 12:26.07.2010 GMT

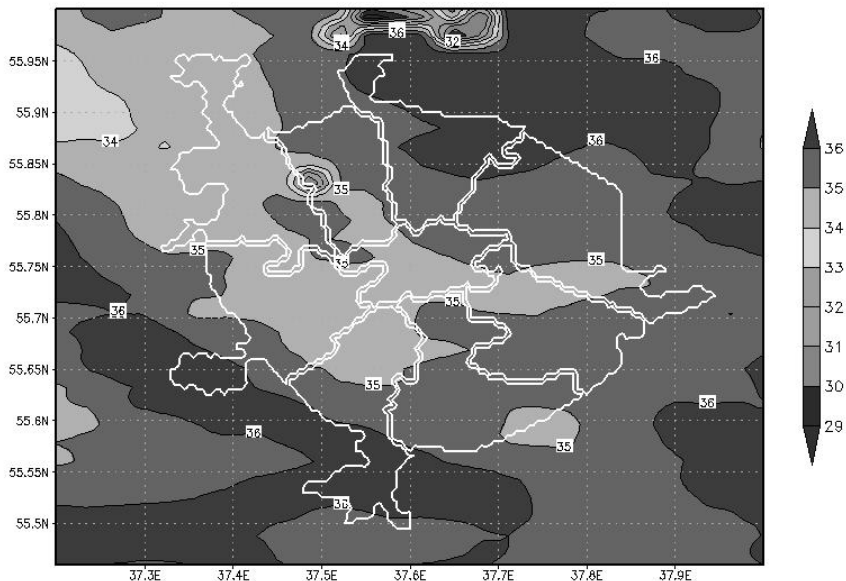


Рис. 4. Прогноз индекса жары HI по формуле (8) для округов Москвы с использованием городской версии модели WRF

Такие показания (табл. 3), как и значения ЭТ, значительно превышают пределы зоны комфорта для умеренных широт. Но при этом теплоощущение при таких показаниях ЭЭТ считается слабым надкомфортом [11]. На рис. 3 представлена ЭТ, предложенная Стедменом [формула (5)] Для Москвы такие значения попадают в категорию «экстремальной опасности». Также стоит отметить, что этот индекс имеет наибольшую изменчивость на территории Москвы. Индекс жары HI принимает значения, попадающие в категорию опасности «предельная осторожность» (табл. 5). Кроме этого, интересной является такая особенность пространственного распределения этого индекса: за пределами столичного региона значения HI оказываются немного выше. Примечательным также является тот факт, что на северо-западе города образуется так называемый «остров комфорта», где значения всех представленных индексов (кроме HI) находятся в рамках комфортной тепловой нагрузки. Этот эффект, по-видимому, связан с тем, что в этом районе находятся водные объекты, которые сглаживают влияние тепловой нагрузки.

Помимо индексов, характеризующих тепловую и ветровую нагрузки на человека, существуют интегральные индексы, учитывающие различные характеристики погоды. Так, например, Богаткиным [5] был предложен метеорологический индекс МИЗ, который рассматривает влияние на человека не только скорости ветра, температуры и влажности воздуха, но и наличия осадков и облачности, а также давление и его тенденции. Г.Д. Латышев и В.Г. Бокша [6, 10]

предложили клинический индекс погоды, который складывается из частных индексов патогенности, отражающих динамику погоды суток по изменению температуры воздуха, влажности, скорости ветра, облачности, междусуточного изменения атмосферного давления. С.С. Андреевым [1, 2] был разработан интегральный показатель биоклиматической комфортности, учитывающий различные биоклиматические индексы, степень патогенности метеоусловий, а также потенциал самоочищения атмосферы. Пятигорским ГНИИ Курортологии ФМБА России совместно с Северо-Кавказским метеоагентством, Институтом физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН и Гидрометцентром России были разработаны классификаторы индексов биотропности, на основе которых рассчитывается интегральный индекс патогенности погоды (ИПП) по формуле [11, 13]:

$$\text{ИПП} = [k_1(\text{ЭЭТ}) + k_2(\Delta T_{\text{мс}}) + k_3(\Delta T_{\text{кн}}) + k_4(\Delta T_{\text{вс}}) + k_5(\Delta P_{\text{мс}}) + k_6(\Delta P_{\text{кн}}) + k_7(V) + k_8(N) + k_9(\text{UVI}) + k_{10}(e + \text{ЭЭТ}) + k_{11}(f) + k_{12}(\text{O}_2) + k_{13}(\text{осад}) + k_{14}(\text{ИЗА}) + k_{15}(\text{Ар})]/n, \quad (12)$$

где $k(a_i)$ – индексы биотропности, зависящие от величин соответствующих параметров состояния атмосферы (СМГТМ и ФАЗА) a_i ($i = 1, 2, 3, \dots, n$), а именно: ЭЭТ – эквивалентно-эффективная температура для нормально одетого человека, $\text{ЭЭТ} = 37 - (37 - t)/0,68 - 0,0014f + (1/1,76 + 1,4 V_{0,75}) - 0,29t(1 - f/100)$; в формуле: t – температура воздуха, °С; f – относительная влажность воздуха, %; V – скорость ветра, м/с; $\Delta T_{\text{мс}}$ – межсуточная изменчивость температуры воздуха, °С; $\Delta T_{\text{кн}}$ – отклонение температуры воздуха от средней климатической нормы для данного дня или промежутка времени, °С; $\Delta T_{\text{вс}}$ – суточная амплитуда температуры воздуха, °С; $\Delta P_{\text{мс}}$ – межсуточная изменчивость давления воздуха, мм рт. ст; $\Delta P_{\text{кн}}$ – отклонение давления воздуха от средней климатической нормы, мм рт. ст.; V – скорость ветра, м/с; N – площадь покрытия небосвода нижней облачностью, баллы; UVI – ультрафиолетовый индекс солнечной радиации (индекс эритемно-активной радиации); $(e + \text{ЭЭТ})$ – комплекс упругости водяного пара и ЭЭТ, отражающий интенсивность физиологической нагрузки на метеочувствительных больных (явления атмосферной «духоты», перегрева, переохлаждения и др.); f – относительная влажность воздуха, %; O_2 – весовое содержание кислорода в приземной атмосфере, г/м³; осад. – количество осадков за рассматриваемый промежуток времени, мм/сутки; ИЗА – индекс загрязнения атмосферы; Ар – индекс гелиогеомагнитной активности.

Величина $n = 15$ соответствует числу рассмотренных влияющих процессов. Величина ИПП изменяется от 0 до 0,94, что позволяет ввести различные градации ИПП, удовлетворительно согласующиеся с принятыми в медицине критериями физиологического воздействия: индифферентное (ИПП 0-0,25), слабое (ИПП 0,26-0,45), умеренное (ИПП 0,46-0,65), резкое (ИПП 0,66-0,80), чрезмерно резкое (ИПП выше 0,81).

Заключение

В представленной работе произведен анализ наиболее информативных биоклиматологических индексов по данным [3]. Выявлено, что для территории

различных административных округов Москвы наибольшую изменчивость, а значит, и информативную значимость, имеет индекс АТ, который используется Метеорологическим центром Новой Зеландии. При этом стоит отметить, что в очень жаркий день летом 2010 г. эти индексы показали среднюю тепловую нагрузку. В дальнейших планах автора продолжить исследование прогноза климатических индексов для Москвы в различные сезоны года.

Литература

1. *Айзенштат Б.А.* Рекомендации по описанию климата большого города. – Л.: Гидрометеоздат, 1978, ч. 4.
2. *Андреев С.С.* Концепция геоэкологического исследования закономерностей пространственно-временного распределения климатической комфортности на территории Южного Федерального округа // *Естественные и технические науки*, 2008, № 2, с. 274-285.
3. *Андреев С.С., Андреева Е.С.* О разработке методики оценки климатической комфортности территорий // *Материалы междунар. конф. «Экологические и гидрометеорологические проблемы больших городов и промышленных зон».*
4. *Беттен Г.* Погода в нашей жизни. – М.: Мир, 1985.
5. *Богаткин О.Г.* Метеорологический индекс здоровья и экономические возможности его применения // *Погода и биосистемы. Материалы междунар. конф.* – СПб.: 2006, с. 173-178.
6. *Бокия В.Г., Богуцкий Б.В.* Медицинская метеорология и климатотерапия. – Киев: Здоровье, 1980.
7. *Головина Е.Г., Русанов В.И.* Некоторые вопросы биометеорологии: Уч. пос. – СПб.: РГГМУ, 1993.
8. *Исаев А.А.* Экологическая климатология. – М.: Научный мир, 2001.
9. *Кобышева Н.В., Стадник В.В., Ключева М.В. и др.* Руководство по специализированному климатологическому обслуживанию экономики. – СПб., 2008.
10. *Латышев Г.Д., Бокия В.Г.* К вопросу медицинской оценки погод (индекс погоды и реакции больных) // *Вопросы курортологии*, 1965, № 4, с. 345-351.
11. Новые медицинские технологии по климатотерапии и климатопротектив на горных курортах / *Поволоцкая Н.П., Ефименко Н.В., Жерлицина Л.И. и др.* // *Всероссийский форум "Развитие санаторно-курортной помощи, восстановительного лечения и медицинской реабилитации"*. – М.: МЗИСРРФ, 2010, с. 58-60.
12. *Рофе А.И.* Научная организация труда. – М.: Изд-во «МИК», 1998.
13. Система медицинского прогноза погоды на федеральных курортах Кавказских Минеральных Вод: Метод. пос. / *И.Г. Гранберг, Н.П. Поволоцкая, Г.С. Голицын и др.* – ФГУ «ПГНИИК ФМБА России»: УРАН ИФА им. А.М. Обухова РАН: Гидрометцентр России. – Пятигорск, 2009.
14. *Ott W.R., Thom G.* A critical review of air pollution index system in the United States and Canada // *J. Air. Pollut. Contr. Assoc.*, 1976, Vol. 26, № 5, p. 460-470.
15. *Siple P.A., Passel C.F.* Measurements of dry atmospheric cooling in sub-freezing temperatures. Reports on scientific results of the United States Antarctic Service Expedition, 1939–1941 // *Proc. Amer. Philos.*, 1945, Soc. 89, p. 177–199.
16. *Steadman R.G.* Indices of wind chill of clothed persons // *J. Appl. Meteor.*, 1971, 10, 674–683.
17. *Steadman R.G.* The Assessment of Sultriness. Part II: Effects of Wind, Extra Radiation and Barometric Pressure on Apparent Temperature // *J. Appl. Meteor.*, 1979, Vol. 18, No 7, p. 874-885.
18. *Steadman R. G.* Norms of apparent temperature in Australia // *Aust. Meteor.*, 1994, Mag. 43.

Работа выполнена с частичной поддержкой гранта РФФИ 1 1–1 0-08-00493-а и FP7 - IRSES - "Climseas".

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки в рамках реализации ФЦП ««Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы (государственный контракт № 14.740.11.0742).

Автор выражает благодарность за неоценимую помощь при подготовке материалов статьи К.Г. Рубинштейну, Н.П. Поволоцкой и М.В. Ширяеву.

*В.Н. Воробьев, А.И. Данилов, А.В. Клепиков,
Э.И. Саруханян, Н.П. Смирнов*

**ЮЖНО-ПОЛЯРНОЕ КОЛЕБАНИЕ, ЕГО ВОЗМОЖНЫЕ
ПРЕДСТАВЛЕНИЯ И МНОГОЛЕТНЯЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ**

*V.N. Vorobyev, A.I. Danilov, A.V. Klepikov,
E.I. Sarukhanyan, N.P. Smirnov*

**SOUTH POLAR OSCILLATION, ITS POSSIBLE
REPRESENTATIONS AND LONG-TERM VARIABILITY**

Рассмотрены многолетние изменения атмосферной циркуляции в высоких и умеренных широтах Южного полушария. Определен индекс интенсивности атмосферной циркуляции, названный Южно-Полярным колебанием (South Polar Oscillation – SPO). Выполнен анализ многолетней изменчивости индекса SPO, определена структура изменчивости и ее линейные тренды.

Ключевые слова: циркуляция атмосферы, Южно-Полярное колебание, центры действия атмосферы, многолетняя изменчивость, климатические тренды.

Long-term variations in the atmospheric circulation in the high and middle latitudes of the Southern Hemisphere are considered. Index of intensity of atmospheric circulation, called South Polar Oscillation, SPO, is defined. An analysis of long-term variability of the SPO index is performed; the structure of variability and its linear trends are determined.

Key words: atmospheric circulation, South Polar oscillation, centers of atmospheric action, long-term variability, climate trends.

Литература

1. Бабкин В.И., Воробьев В.Н., Смирнов Н.П. Северо-Атлантическое колебание и динамика стока рек Европы // Труды РГГМУ, вып. 122, 1999, с. 114-121.
2. Бабкин В.И., Воробьев В.Н., Смирнов Н.П. Колебания стока Оби, Енисея и Лены и динамика циркуляции атмосферы в Северном полушарии // Метеорология и гидрология, № 1, 2004, с. 74-80.
3. Воробьев В.Н., Кочанов С.Ю., Смирнов Н.П. Сезонные и многолетние колебания уровня морей Северного Ледовитого океана. – СПб.: РГГМУ, 2000. – 113 с.
4. Дворкин Е.Н., Кочанов С.Ю., Смирнов Н.П. Северо-Атлантическое колебание и многолетние изменения уровня Северного Ледовитого океана. Метеорология и гидрология, № 3, 2000, с. 78-84.
5. Смирнов Н.П., Воробьев В.Н., Кочанов С.Ю. Северо-Атлантическое колебание и климат. СПб.: РГГМУ, 1998. – 121 с.
6. Смирнов Н.П., Воробьев В.Н. Северо-Тихоокеанское колебание и климат. СПб.: РГГМУ, 2002. – 122 с.
7. Смирнов Н.П., Саруханян Э.И., Розанова И.В. Циклонические центры действия атмосферы Южного полушария и изменения климата. – СПб.: РГГМУ, 2004. – 208 с.
8. Brasket A., Curry J., Maslanik J. Sea-ice variability in Greenland Labrador Seas and their interaction with the North Atlantic Oscillation. In Conference on Polar Processes and Global Climate. – Draft Summary Report, Oslo, Norway, 1997, p. 23-25.
9. CLIVAR. A Research Programme of Climate Variability and Prediction for the 21st Century. World Climate Research Program, August, 1997, p. 33-47.

10. Defant A. Die Schwankungen der atmosphärischen Zirkulation über dem Nordatlantischen Ozean im jahrgen 1881-1905. – Geogr. Ann., Bd. 6, 1924, s.13-41.
11. Dickson R.R. and all. The Arctic Ocean Response to the North Atlantic Oscillation. J. of Climate, vol. 13, 2000, p. 2671-2695.
12. Eden C. and Jung T. North Atlantic Interdecadal Variability: Ocean Response to the North Atlantic Oscillation (1865-1997). J. of Climate, Vol. 14, 2001, p. 676-691.
13. Gong D. and Wong S. Definition of Antarctic Oscillation index. Geophys. Res. Let., vol. 26, № 3, 1999, p. 183-194.
14. Joyce T.M., Deser G., Spall M. The relation between Decadal Variability of Subtropical Mode Water and the North Atlantic Oscillation. J. of Climate, vol. 13, 2000, p. 2550-2569.
15. Kapala A., Machel H., Flohn H. Behaviour of the centers of action above the Atlantic since 1881. Part 2. Associations with regional climate anomalies. Int. J. Climatology, vol. 18, 1998, p. 23-36.
16. Lamb P.J. and R.A. Pepler, North Atlantic Oscillation: Concept and an Application. Bull. American Meteorol. Soc., vol. 68, № 10, 1987, p. 1218-1225.
17. Rodwell M.J., Rowell D.P., Folland C.K. Oceanic forcing of the winter time North Atlantic Oscillation and European climate, Nature, vol. 398, 1999, p. 320-323.
18. Rogers J.S. The association between North Atlantic Oscillation and the Southern Oscillation in the Northern Hemisphere. Month. Weather Rev., vol. 112, 1984, p. 1999-2015.
19. Simmonds I.
20. Trenberth K. E. Fluctuation and trends in indices of the Southern Hemisphere. Q. J. Roy. Met. Soc., № 103, 1976, p. 67-75.
21. Venegas S.A., Mysak L. Is a Dominant Timescale of Natural Climate Variability in the Arctic. J. of Climate, vol. 13, 2000, p. 3412-3434.
22. Walker G.T., Bliss E.M. World Weather. V. – Mem. Roy. Meteorology Soc. № 4b, 1932, p. 53-84.
23. Walker G.T. Weather. Q.J. Roy. Met. Sav., 54, № 28, p. 79-87.
24. Zhang J., Rothrock D. and Steele M. Recent Changes in Arctic Sea Ice. The Interplay between Ice dynamics and thermodynamics. J. of Climate, vol. 13, 2000, p. 3099-3114.

А.В. Даньшина, Л.Н. Карлин, В.Ю. Чанцев

**НЕСИММЕТРИЧНОСТЬ НАПРЯЖЕНИЙ
ВЯЗКОЙ НЕСЖИМАЕМОЙ ЖИДКОСТИ**

A. V. Danshina, L. N. Karlin, V. Yu. Chantsev

**THE STRESS ASYMMETRY
OF VISCOUS INCOMPRESSIBLE FLUID**

В статье рассматривается теоретическое обоснование возможности использования несимметричного тензора поверхностных напряжений при описании системы уравнений динамики вязкой несжимаемой жидкости. Исследование основано на результатах анализа моментной теории упругости.

Ключевые слова: скорость деформации, тензор напряжений, главные моменты, несимметричная механика жидкости.

The theoretical justification of possibility using of asymmetric surface stresses tensor for the equations system describing of the viscous incompressible fluid dynamics discusses in the article. The study is based on an analysis of the couple-stress theory.

Key words: strain rate, stress tensor, principal moments, asymmetric fluid mechanics.

Введение

Практически, начиная с самого начала развития теории упругости сплошных сред и классической гидродинамики, в экспериментальных исследованиях отмечаются некоторые несоответствия разработанной теории, проявляющиеся в различных эффектах, зависящих от масштабных факторов. Эти эффекты характерны практически для всех сплошных сред, в том числе и для жидкостей, обладающих микроструктурой. Для жидкой среды часть эффектов можно объяснить с помощью общепринятой теории Навье-Стокса, например, температурные скачки и наличие сдвига скорости в потоке. Многие другие невозможно описать с помощью принятой теории механики жидкости. Так наблюдаются отличия от классической теории в исследованиях изменений вязкости жидкости, коэффициентов трения и других поверхностных эффектов [Stokes, 1966, 1984, Devakar, Iyengar, 2008].

Возникающие отличия от классической механики сплошной среды тесно связаны с предположениями, лежащими в основе ньютоновской механики, и рассматривающими частицу среды как материальную точку, а не как более сложный объект, наделенный дополнительными свойствами, описывающими микроструктуру вязкого вещества. Классическая теория упругости описывает свойства тел, у которых между частицами действуют центральные силы. Она основывается на постулате, в котором связь нагрузок между двумя сторонами малого поверхностного элемента описывается исключительно главным вектором сил. Это приводит к симметричному напряженному и деформированному

состоянию. Но теория симметричной упругости не описывает с необходимой точностью явления, происходящие в несжимаемой жидкости. В связи с этим в последние годы активно развивается теория упругости сплошных сред, учитывающая моментное (вращательное) взаимодействие частиц. Это направление механики сплошных сред принято называть моментной теорией упругости. В ней несоответствия классической теории упругости можно исправить путем дополнительных предположений о передаче нагрузок через элемент поверхности не только главным вектором сил, но и главным моментом. Можно сказать, что в рассматриваемой жидкой среде частицы обладают как трансляционными, так и вращательными степенями свободы. Предположение появления дополнительных напряжений в элементарном объеме приводит к несимметричности тензора напряжений. Теория была предложена еще Коссера в первые годы 20-го столетия [Cosserat E., Cosserat F., 1908], и развита в середине прошлого века [Toupin, 1962, Mindlin, Tiersten, 1962, Koiter, 1964, Новацкий В., 1975]. Трехмерные теории так называемых микрополярных сред получили интенсивное развитие только в последние сорок лет, когда учет независимых вращательных степеней свободы оказался необходимым в теории жидких кристаллов и теории ферромагнитных материалов. Формулировка обобщенной теории несимметричных напряжений принадлежит Эрингену [Eringen, 1964, Eringen, Suhubi, 1964]. Хотя его работа в первую очередь затрагивала микроупругость твердых тел (микроморфная упругость), она была вполне применима ко всем сплошным средам. Разработанная им физическая модель, основана на том, что любой макрообъем сплошной среды состоит из элементарных объемов, отличных от точки (в противовес классической теории). Каждый подобный элемент способен деформироваться, что влечет за собой деформацию макрообъема [Eringen, 1966].

К большому сожалению, свойства рассматриваемой жидкости характеризуются 22 коэффициентами вязкости, и даже в самом простом линейном случае ее динамика описывается минимум 19 уравнениями в частных производных с 19 неизвестными, что является крайне затруднительным для получения каких бы то ни было решений. В связи с этим работы по распространению теории несимметричной упругости на динамику несжимаемой жидкости были продолжены лишь в последние годы [Иванов, Шардаков, 2007, Devakar, Iyengar, 2008, Виноградова, Ерофеев, 2009]. Однако в большинстве работ не рассматривались случаи преобразования классических уравнений движения Навье-Стокса для несжимаемой жидкости с учетом несимметричности поверхностных напряжений вдали от твердых стенок. Хотя в естественных условиях и лабораторных экспериментах наблюдались динамические структуры, которые без привлечения теории несимметричной упругости описываются не достаточно точно.

В представленной работе рассматривается возможность преобразования уравнений Навье-Стокса с учетом несимметричности касательных поверхностных напряжений, формируемых за счет деформационных свойств скоростей завихренности элементарных объемов жидкости.

Теоретическое обоснование введения несимметричных напряжений в уравнения динамики вязкой несжимаемой жидкости

Классическая механика жидкости основывается на постулате ньютоновской механики, заключающемся в том, что любая среда представлена элементарными объемами, состоящими из элементарных точек. Это предположение позволяет рассматривать относительное перемещение двух точек элементарного объема жидкости, как результат поступательного и вращательного движения. Деформация выделенного объема будет описываться изменением относительной скорости рассматриваемых двух точек. В этом случае приращения составляющих относительной скорости перемещения точек du, dv и dw будут описываться следующими уравнениями [Шлихтинг, 1974]:

$$\begin{aligned}
 & \left(\begin{matrix} & & dz \\ & & \end{matrix} \right) + \left(\begin{matrix} & & \\ & & \end{matrix} \right) \\
 du = & \varepsilon'_{xx} dx + \varepsilon'_{yy} dy + \varepsilon'_{xz} dz + \eta \frac{\partial}{\partial z} - \chi \frac{\partial}{\partial y} \\
 & \left(\begin{matrix} & & \\ & & \end{matrix} \right) + \left(\begin{matrix} & & \\ & & \end{matrix} \right) \\
 dv = & \varepsilon'_{yy} dy + \varepsilon'_{zz} dz + \varepsilon'_{xy} dx + \chi \frac{\partial}{\partial z} - \xi \frac{\partial}{\partial x} \\
 & \left(\begin{matrix} & & y \\ & & yz dz \end{matrix} \right) + \left(\begin{matrix} dx & dz \\ & \end{matrix} \right); \\
 dw = & \varepsilon'_{zz} dz + \varepsilon'_{xy} dy + \varepsilon'_{xz} dx + \xi \frac{\partial}{\partial y} - \eta \frac{\partial}{\partial x}
 \end{aligned} \tag{1}$$

где ε'_{ij} – тензор скоростей деформации, который равен:

$$\begin{aligned}
 \varepsilon'_{ij} \equiv & \begin{pmatrix} \varepsilon'_{xx} & \varepsilon'_{xy} & \varepsilon'_{xz} \\ \varepsilon'_{yx} & \varepsilon'_{yy} & \varepsilon'_{yz} \\ \varepsilon'_{zx} & \varepsilon'_{zy} & \varepsilon'_{zz} \end{pmatrix} \equiv \begin{pmatrix} \frac{\partial u}{\partial x} & \frac{1}{2} \left(\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right) & \frac{1}{2} \left(\frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \right) \\ \frac{1}{2} \left(\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right) & \frac{\partial v}{\partial y} & \frac{1}{2} \left(\frac{\partial w}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial z} \right) \\ \frac{1}{2} \left(\frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \right) & \frac{1}{2} \left(\frac{\partial w}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial z} \right) & \frac{\partial w}{\partial z} \end{pmatrix} \\
 \equiv & \begin{pmatrix} \frac{\partial u}{\partial x} & \frac{1}{2} \left(\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right) & \frac{1}{2} \left(\frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \right) \\ \frac{1}{2} \left(\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} \right) & \frac{\partial v}{\partial y} & \frac{1}{2} \left(\frac{\partial w}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial z} \right) \\ \frac{1}{2} \left(\frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \right) & \frac{1}{2} \left(\frac{\partial w}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial z} \right) & \frac{\partial w}{\partial z} \end{pmatrix}
 \end{aligned} \tag{2}$$

$$\begin{pmatrix} 1 & u & w \\ \partial & \partial & \partial \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & v & w \\ \partial & \partial & \partial \end{pmatrix} \begin{pmatrix} w \\ \partial \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} 2 & & \\ & 2 & \\ & & 2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x & & \\ & z & y \\ & & z \end{pmatrix}$$

а ξ , η и χ – составляющие скорости кручения, представленные как:

$$\xi = \begin{pmatrix} 1 & & \\ \partial & -\partial & \\ & & -\partial \end{pmatrix}; \chi = \begin{pmatrix} \partial & -\partial \\ \partial & \partial \end{pmatrix}$$

$$\eta = \begin{pmatrix} \partial & & \\ u & w \\ \partial & \partial \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & & \\ \partial & & \\ & & \partial \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u \\ \partial \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} & & \\ & & \\ y & z \end{pmatrix} \begin{pmatrix} & & \\ & & \\ z & x \end{pmatrix} \begin{pmatrix} & & \\ & & \\ x & y \end{pmatrix}$$

Матрица ε' является симметричной, а составляющие скорости кручения являются составляющими вектора $\omega = \text{rot } \mathbf{V}$. Влияние скорости деформации и скорости кручения на изменение положения одной точки элементарного объема относительно другой, т.е. влияние на характер деформации этого объема, можно продемонстрировать на рис. 1. Это означает, что каждой представленной величине можно дать геометрическую интерпретацию. Видно, что смещение точки B относительно точки A в плоской декартовой системе координат характеризует деформацию элементарного объема только в результате действия дефор-

мационных скоростей (рис. 1, а). Эти деформации возникают только под действием недиагональных членов тензора деформационных скоростей ε'_{ij} . Сумма диагональных членов деформационной матрицы ε'_{ij} представляет собой объемное расширение или дивергенцию скорости $\text{div } V$, которая в несжимаемой жидкости равняется нулю.

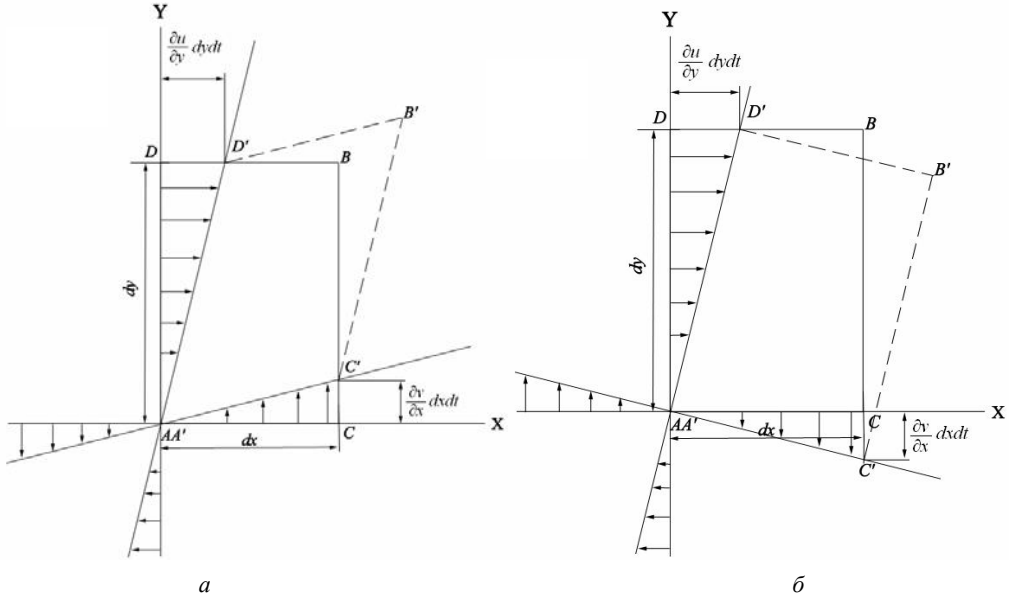


Рис. 1. Локальное искажение элемента жидкости, когда:

$$\begin{aligned}
 & \text{---} \text{---} \text{---} \\
 & = \sqrt{\frac{\partial u}{\partial x} - \frac{\partial v}{\partial y}} \\
 & \varepsilon = \varepsilon \cdot \left(\begin{array}{cc} \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \\ u & v \end{array} \right), \quad \text{б} - \xi \quad \left| \right| \neq 0 \\
 & \quad \quad \quad \left| \right| > \\
 & \quad \quad \quad \left(\begin{array}{cc} \frac{\partial}{\partial x} & 0 \\ \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial x} \end{array} \right) \quad \left(\begin{array}{cc} \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} \\ \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial x} \end{array} \right)
 \end{aligned}$$

Скорости кручения порождают только разворот элементарного объема жидкости (рис. 1, б) и не приводят к изменениям его формы, т.е. к деформации.

Можно сказать, что элемент жидкости осуществляет вращательные движения как твердое тело. Это является одним из основных допущений классической механики жидкости. Именно оно позволяет доказывать теорему взаимности касательных напряжений. Согласно этой теореме условием равновесия элементарного объема будет уравнение моментов:

$$\begin{aligned}
 & \left(\begin{array}{c} \tau_{12} \\ \tau_{21} \end{array} \right) \cdot i_1 + \left(\begin{array}{c} \tau_{13} \\ \tau_{31} \end{array} \right) \cdot i_2 + \left(\begin{array}{c} \tau_{23} \\ \tau_{32} \end{array} \right) \cdot i_3 = 0, \\
 & \tau_{12} + \tau_{21} + \tau_{13} \cdot i_2 + \tau_{21} \cdot i_3 = 0,
 \end{aligned} \tag{3}$$

где i_1, i_2, i_3 – орт-векторы, а τ_{ij} ($i, j = 1, 2, 3$) представляют собой касательные со-

ставляющие векторов поверхностных напряжений σ_1 , σ_2 и σ_3 .

Из уравнения (3) прямо следует, что $\tau_{12} = \tau_{21}$, $\tau_{13} = \tau_{31}$, $\tau_{23} = \tau_{32}$. Это доказывает симметричность тензора поверхностных напряжений и означает, что если через какую-либо точку жидкой среды провести три взаимно ортогональные бесконечно малые площадки, то для каждой двух из них проекции вектора напряже-

ния, приложенного к одной из площадок, на нормаль к другой равны между собой. Доказательство симметричности тензора напряжений вытекает и из теоремы моментов [Лойцянский, 2003]. Исходя из этого, можно записать систему уравнений для составляющих девиатора симметричного тензора напряжений в виде одного тензорного уравнения (в декартовой системе координат:

$$\sigma'_{ij} = \lambda \delta_{ij} \frac{\partial v}{\partial k} + \mu \left(\frac{\partial v}{\partial x_i} + \frac{\partial v}{\partial x_j} \right), \quad (i, j, k = 1, 2, 3) \quad (4)$$

где δ – функция Кронекера $\delta_{ij} = 0$ при $i \neq j$ и $\delta_{ij} = 1$ при $i = j$; λ и μ – постоянные Ламе или коэффициенты вязкости. Согласно гипотезе Стокса $3\lambda + 2\mu = 0$, что позволяет использовать только один известный коэффициент кинематической вязкости жидкости.

Однако положение о симметричности тензора напряжений в классической гидродинамике основывается на постулате, что жидкость является ньютоновской, т.е. она состоит из элементарных точек, обладающих абсолютной симметрией, а также каждый ее элементарный объем совершает вращения как твердое тело. Совсем иначе обстоит дело, если жидкость рассматривать как набор конечных элементов, обладающих индивидуальными свойствами [Cosserat E., Cosserat F., 1908]. В этом случае закон изменения главного момента количества движения в динамике сплошных сред можно сформулировать следующим образом. Индивидуальная производная от главного момента количества движения конечного объема жидкости равна сумме главного момента внешних объемных сил, поверхностных сил, вектора массовых моментов и моментных нагрузок, приложенных к этому объему и ограничивающей его поверхности. Запишем этот закон относительно бесконечно малого, но конечного элемента жидкости в виде тетраэдра (рис. 2) [Новацкий, 1975]:

$$\frac{d}{dt} \int_V \rho \mathbf{r} \times \mathbf{V} \delta A = \int_V \rho \mathbf{F} + \mathbf{Y} \delta A + \int_S \rho \mathbf{r} \times \boldsymbol{\sigma}_n + \mathbf{m}_n \delta S, \quad (5)$$

где \mathbf{r} – радиус-вектор, отсчитываемый от некоторой точки элементарного объема; \mathbf{V} – вектор скорости; \mathbf{F} и \mathbf{Y} – векторы массовых сил и моментов; $\boldsymbol{\sigma}_n$ и \mathbf{m}_n – поверхностные и моментные напряжения; δA и δS – элементы объема и поверхности конечного объема жидкости; ρ – плотность воды.

Преобразуем левую часть уравнения (5), и применим преобразование Остроградского-Гаусса к поверхностному интегралу в правой части. В итоге получим:

$$\frac{d}{dt} \int_V \rho \mathbf{r} \times \mathbf{V} \delta A = \int_V \rho \mathbf{F} + \mathbf{Y} \delta A + \int_V \rho \mathbf{r} \times \boldsymbol{\sigma} \delta V$$

$+ \partial$

$$\int dt \int_A \left(\left| \frac{\partial x^1}{\partial t} \frac{\partial x^2}{\partial t} \frac{\partial x^3}{\partial t} \right| + \right.$$

$$\left. \int_A \left(\left| \frac{\partial x^1}{\partial t} \frac{\partial x^2}{\partial t} \frac{\partial x^3}{\partial t} \right| + \right) \right)$$

$$+ \hat{r}_{\psi\sigma} + \hat{r}_{\psi\sigma} + \hat{r}_{\psi\sigma} \int_A \left(\left| \frac{\partial x^1}{\partial t} \frac{\partial x^2}{\partial t} \frac{\partial x^3}{\partial t} \right| + \right)$$

$$\left. \int_A \left(\left| \frac{\partial x^1}{\partial t} \frac{\partial x^2}{\partial t} \frac{\partial x^3}{\partial t} \right| + \right) \right) \delta A \tag{6}$$

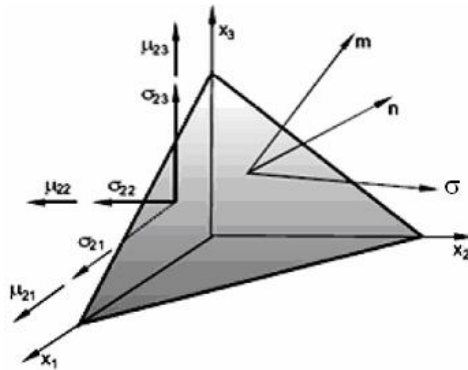


Рис. 2. Распределение поверхностных и моментных напряжений на поверхности элементарного тетраэдра

Переносим все члены уравнения в левую часть и учитывая уравнение динамики сплошной среды в напряжениях [Лойцянский, 2003]:

$$\rho \frac{dV}{dt} = \rho F + \frac{\partial \sigma_1}{\partial x_1} + \frac{\partial \sigma_2}{\partial x_2} + \frac{\partial \sigma_3}{\partial x_3}, \quad (7)$$

получим

$$\int_V \left(-\frac{\partial r_i}{\partial x_j} - \frac{\partial r_{ij}}{\partial x_k} - \frac{\partial r_{ijk}}{\partial x_l} \right) \left(\frac{\partial \sigma_j}{\partial x_i} + \frac{\partial \sigma_k}{\partial x_j} + \frac{\partial \sigma_l}{\partial x_k} - \frac{\partial m_{ij}}{\partial x_k} - \frac{\partial m_{jk}}{\partial x_i} - \frac{\partial m_{kl}}{\partial x_j} \right) dV = 0. \quad (8)$$

Отсюда, имея в виду произвольность объема интегрирования V и то обстоятельство, что

$$\frac{\partial r_i}{\partial x_1} = \frac{\partial r_i}{\partial x_2} = \frac{\partial r_i}{\partial x_3},$$

мы легко получаем баланс поверхностных и моментных напряжений:

$$\frac{\partial}{\partial x_1} (\sigma_{11} + m_{11}) + \frac{\partial}{\partial x_2} (\sigma_{21} + m_{21}) + \frac{\partial}{\partial x_3} (\sigma_{31} + m_{31}) = 0. \quad (9)$$

Полученное уравнение показывает, что тензор поверхностных напряжений не является симметричным, т.к. оно отличается от уравнения (3). Для симметричности тензора напряжений необходимо, чтобы

$$\frac{\partial m}{\partial x^1} + \frac{\partial m}{\partial x^2} + \frac{\partial}{\partial x^3} m_3 Y = 0.$$

Как и у Лойцянского [Лойцянский, 2003, с. 71], но уже с учетом несимметричности, раскладывая свободную энергию в окрестности естественного со-

стояния в ряд Тейлора и пренебрегая величинами выше второго порядка, получим определяющее уравнение в тензорном виде для поверхностных напряжений [Новацкий, 1975], которое можно записать в следующем виде:

$$\sigma_{ij} = 2\mu \sigma_{ij}^S + 2\alpha \sigma_{ij}^A + \delta_{ij} \lambda \sigma_{kk} \quad (10)$$

где $\sigma_{ij}^S, \sigma_{ij}^A$ – симметричная и антисимметричная части тензора напряжений, α – постоянная деформации.

Симметричная часть тензора поверхностных напряжений соответствует симметричному тензору напряжений классической механики жидкости [Лойцянский, 2003]:

$$\sigma_{ij}^S = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial v_j}{\partial x_i} + \frac{\partial v_i}{\partial x_j} \right) \quad (11)$$

$$\sigma_{ij}^A = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial v_j}{\partial x_i} - \frac{\partial v_i}{\partial x_j} \right)$$

Антисимметричная часть тензора отличается от классической теории и содержит элемент кручения:

$$\sigma_{ij}^A = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial v_j}{\partial x_i} - \frac{\partial v_i}{\partial x_j} \right) + \omega_{ijk} \epsilon_{ijk} \quad (12)$$

где ϵ_{ijk} – единичный тензор третьего ранга Леви-Чивита; ω_k – составляющая вектора угловой скорости вращения элементарного объема жидкости.

Из выражения (12) следует, что при условии несимметричности тензора поверхностных напряжений угловая скорость не равняется тождественно ротору линейной скорости, а имеет дополнительный элемент γ , приводящий к дополнительной деформации элементарного объема:

$$\omega = \frac{1}{2} \text{rot} V - \gamma \quad (13)$$

Такое предположение принято и в работе [Виноградов, Ерофеев, 2009]. Следует отметить, что в случае обнуления вектора γ , тензор напряжений принимает классический вид и становится симметричным. Введенный добавочный член в (13) как раз и должен обеспечивать формирование деформации за счет

кручения, позволяя упростить систему описания распределения скорости движения несжимаемой жидкости в рамках моментной теории вязкости.

Рассмотрим геометрическую интерпретацию скоростей кручения в виде (13) на рис. 3, который построен аналогично рис. 2, б. В этом случае перемещение точки B относительно точки A совершается с деформацией фигуры $ACBD$. Вновь образовавшаяся фигура $A''C''B''D''$ отличается по форме от $A'C'B'D'$, которая была получена при вращении (рис. 1, б), но должна сохранять первоначальную площадь в случае несжимаемой жидкости. Это возможно, если каждая составляющая скорости кручения домножается на величины $(1 - b)$ и $(1 + b)$, которые пропорциональны уже введенной скорости деформации (рис. 3).

ОКЕАНОЛОГИЯ

Обеспечение неизменности объема деформируемой жидкости при вращательном движении позволяет представить составляющие скорости кручения как:

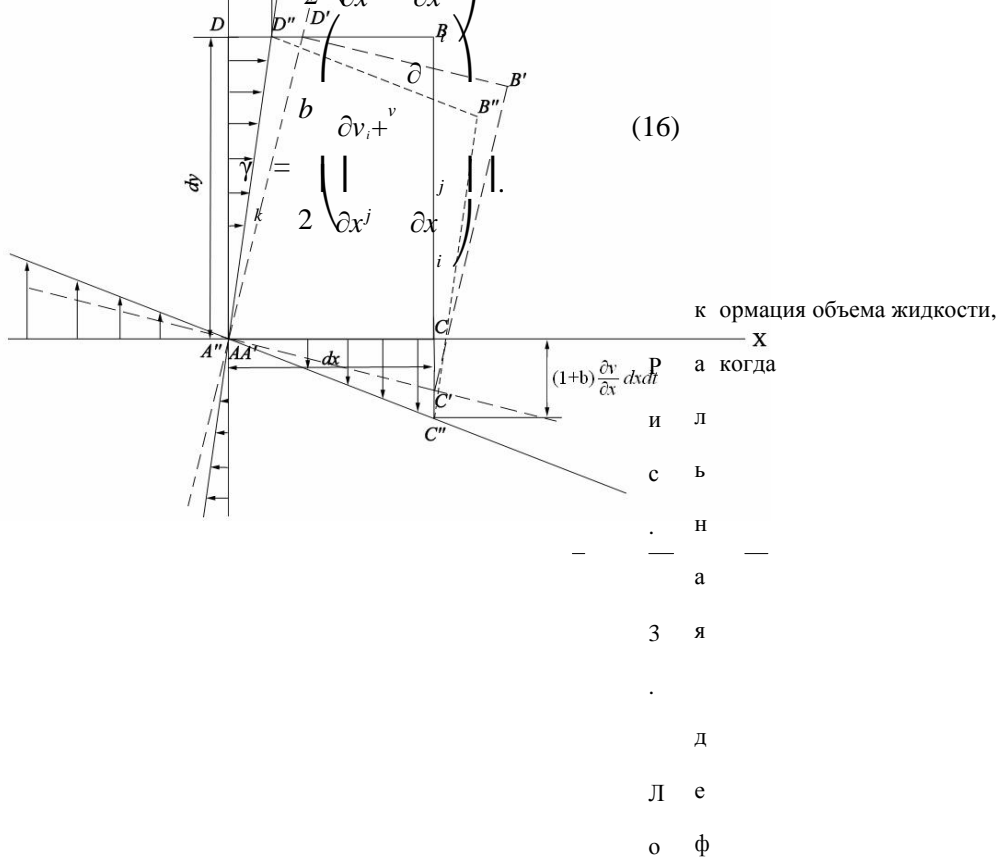
$$\omega = \frac{1}{b} \left[\left(1 - \frac{\partial v_i}{\partial x_j} \right) \partial v_j \right] \quad (14)$$

где b – постоянный коэффициент.

Следовательно, составляющие скорости вращения с учетом (14) можно записать в матричном виде:

$$\omega = \frac{1}{b} \begin{pmatrix} \partial v_i \\ \partial x_j \end{pmatrix} - \gamma, \quad (15)$$

где



$\omega_s =$

$$\frac{1}{2} \left[\begin{array}{c} (1) \\ - \\ b) \\ \partial u \\ - \\ (1) \\ + \\ b) \\ \partial v \\ \end{array} \right] \quad \left| \begin{array}{c} \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \end{array} \right. \neq \left[\begin{array}{c} 0 \\ \partial y \\ \partial x \end{array} \right]$$

Хорошо видно, что, действительно, введенный добавочный член в уравнении (13) пропорционален скорости деформации элементарного объема несжимаемой жидкости. Тогда составляющие тензора напряжений (10) принимают следующий вид:

$$\begin{cases}
 \sigma_{11} = -p + 2\mu \frac{\partial v}{\partial x_1} + \lambda \operatorname{div} V; \\
 \sigma_{22} = -p + 2\mu \frac{\partial v}{\partial x_2} + \lambda \operatorname{div} V; \\
 \sigma_{33} = -p + 2\mu \frac{\partial v}{\partial x_3} + \lambda \operatorname{div} V;
 \end{cases} \quad (17)$$

$$\begin{cases}
 \tau_{12} = \mu + \alpha \left(\frac{\partial v}{\partial x_1} \frac{\partial v}{\partial x_2} \right); & \tau_{13} = \mu - \alpha \left(\frac{\partial v}{\partial x_1} \frac{\partial v}{\partial x_3} \right); \\
 \tau_{21} = \mu - \alpha \left(\frac{\partial v}{\partial x_2} \frac{\partial v}{\partial x_1} \right); & \tau_{23} = \mu + \alpha \left(\frac{\partial v}{\partial x_2} \frac{\partial v}{\partial x_3} \right); \\
 \tau_{31} = \mu + \alpha b \left(\frac{\partial v}{\partial x_1} \frac{\partial v}{\partial x_3} \right); & \tau_{32} = \mu - \alpha b \left(\frac{\partial v}{\partial x_2} \frac{\partial v}{\partial x_3} \right).
 \end{cases} \quad (18)$$

При рассмотрении движения несжимаемой жидкости в уравнениях диагональных членов тензора напряжений (17) величина $\operatorname{div} V = 0$, что позволяет не рассматривать постоянный коэффициент λ , т.к. в несимметричной механике сплошных сред [Лойцянский, 2003, с. 66] он не может быть выражен через μ в связи с тем, что $3\lambda + 2\mu > 0$. Остаются неизвестными коэффициенты α и b . Если считать, что бесконечно малый элемент жидкости можно принять твердым, то коэффициент b как и α принимается постоянным. Эти постоянные коэффициенты должны определяться экспериментально, как предлагается в [Шлих-

тинг, 1974, Иванов, Шардаков, 2007].

Для вывода основных дифференциальных уравнений динамики вязкой несжимаемой жидкости, как и в классической механике жидкости, используем уравнение динамики сплошных сред в напряжениях (7). Запишем это векторное уравнение в виде системы матричных уравнений и в правой части развернем составляющие тензора напряжений:

$$\begin{aligned}
 \rho \frac{d}{dt} v_1 &= \rho F + \partial \sigma_{11} + \partial \tau_{12} + \partial \tau_{13} \\
 &\quad \frac{\partial}{\partial x_1} \quad \frac{\partial}{\partial x_2} \quad \frac{\partial}{\partial x_3} ; \\
 \rho \frac{d}{dt} v_2 &= \rho F + \partial \tau_{21} + \partial \sigma_{22} + \partial \tau_{23} ; \\
 &\quad \frac{\partial}{\partial x_1} \quad \frac{\partial}{\partial x_2} \quad \frac{\partial}{\partial x_3} \\
 \rho \frac{d}{dt} v_3 &= \rho F + \partial \tau_{31} + \partial \tau_{32} + \partial \sigma_{33} . \\
 &\quad \frac{\partial}{\partial x_1} \quad \frac{\partial}{\partial x_2} \quad \frac{\partial}{\partial x_3} .
 \end{aligned} \tag{19}$$

Останавливаясь на случае изотермического движения, когда $\rho = \text{const}$ и $\mu = \text{const}$, а также подставляя выражения для компонент несимметричного тен-

зора напряжений (17) и (18) в уравнения системы (19), получим систему основных уравнений динамики вязкой несжимаемой жидкости:

$$\begin{aligned}
 \frac{dv_1}{dt} &= \frac{F_1}{\rho} - \frac{\partial}{\partial x} \left(p + \nu \frac{\partial v_1}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial x} \left(\nu \frac{\partial v_1}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial x} \left(\nu \frac{\partial v_1}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial x} \left(\nu \frac{\partial v_1}{\partial x} \right); \\
 \frac{dv_2}{dt} &= \frac{F_2}{\rho} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\nu \frac{\partial v_2}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial x} \left(\nu \frac{\partial v_2}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial x} \left(\nu \frac{\partial v_2}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial x} \left(\nu \frac{\partial v_2}{\partial x} \right); \\
 \frac{dv_3}{dt} &= \frac{F_3}{\rho} - \frac{\partial}{\partial x} \left(p + \nu \frac{\partial v_3}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial x} \left(\nu \frac{\partial v_3}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial x} \left(\nu \frac{\partial v_3}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial x} \left(\nu \frac{\partial v_3}{\partial x} \right),
 \end{aligned}
 \tag{20}$$

где ν – коэффициент динамической вязкости, $\nu = \mu/\rho$.

Совокупность уравнений (20) несимметричной механики сплошных сред представляет собой нелинейную систему уравнений в частных производных второго порядка, отличную от уравнений Навье-Стокса. Проекция объемной силы F_1, F_2, F_3 представляющие собой силы тяжести, инерционные и кориолисовы силы, задаются функциями координат и скоростей движения жидкости. В случае стремления коэффициента b к нулю ($b \rightarrow 0$) полученная система уравнений движения (20) переходит в систему уравнений Навье-Стокса классической гидродинамики. Появление дополнительных членов в правой части уравнений движения, представленных смешанными производными второго порядка от поперечных составляющих скорости движения, демонстрирует более тесную связь между проекциями вектора течения на оси ортогональной системы координат.

Выводы

Полученная система уравнений движения для несимметричной механики жидкости наглядно показывает качественное отличие от классической теории Навье-Стокса. Представленное теоретическое исследование позволяет минимизировать вычислительные затраты при расчете движения несжимаемой вязкой жидкости в рамках несимметричной теории вязких взаимодействий. Изменение направления вектора перемещения определяется теперь не только распределением давления или нормальных напряжений и особенностями граничных условий при решении задач гидродинамики, но также и характером вязких взаимо-

действий. В данной постановке уравнения движения позволяют рассчитывать эволюцию динамики упорядоченных структур, таких как, например, грибовидные или дипольные вихревые структуры. Был установлен ряд параметров, которые должны быть определены в процессе эксперимента. Исходя из общих соображений, новые дополнительные параметры вязкости становятся значимыми только при скоростях, при которых характер движения жидкости уже нельзя называть чисто ламинарным, т.е. число Рейнольдса приближается к своему критическому значению или превосходит его. Данный факт определяет область ис-

следований для практического подтверждения применимости теории несимметричной механики жидкости для описания поведения реальных жидкостей. В частности, это позволяет наметить схему возможного эксперимента, а также необходимую точность измерений и методику обработки данных для получения конкретных определяющих параметров, таких как, например, неклассические вязкости.

Литература

1. *Виноградова Ю.В., Ерофеев В.И.* Вывод уравнений динамики нелинейной среды Коссера // Вестник Нижегородского ун-та им. Н.И. Лобачевского, 2009, № 6 (1), с. 159-162.
2. *Иванов А.С., Шардаков И.Н.* Аналитическое исследование течения несжимаемой вязкой жидкости в плоском канале в рамках несимметричной теории типа Коссера // Вестник Пермского ун-та. Математика. Механика. Информатика, 2007, вып. 7 (12), с. 101-107.
3. *Лойцянский Л.Г.* Механика жидкости и газа. – М.: Дрофа, 2003. – 840 с.
4. *Новацкий В.* Теория упругости. – М.: Мир, 1975. – 872 с.
5. *Шлехтинг Г.* Теория пограничного слоя. – М.: Наука, 1974. – 712 с.
6. *Cosserat E., Cosserat F.* Théorie des Corps Déformables. – Paris: Hermann, 1908. – 746 p.
7. *Devakar M., Iyengar T.K.V.* Stokes' Problems for an Incompressible Couple Stress Fluid // Nonlinear Analysis: Modelling and Control, 2008, Vol. 1, No. 2, p. 181-190.
8. *Eringen A.C.* Simple microfluids // Int. J. Eng. Sci. 1964. 2. p. 205-207.
9. *Eringen A.C., Suhubi E.S.* Nonlinear theory of simple micro-elastic solids // Int. J. Eng. Sci. 1964. N. 2, p. 189-203.
10. *Eringen A.C.* Theory of micropolar fluids // J. Math. Mech. 1966. N. 16, p.11–18
11. *Koiter, W.T.* Couple stresses in the theory of elasticity, I and II. // Proc. Ned. Akad. Wet. (B), 1964. N. 67, p. 17-44.
12. *Mindlin, R.D., Tiersten, H.F.* Effects of couple-stresses in linear elasticity // Arch. Rational Mech. Anal. 1962. N. 11, p. 415-488.
13. *Stokes V.K.* Couple stresses in fluids // Phys. Fluids, 1966. 9 (9), p. 1709-1715.
14. *Stokes V.K.* Theories of Fluids with Microstructure. – New York: Springer, 1984. – 312 p.
15. *Toupin, R. A.* Elastic materials with couple-stresses // Arch. Rational Mech. Anal., 1962. N. 11, p. 385-414.

И.Е. Козлов, А.С. Аверкиев, Д.В. Густоев

**НАБЛЮДЕНИЕ ТЕРМИЧЕСКИХ ФРОНТОВ
В РАЙОНЕ ГУСИНОЙ БАНКИ БАРЕНЦЕВА МОРЯ НА ОСНОВЕ
СПУТНИКОВЫХ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ДАННЫХ**

I.E. Kozlov, A.S. Averkiev, D.V. Gustoev

**SATELLITE RADAR OBSERVATIONS OF OCEANIC THERMAL
FRONTS IN THE GOOSE BANK REGION OF THE BARENTS SEA**

Проведен анализ проявлений термических фронтов в спутниковых снимках радара с синтезированной апертурой (РСА) района Гусиной банки Баренцева моря. Относительно холодные участки моря проявляются в РСА-снимках в виде темных областей пониженного РЛ рассеяния. Модельные расчеты показали, что изменение стратификации атмосферного погранслоя над фронтом является основным механизмом проявлений фронта в РЛ снимках. Приведенный в работе подход к анализу спутниковых РЛ данных может быть использован для наблюдения термических фронтов (их местоположения и перепадов температуры через фронт) в условиях облачности.

Ключевые слова: дистанционные наблюдения океана, радиолокационная съемка морской поверхности, морской термический фронт, трансформация атмосферного погранслоя над термическим фронтом, Гусиная банка, Баренцево море.

The analysis of sea thermal fronts manifestation in satellite synthetic aperture radar (SAR) images of the Barents Sea Goose Bank region is presented. Relatively cold surface waters are manifested in SAR images as dark regions of low radar backscatter. Model calculations have shown that change of atmosphere boundary layer stratification above the front is the main mechanism leading to its manifestation in radar images. Presented approach for the analysis of SAR data may be used for thermal front observations (location of the front, sea surface temperature drop over the front) under cloudy conditions.

Keywords: ocean remote sensing, SAR imaging of sea surface, sea thermal front, atmosphere boundary layer transformation over a thermal front, the Goose Bank, the Barents Sea.

Введение

Задача наблюдения фронтальных разделов в море имеет большое прикладное значение. На протяжении более тридцати лет она успешно решается на основе использования спутниковых сенсоров оптического диапазона. Стандартными спутниковыми продуктами в этом диапазоне электромагнитного спектра являются карты температуры поверхности моря (ТПМ) в ИК диапазоне и концентраций хлорофилла-А (хл-А) в видимом диапазоне, позволяющие определять местоположение термических фронтов и продуктивных зон различных масштабов. Очень часто положение тех и других является взаимосвязанным. Так на примере спутниковых наблюдений экватории Баренцева моря в работе [2] отмечалось, что области скопления фитопланктона в летний период обычно соответствуют более теплым атлантическим водам.

Существенным ограничением для наблюдения за морской поверхностью из космоса в оптическом диапазоне может быть наличие облачности, характерное в целом для Арктического региона и, в частности, для акватории Баренцева моря. В этой связи дополнительным источником информации о состоянии поверхности моря, в том числе о наличии термических фронтов (их положении и величине перепада ТПМ через фронт) различного масштаба, могут служить данные спутниковых радиолокаторов с синтезированной апертурой (РСА), не зависящие от условий облачности и освещенности.

Возможности РСА «наблюдать» неоднородности ТПМ были подтверждены в ряде исследований [3, 5, 11]. Считается, что одним из основных механизмов, ответственных за проявление температурных неоднородностей в радиолокационных изображениях (РЛИ) поверхности моря, является уменьшение (увеличение) шероховатости морской поверхности, вызванной падением ветровых напряжений над холодным (теплым) фронтом при трансформации атмосферного погранслоя (АПС) [6, 8].

Помимо температурных неоднородностей, причиной контрастов РЛ сигнала в спутниковых снимках может быть естественная изменчивость поля ветра, маскирующая влияние подстилающей поверхности [3]. В связи с этим обнаружение и анализ неоднородностей поля ТПМ в РЛИ является нерешенной задачей.

В данной работе проводится анализ и интерпретация проявления термических фронтов в РЛ снимках Баренцева моря в районе Гусиной банки в июле-августе 2004 г. Для этого РЛ изображения совместно с ИК данными о поверхностной температуре анализируются в рамках модели трансформации атмосферного погранслоя (АПС) над термическим фронтом, объединенной с эмпирической моделью CMOD4 [10], связывающей величину обратного рассеяния РЛ сигнала со скоростью приводного ветра (и наоборот). В рамках данного подхода на основе РЛ данных проводится оценка перепада ТПМ через фронт в условиях облачности.

1. Спутниковые наблюдения

Для анализа РЛ проявлений неоднородностей поля ТПМ, вызванных наличием фронтальных разделов в юго-восточной части Баренцева моря в июле-августе 2004 г., были использованы РЛИ Envisat ASAR с пространственным разрешением 25 и 150 м на ВВ поляризации. Поля ТПМ и концентраций хл-А, использованные в работе, восстанавливались по данным Aqua MODIS с пространственным разрешением ~1 км. Для проведения модельных расчетов нами также использовались данные о поле приводного ветра, полученные на основе РСА снимков и данных спутникового скаттерометра QuikSCAT.

На рис. 1 представлены поля ТПМ и хл-А, полученные на основе снимка Aqua MODIS от 9 июля 2004 г. в 07:55 UTC для юго-восточной части Баренцева моря. Для удобства на карту ТПМ (рис. 1, *a*) нанесена изобата 50 м, показывающая примерное местоположение Гусиной банки. Основная особенность по-

ля ТПМ на изображении – наличие нескольких фронтальных разделов, связанных с границами основных водных масс в районе, – относительно холодных баренцевоморских вод ($6\text{--}8\text{ }^{\circ}\text{C}$) в верхней части изображения, граничащих на западе с более теплыми атлантическими водами ($9\text{--}10\text{ }^{\circ}\text{C}$) и на востоке – с прибрежными новоземельскими водами ($>9,5\text{ }^{\circ}\text{C}$). Достаточно резкий термический фронт располагается вблизи Гусиной банки. Над самым мелководьем наблюдаются относительно низкие значения ТПМ около $6,5\text{--}7^{\circ}\text{C}$.

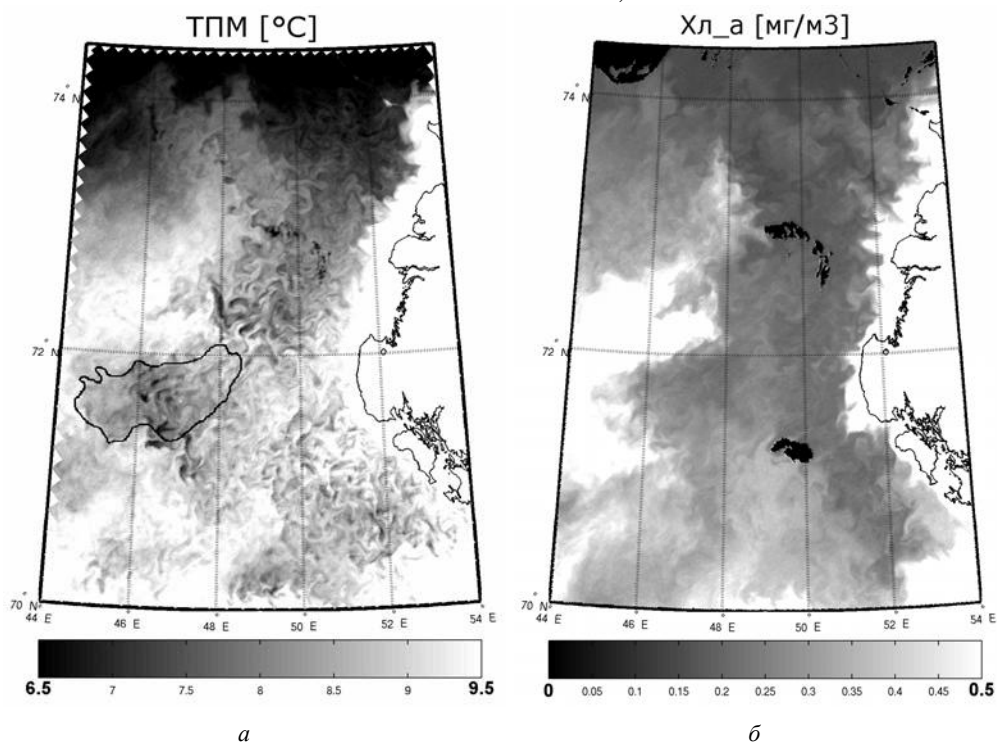


Рис. 1. Поля ТПМ и хл-А: *а* – полученное на основе снимка Aqua MODIS от 9 июля 2004 г. (07:55 UTC); *б* – концентраций хлорофилла-А, рассчитанных на основе того же снимка Aqua MODIS. © NASA

Поле концентраций хл-А представлено на рис. 1, *б*. Из рис.1 видно, что области более высоких (низких) концентраций хл-А, $>0,5\text{ мг/м}^3$ ($0,1\text{--}0,3\text{ мг/м}^3$), соответствуют более теплым (холодным) водам. Для обоих полей на рис.1 характерно наличие большого числа суб- и мезомасштабных вихрей циклонического характера, выделяющихся за счет перепадов значений ТПМ и концентраций хл-А. Отметим, что подобные структуры регулярно наблюдаются в спутниковых снимках данного района. В целом положение основных фронтальных разделов в этой части моря одинаково хорошо выделяется как в поле ТПМ, так и в поле концентраций хл-А. Ниже детальнее рассмотрим проявление температурных неоднородностей в РЛ снимках морской поверхности.

На рис. 2, *a* приведен увеличенный фрагмент поля ТПМ Aqua MODIS, показанного выше, с обозначением района РЛ съемки и положением Гусиной банки (изобата 50 м) темным цветом. На рис. 2, *б* показаны два совмещенных РЛ снимка Envisat ASAR, полученных в 07:59 UTC 9 июля 2004 г. Поле РЛ сигнала представлено в виде относительных контрастов удельной эффективной площади рассеяния (УЭПР) $K_{\sigma} = (\sigma^{\circ} - \bar{\sigma}^{\circ}) / \bar{\sigma}^{\circ}$, где $\bar{\sigma}^{\circ}$ – величина УЭПР, осредненная в азимутальном направлении во избежание зависимости РЛ сигнала от геометрии наблюдений.

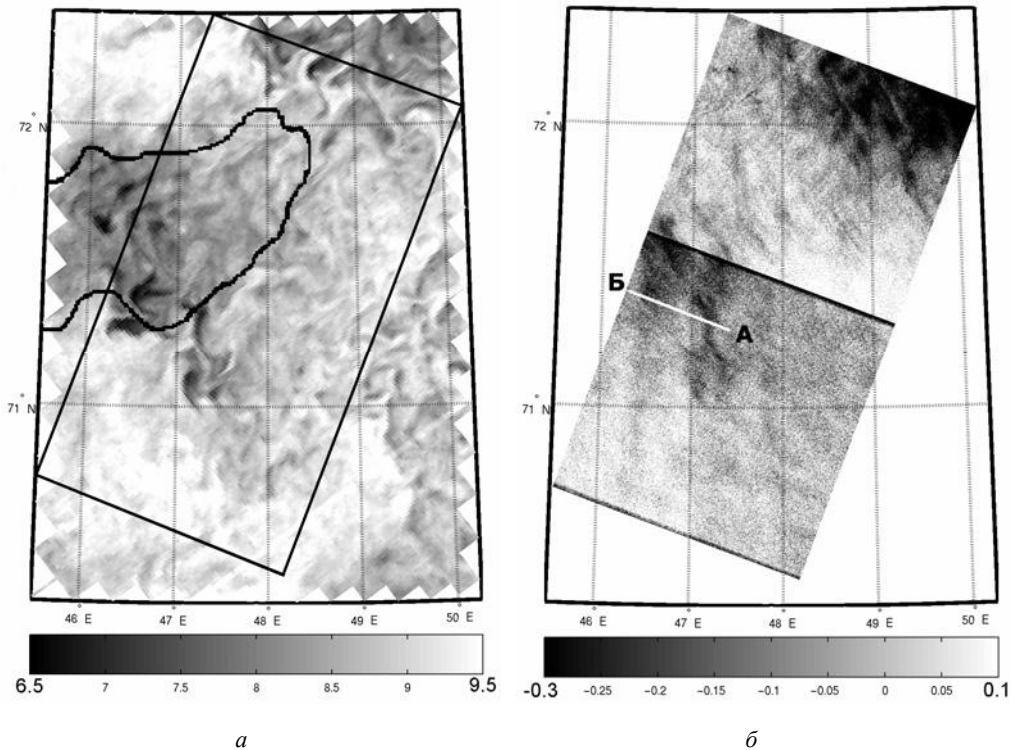


Рис. 2. Увеличенный фрагмент поля ТПМ (*a*) и совмещенные РЛ снимки (*б*)

Из рис. 2 видно, что РЛИ в основном покрывают центральную и восточную части Гусиной банки (см. рис. 1, *a*). Основной особенностью РЛ снимка на рис. 2, *б* является наличие двух темных участков пятнистой структуры в центральной и верхней частях изображения. Отмеченные темные участки соответствуют положению относительно холодных субмезомасштабных вихревых образований над мелководьем Гусиной банкой и ее южным и северным склонами. При этом наиболее высокие РЛ контрасты соответствуют более высоким перепадам в поле ТПМ, а минимальные значения ТПМ соответствуют наиболее темным участкам в РЛ снимке. Общая взаимосвязь между полями ТПМ и УЭПР (в дБ)

радиосигнала, представленных на рис. 2, проиллюстрирована диаграммой рассеяния на рис. 3.

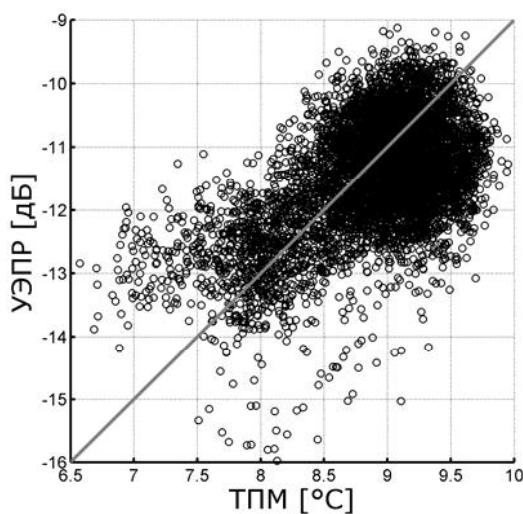


Рис. 3. Диаграмма рассеяния величин ТПМ и УЭПР для спутниковых снимков, показанных на рис. 2

Из рис. 3 отчетливо видно, что между указанными параметрами существует линейная связь, коэффициент корреляции между ними составил $R = 0,53$. В то же время значительный разброс точек на диаграмме рассеяния свидетельствует о влиянии на УЭПР неоднородностей в поле приводного ветра, связанных с естественной изменчивостью атмосферы [3].

Таким образом, предварительный анализ ИК и РЛ снимков позволяет заключить, что области пониженного РЛ рассеяния в данном случае являются проявлением холодного морского фронта. Более детальный анализ РЛ изображений представлен ниже.

2. Анализ проявлений термического фронта в РЛ снимках морской поверхности

В данном разделе проанализируем показанные на рис. 2 РЛ проявления холодного фронта на основе модельного блока – модели трансформации АПС над неоднородностями поля поверхностной температуры, определяющей изменения приводного ветра над фронтом, и эмпирической модели СМ0D4, связывающей величину обратного рассеяния РЛ сигнала со скоростью приводного ветра.

2.1. Краткое описание модели трансформации АПС над фронтом

Изменения поля ТПМ через фронт могут оказывать влияние на условия стратификации приводного слоя атмосферы и, следовательно, скорость приводного ветра и поверхностные ветровые напряжения [8]. Последние определяют форму спектра коротких ветровых волн, а следовательно, и величину обратного

рассеяния радиосигнала. Как было показано в [5, 6, 8, 11], увеличение уровня обратного рассеяния обычно происходит на теплой стороне фронта, а его снижение – на холодной.

Для оценки влияния трансформации АПС над температурным фронтом на обратное рассеяние радиосигнала, мы будем предполагать, что: 1) масштаб пространственных изменений скорости геострофического ветра и температуры свободной атмосферы на высоте около 1 км намного превосходит пространственные масштабы фронта и 2) вертикальная структура АПС над фронтом близка к равновесному состоянию. Последнее предполагает, что мы игнорируем стадию приспособления АПС к “новой” ТПМ на подветренной стороне фронта и принимаем, что в каждой точке фронта АПС локально адаптирован к значениям ТПМ во фронте.

В этом случае для планетарного погранслоя закон сопротивления, связывающий динамическую скорость у поверхности воды со скоростью геострофического ветра и параметром стратификации, имеет вид:

$$\frac{\kappa \mathbf{G}}{u_*} = \ln \left(\frac{z}{z_0} \right) - B(\mu) \quad (2.1)$$

\mathbf{u}_*

где $\kappa = 0,4$ – постоянная Кармана; μ – параметр стратификации; f – параметр Кориолиса; $\mathbf{G} = G \exp(i\phi_g)$ – комплексная скорость геострофического ветра с направлением ϕ_g ; $\mathbf{u}_* = u_* \exp(i\phi_w)$ – комплексная скорость трения у морской поверхности; ϕ_w – направление приводного ветра; $A(\cdot)$ и $B(\cdot)$ – некоторые универсальные безразмерные функции для планетарного АПС; z_0 – параметр шероховатости, являющийся суммой параметра шероховатости для гидродинамически гладкой и шероховатой поверхностей [9]:

$$z_0 = 0,1 \frac{v}{u_*} + \frac{g}{f} \frac{u_*^2}{0,015 u_*^3} \quad (2.2)$$

где ν – кинематический коэффициент вязкости воздуха; g – ускорение свободного падения. Для практических приложений параметр стратификации μ – может быть оценен как:

$$\mu = \frac{g T_\kappa (\theta_a - \theta_s)}{f G} \quad (2.3)$$

где θ_a – потенциальная температура на верхней границе планетарного АПС; θ_s – температура поверхности моря; $(g T_\kappa)$ – параметр плавучести; $T_\kappa = 300$ К – средняя температура АПС.

В данной работе вид универсальных функций $A(\cdot)$ и $B(\cdot)$ определен на основе двухслойной модели планетарного погранслоя, предложенной в [7]. Определяя скорость трения из закона сопротивления (3.1), выражение для скорости

сти ветра U_{10} на высоте 10 м (которая далее используется нами в качестве входного параметра для расчета обратного рассеяния радиосигнала по модели CMOD4) имеет вид:

$$U = \frac{z}{\kappa \cdot \ln(10/z_0)} \cdot u_{10} \quad (2.4)$$

Таким образом, соотношения (2.1) и (2.4) определяют динамическую скорость и скорость ветра на заданном горизонте для заданных параметров свободной атмосферы (G and θ_a) и изменяющейся в пространстве ТПМ θ_s .

Процедура модельных расчетов была организована следующим образом:

- Для начала определяем среднюю фоновую скорость и направление ветра U_{10} на наветренной части фронта по данным скаттерометра QuikSCAT или РСА-снимку.

- Далее используем эту скорость ветра для расчета динамической скорости $u_z = C U_{10} \sqrt{\frac{z}{z_0} / \ln(10/z)}$, где коэффициент сопротивления определен как

$$C_d = \kappa$$

- Поле геострофического ветра находится из закона сопротивления (2.1), где потенциальная температура на верхней границе планетарного погранслоя θ_a предполагается равной средней температуре морской поверхности на наветренной части фронта θ_s , то есть предполагается, что стратификация АПС близка к нейтральной.

- Далее значения геострофического ветра и температуры воздуха θ_a , а также вариации ТПМ $\theta_s(x)$ через фронт, например, вдоль сечения А-Б (рис. 2, б) используются в качестве входных параметров для расчета поля динамической скорости $u_*(x)$ на основе уравнений (2.1) и (2.3).

В итоге на основе соотношения (2.4) рассчитывается скорость ветра на высоте 10 м, которая далее используется для расчета обратного рассеяния радиосигнала на основе модели СМОД4.

2.2. Результаты наблюдения термического фронта в РЛИ

На рис. 4 показаны изменения ТПМ и РЛ сигнала вдоль сечения А-Б, проведенного вдоль направления ветра (ЮВ) и отмеченного белой линией на рис. 2, б. Перепад температуры через фронт составил 1,5–2 °С. Наблюдаемое изменение РЛ сигнала $\Delta\sigma^0 = \sigma^0 - \sigma^0$ (дБ), соответствующее этому перепаду ТПМ, составило 1–1,3 дБ. Согласно данным скаттерометра QuikSCAT, поле приводного ветра в районе РЛ съемки характеризовалось скоростью ветра 4–5 м/с с меняющимся направлением ветра от восточного к южному. Для проведения модельных расчетов скорость ветра на наветренной стороне фронта была уточнена на основе модели СМОД4 и составила ~4,5 м/с.

На рис. 4, б приведены модельные значения величины $\Delta\sigma^0$ для реального распределения температуры воды (рис. 4, а), нейтральной стратификации ($\theta_a = \theta_s = 9$ °С) набегающего ветрового потока со скоростью $U_{10} = 4,5$ м/с и трех

значений направления ветра – В ($\alpha = 200^\circ$), ЮВ ($\alpha = 155^\circ$), Ю ($\alpha = 110^\circ$), где α – угол между направлением дальности радиолокатора и направлением ветра.

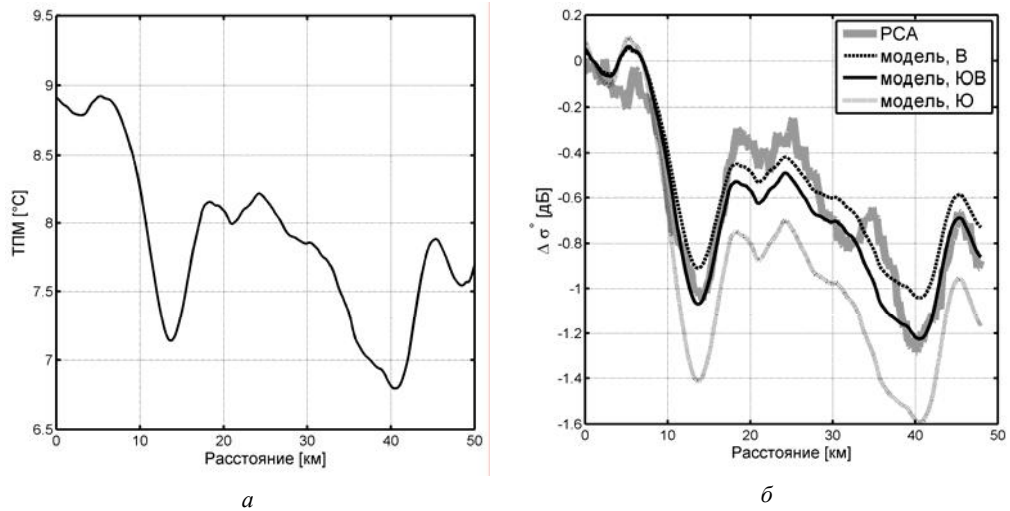


Рис. 4. Пространственные изменения вдоль сечения А-В, показанного на рис. 2, б:

а – поверхностной температуры, б – наблюдаемого контраста радиосигнала (серая жирная линия) и рассчитанного по модели для трех значений направления ветра на наветренной части фронта, В ($\alpha = 200^\circ$) – штриховая линия, ЮВ ($\alpha = 155^\circ$) – черная сплошная линия, Ю ($\alpha = 110^\circ$) – пунктир

Как видно, модельные расчеты согласуются с наблюдениями на качественном и количественном уровне, что позволяет сделать вывод об определяющем влиянии стратификации АПС на формирование РЛ проявлений температурного фронта. При этом величина модельного РЛ контраста при заданной скорости ветра существенно зависит от направления ветра относительно направления дальности радиолокатора. Так наилучшее соответствие между моделью и наблюдениями получено для ЮВ ветра. Отметим, что указанное направление было выбрано нами исходя из визуального анализа т.н. «ветровых полос» на РЛИ. В данном случае модель полностью воспроизводит наблюдаемое падение РЛ сигнала через фронт. Незначительные расхождения наблюдаются для подветренной части фронта. При неточном задании направления ветра модель качественно воспроизводит вариации РЛ сигнала через фронт, но может количественно недооценивать (для восточного ветра) или переоценивать (для южного ветра) величину РЛ контраста.

Теперь, используя тот же модельный блок, определим перепад ТПМ через фронт на основе РЛ снимка для условий, когда информация о поверхностной температуре отсутствует из-за облачности. На рис. 5 представлен фрагмент поля относительных РЛ контрастов K_{σ} РЛИ Envisat ASAR от 26 августа 2004 г. (17:43 UTC). Метеорологическая обстановка на момент РЛ съемки характеризовалась средней скоростью ветра 10 м/с северного направления. Основная осо-

бенность РЛ снимка – темные области пятнистой структуры, схожие по своему характеру с холодными циклоническим вихревыми образованиями, наблюдавшимися в поле ТПМ 9 июля 2004 г. на рис. 2, а.

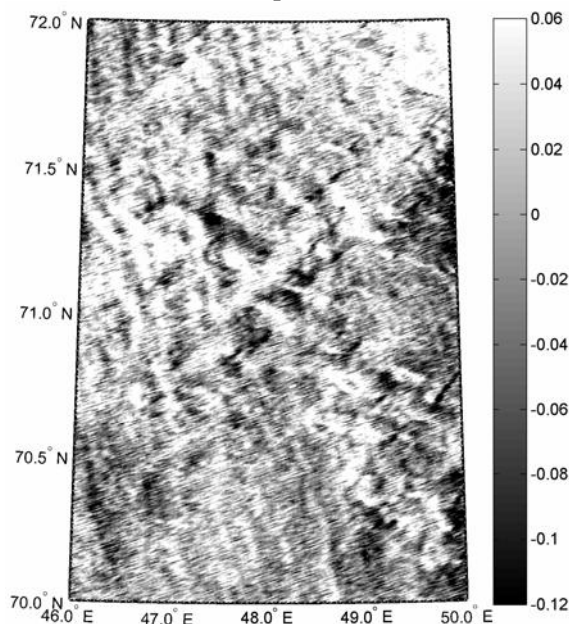


Рис. 5. Фрагмент РЛ снимка Envisat ASAR от 26 августа 2004 г. (17:43 UTC). ©ESA

Поскольку масштабы отмеченных в РЛИ неоднородностей (10–30 км) существенно меньше масштабов естественной изменчивости поля ветра, будем предполагать, что они связаны с выходом относительно холодных вод на поверхность. Средний РЛ контраст этих структур составил 0,5–1 дБ. Согласно модели при ветре 10 м/с северного направления и нейтральной стратификации набегающего ветрового потока указанная величина РЛ контраста достигается при изменении ТПМ через фронт на 1–3,5 °С. Данная оценка количественно согласуется с вариациями ТПМ в данном районе, например, вдоль сечения на рис. 4, а; судовыми наблюдениями за период 20–30 августа 2004 г. [4] и результатами численного моделирования [2] (здесь не приводятся).

Заключение

На основе совместного анализа спутниковых ИК и РЛ данных для района Гусиной банки Баренцева моря показано, что термические фронты могут эффективно наблюдаться в РЛ снимках морской поверхности. Холодные вихревые образования над мелководьем Гусиной банкой и ее южным и северным склонами проявляются в РЛ снимках в виде темных участков, связанных с пониженным уровнем обратного рассеяния радиосигнала. Этот эффект, по-видимому, связан с трансформацией АПС над холодным фронтом, когда стратификация

набегающего ветрового потока становится более устойчивой, что приводит к падению приводного ветра и обратного рассеяния РЛ сигнала.

Анализ РЛИ в рамках модели трансформации АПС над неоднородностями поля поверхностной температуры подтвердил высказанное предположение. Проведенные модельные расчеты для реального распределения поверхностной температуры показали качественное и количественное согласие с РЛ наблюдениями. При этом величина модельного РЛ контраста при заданной скорости ветра существенно зависела от направления ветра относительно направления дальности радиолокатора.

На основе использованного в работе модельного блока также проведена оценка изменений поверхностной температуры через фронт при отсутствии спутниковых данных о ТПМ из-за облачности. Модельные оценки величины перепада ТПМ через фронт количественно согласуются со спутниковыми наблюдениями в безоблачных условиях, а также судовыми измерениями и результатами численного моделирования. Таким образом, приведенный в работе подход к анализу спутниковых РЛ изображений может быть эффективно использован для наблюдения за термическими фронтами в море, определения их местоположения и величины перепада поверхностной температуры через фронт в условиях облачности.

Литература

1. *Аверкиев А.С., Густоев Д.В., Карнова И.П.* Гидрофизические структуры и биолого-промысловые скопления в Баренцевом море // Мат-лы Междунар. научно-технич. конф. «Актуальные проблемы освоения биологических ресурсов Мирового океана». – Владивосток: Дальрыбвтуз, 2010, с. 191-194.
2. *Аверкиев А.С., Клеванный К.А.* Моделирование течений в Баренцевом море в связи с освоением Штокмановского газоконденсатного месторождения // Метеорология и гидрология, 2010, № 11, с. 44-56.
3. *Кудрявцев В.Н., Малиновский В.В., Родин А.В.* Проявления температурных фронтов в радиолокационных изображениях океана // Исслед. Земли из космоса, 1999, № 6, с. 16-26.
4. Anon. Survey report from the joint Norwegian-Russian ecosystem survey in the Barents Sea August-October 2004 (vol. 1). IMR/PINRO Joint Report Series, No.3/2004. ISSN 1502-8828. 70, pp, 2004.
5. *Askari, F., Geernaert, G. L., Keller, W. C., et al.* Radar imaging of thermal fronts. Int. J. Remote Sens. 14, 275-294, 1993.
6. *Beal, R., Kudryavtsev, V., Thompson, D., et al.* The influence of the marine atmospheric boundary layer on ERS-1 synthetic aperture radar imagery of the Gulf Stream. J. Geophys. Res. 102(C3), 5799-5814, 1997.
7. *Brown, R.* On two layer models and the similarity functions for the PBL. Boundary Layer Meteorol. 24, 451-463, 1982.
8. *Kudryavtsev, V.N., Grodsky, S.A., Dulov, V.A. and Malinovsky, V.V.* Observations of atmospheric boundary layer evolution above the Gulf Stream frontal zone. Boundary-Layer Meteorol. 79, 51-82, 1996.
9. *Smith, S.D.* Coefficients for the sea surface wind stress, heat flux, and wind profiles as a function of wind speed and temperature. J. Geophys. Res. 93, 15467-15472, 1988.
10. *Stoffelen, A., Anderson, D.* Scatterometer data interpretation: Estimation and validation of the transfer function CMOD4. J. Geophys. Res. 102(C3), 5767-5780, 1997.
11. *Weissmann, D.E., Tompson, T. W., Legeckis, R.* Modulation of sea surface radar cross section by surface stress: wind speed and temperature effects across the Gulf Stream. J. Geophys. Res. 85(C9), 5032-5042, 1980.

Работа выполнена при поддержке Норвежского исследовательского совета в рамках проекта MAREBASE № ES4303333; Министерства образования и науки РФ в рамках стипендии Президента РФ для обучения за рубежом студентов и аспирантов российских вузов в 2010/2011 учебном году.

М.В. Ямковая

АНАЛИЗ РЕКРЕАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА МОРСКИХ ПОБЕРЕЖЬЯХ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

M.V. Yamkovaya

ANALYSIS OF RECREATIONAL ACTIVITIES ON THE SEA COASTS OF RUSSIAN FEDERATION

На основе методов геомаркетинга были произведены оценки туристско-рекреационной деятельности прибрежных зон, примыкающих к территории Российской Федерации, а также проанализированы конкурентные позиции четырех региональных направлений морской политики: Атлантическое, Каспийское, Арктическое, Тихоокеанское.

Ключевые слова: рекреационная деятельность, 4 региональных направления морской политики, методы геомаркетинга, конкурентная позиция, параметры, показатели, баллы.

On the basis of geomarketing methods tourist and recreational activities of coastal areas adjacent to the territory of the Russian Federation were calculated. Also the competitive positions of the four regional areas of maritime policy: Atlantic, Caspian, Arctic, Pacific were analyzed.

Key words: recreation, 4 regional areas of maritime policy, methods geomarketing, competitive position, parameters, indicators, marks.

Анализ современного состояния туризма в Российской Федерации показывает, что в последние годы, несмотря на глобальный экономический кризис, эта сфера в целом развивается стабильно и динамично. Отмечается ежегодный рост внутреннего туристского потока. Так, согласно статистическим данным органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации [1], внутренний туристический поток в 2009 г., составил 34,5 млн человек, что по сравнению с предыдущим годом больше на 1,4 млн человек (увеличение на 4,2 %). Лидером по числу туристских прибытий остается Южный Федеральний округ (16,2 млн человек в 2009 г., увеличение на 6,5 %), при этом более 80 % туристов приходится на Краснодарский край (13,1 млн чел. в 2009 г., увеличение на 2,5 %). Таким образом, несмотря на наблюдающуюся тенденцию к диверсификации рынка туристических услуг, в настоящее время наиболее развитым и экономически выгодным видом туристической деятельности на внутреннем рынке остается рекреационный туризм, связанный с использованием морских рекреационных ресурсов. Природно-ресурсный потенциал морей и природно-климатические условия их береговой зоны используются для санитарно-курортного лечения, отдыха и туризма. Рекреационные ресурсы морских побережий обладают целебными качествами климата (сочетание морского воздуха со степным, горным, лесным) имеют познавательное (природные и исторические памятники) и эстетическое значение (морские и приморские пейзажи). Таким образом, основу рекреационных ресурсов морского побережья составляют климат, ландшафт и

чистая морская вода.

В силу значительной широтной протяженности и географического положения территория Российской Федерации отличается значительным разнообразием климатических условий, а следовательно, различным уровнем привлекательности прибрежных зон морей России для развития рекреационной деятельности. Однако природные составляющие рекреационных ресурсов, такие как климатический фактор или ландшафтное разнообразие, являются далеко не единственными факторами, определяющими уровень привлекательности морских побережий для развития туристической деятельности. Перспективы развития прибрежной туристической деятельности во многом будут также зависеть от целого ряда факторов, связанных с социально-экономическими условиями, развитием инфраструктуры, транспортной доступностью и даже криминогенной ситуацией. Комплексный характер туристической деятельности требует использования интегрального подхода к управлению процессом ее развития. Одним из наиболее распространенных и апробированных методов является использование методологии, получившей название комплексное управление прибрежными зонами [2, 3].

Учитывая цели и задачи, принятой постановлением Правительства РФ Концепции долгосрочного социально экономического развития Российской Федерации до 2020 г. [4], ориентированной на диверсификацию и инновационное развитие национальной экономики, представляет интерес анализа перспектив развития туристической деятельности в прибрежных зонах различных морей России на основе оценки уровня привлекательности и конкурентоспособности туристической деятельности на различных региональных направлениях национальной морской политики [5]. В соответствии с Морской Доктриной РФ до 2020 г. [6] выделено четыре региональных направления морской политики, включающих различные моря, примыкающие к территории Российской Федерации, в прибрежной зоне которых расположены приморские субъекты РФ, в том числе:

1) Атлантическое направление (Краснодарский край, Ростовская область, Калининградская область, г. Санкт-Петербург, Ленинградская область),

2) Каспийское направление (Астраханская область, Республика Калмыкия, Республика Дагестан),

3) Арктическое направление (Мурманская область, Республика Карелия, Архангельская область),

4) Тихоокеанское направление (Сахалинская область, Приморский край, Камчатский край, Хабаровский край, Магаданская область, Чукотский АО).

В методическом отношении в основу анализа были положены идеи геомаркетинга. Методы геомаркетинга используются для изучения рынка рекреационных услуг (РРУ) в силу его специфики и особенностей спроса и предложения. Сущность геомаркетингового исследования заключается в выявлении тенденций и закономерностей развития и функционирования разных типов территории-

альных рынков с использованием методов экономических, географических и социологических наук, в совокупности представляющие специфический метод геомаркетингового анализа [7].

Оценка рекреационных территорий-конкурентов производится по группам параметров, характеризующих особенности конкретного рекреационного рынка: физико-географические, социально-экономические и политические, а также параметры, непосредственно не относящихся к оценке рекреационной деятельности на изучаемой территории, но оказывающие положительное или отрицательное влияние на ее функционирование. К числу последних можно отнести такие как показатели эколого-санитарного состояния, криминогенной ситуации и др. Для возможности проведения комплексного анализа была использована идея сжатия информации [2], при которой группа параметров объединяется в один комплексный показатель. Всего при исследованиях было использовано 11 показателей, оказывающих, по мнению авторов, наибольшее влияние на перспективы развития прибрежной туристической деятельности. Перечень показателей и входящих в них параметров представлен в табл. 1.

Физико-географические параметры охватывают климатическую, ландшафтную и медико-биологическую характеристику рекреационной территории. Климатическая характеристика предусматривает оценку климатических и погодных условий в пределах рекреационной территории в различные сезоны года с использованием таких показателей, как температура воздуха и воды, влажность воздуха, индекс душности, количество дней с осадками и ветром более 7 баллов, суммарная солнечная радиация, состояние прибрежных акваторий, состояние атмосферного воздуха. Характеристика рельефа содержит оценку типов курортных местностей и степень пейзажного разнообразия ландшафтов.

Медико-биологическая характеристика предполагает анализ климато-рекреационной деятельности в соответствии с тепловыми режимами по сезонам года. Она основана на определении возможностей проведения основных видов рекреации (активной и пассивной) и их ограничений. Обычно выделяют семь тепловых режимов: комфортный, прохладный и жаркий субкомфортный, холодный и жаркий дискомфортный, очень холодный и очень жаркий дискомфортный.

К социально-экономическим показателям относится оценка рекреационной территории по следующим параметрам: обустроенность пляжей, количество турфирм, учебные заведения в сфере туризма, транспортная доступность, уровень развития туристической индустрии, трудовые ресурсы, потенциал, предприятия питания, состояние дорог и т.д.

Уровень развития рекреационной отрасли в регионе характеризовался следующими параметрами: доля валового рекреационного продукта в ВРП; цены на рекреационные услуги; уровень экономического развития территории; денежные доходы на душу населения; уровень инвестиционной привлекательности.

Таблица 1

Распределение параметров рекреационных территорий по группам показателей

Название показателей	Параметры
1. Степень комфортности климата	Тепловой режим воздуха (по сезонам года) Температура воды (купальный сезон) Влажность воздуха, осадки Суммарная солнечная радиация
2. Степень пейзажного разнообразия	Типы курортных местностей, степень пейзажного разнообразия
3. Рекреационный потенциал	Флора и фауна Туристические маршруты, количество историко-культурных объектов Запасы бальнеологических, грязевых и минеральных ресурсов Проекты, направленные на развитие туризма Факторы, снижающие потенциал
4. Трудоресурсный потенциал	Учебные заведения в сфере туризма Трудоресурсный потенциал Количество турфирм
5. Общее количество отдохнувших	Туристическая пропускная способность
6. Уровень развития рекреационной инфраструктуры и МТБ (материально-техническая база туризма)	Обустроенность пляжей Предприятия питания Объекты размещения Спортивные сооружения и объекты Уровень развития индустрии развлечений Транспортная доступность Состояние дорог Плотность транспортной сети
7. Экономическая эффективность рекреационной деятельности	Доля валового рекреационного продукта в ВРП Доля инвестиций в развитие рекреации
8. Уровень цен на рекреационные услуги	Цены на рекреационные услуги
9. Экономическое развитие	Уровень экономического развития территории Денежные доходы на душу населения Стоимость фиксированного набора товаров и услуг Уровень инвестиционной привлекательности
10. Эколого-санитарное состояние	Состояние прибрежных акваторий Состояние атмосферного воздуха
11. Криминогенная ситуация	Число преступлений на 100 тыс. чел.

Так как показатель, как правило, включает несколько параметров, которые трудно прямо сопоставить друг с другом, использовался метод балльной оценки. Механизм перевода частных значений параметров из натуральных в балльные для различных групп параметров различен. Для физико-географических параметров были использованы специально разработанные шкалы. При оценке рельефа рекреационных территорий используется показатель степени пейзажного разнообразия. Данный показатель оценивается с использованием эталонного метода Ю.А. Веденина и Н.Т. Филипповича [7] Сущность его заключается в сравнении оцениваемого ландшафта с общепризнанным эталоном.

Для оценки социально-экономических параметров использовался метод первичных показателей. При этом для каждого показателя Φ в пределах совокупности сравниваемых территорий-конкурентов определяют максимальное (Φ_{\max}) и минимальное (Φ_{\min}) значения. Разность $\Phi_{\max} - \Phi_{\min}$ представляет собой диапазон изменения значений данного параметра. Он разбивается на 10 интервалов (i). Каждому из интервалов присваивается балл от 1 до 10 в соответствии с расчетной шкалой. Параметры, не содержащие цифровых показателей, оценивались методом экспертных оценок [8].

Представление параметров в виде балльных оценок позволяет получить значение для оценки показателя, который находился как среднеарифметическое сумм значений параметров, входящих в данный показатель. Комплексный показатель, характеризующий рейтинг исследуемой территории конкурента, определялся как среднеарифметическая сумма баллов по каждой группе показателей. Итоговые результаты оценки показателей, влияющих на развитие туристической деятельности на каждом региональном направлении, представлены в табл. 2. Чем более он приближен к 10 баллам, тем выше конкурентоспособность территории на рынке рекреационных услуг. Минимальные (близкие к единице) значения свидетельствуют о наличии проблем, препятствующих развитию туристической деятельности.

Таблица 2

Оценки показателей, характеризующих потенциал развития туристической деятельности в прибрежных зонах морей России на различных региональных направлениях национальной морской политики

Название показателей	Рекреационные направления			
	Тихоокеанское	Атлантическое	Арктическое	Каспийское
Физико-географические показатели				
1. Степень комфортности климата	5,1	6,4	3,5	6
2. Степень пейзажного разнообразия	8,4	8,3	8	7
3. Эколого-санитарное состояние	7,9	4,6	4,8	7,8
Социально-экономические и политические показатели				
4. Уровень развития рекреационной инфраструктуры и МТБ (материально-техническая база туризма)	4,2	8,2	5,2	5,2
5. Криминогенная ситуация	2,2	4,8	10	5,3
6. Рекреационный потенциал	5,2	7	8,4	5,6
7. Трудоресурсный потенциал	5,5	6,1	5	2,4
8. Общее количество отдохнувших	3,6	8,3	5,7	2
9. Экономическое развитие	5,3	6,5	4,2	5,7
10. Экономическая эффективность рекреационной деятельности	4,2	5,5	5	4,3
11. Уровень цен на рекреационные услуги	7,8	9	8,7	9,7
Интегральный показатель	5,4	6,8	6,2	5,6

Оценка конкурентных позиций территории на РПУ выражена графически при помощи модификации известного методического приема – многоугольника

конкурентоспособности. Такой многоугольник представляет собой результат балльной оценки показателей, наиболее значимых для исследования. В результате нанесения соответствующих каждому показателю баллов на векторы после соединения их образуется фигура многоугольника. За «идеальную» конкурентоспособную территорию принимается фигура с баллами 10 по всем показателям, т.е. правильный многоугольник максимально возможной площади. Результаты оценки конкурентоспособности развития туристической деятельности на различных региональных направлениях представлены на рис. 1. Многоугольник конкурентоспособности является основой для составления оценочной карты, характеризующей конкурентные позиции территории на РРУ. Основными его достоинствами являются территориальность, наглядность, возможность выделить сильные и слабые стороны конкурентов.

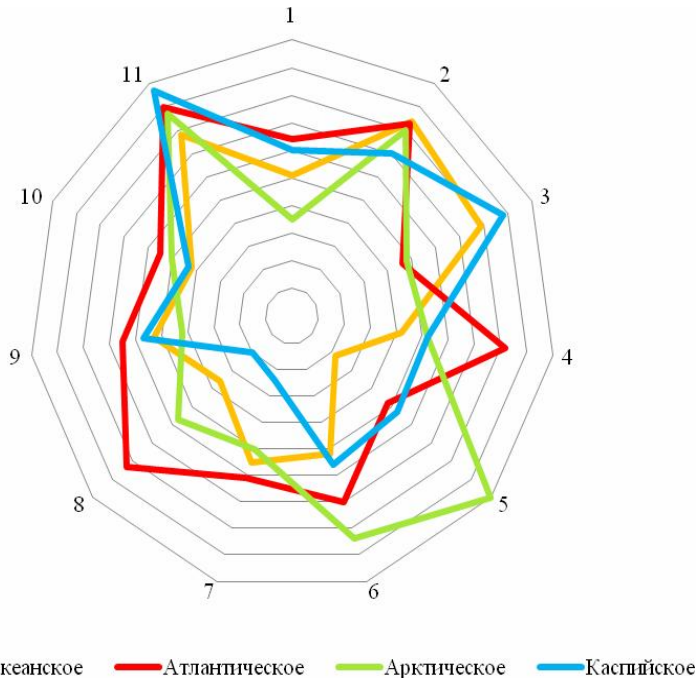


Рис. 1. Многоугольник конкурентоспособности морских туристических направлений: 1 – степень комфортности климата; 2 – степень пейзажного разнообразия; 3 – эколого-санитарное состояние; 4 – уровень развития рекреационной инфраструктуры и МТБ; 5 – криминогенная ситуация; 6 – рекреационный потенциал; 7 – трудоресурсный потенциал, 8 – общее количество отдохнувших; 9 – экономическое развитие; 10 – экономическая эффективность рекреационной деятельности; 11 – цены на рекреационные услуги

Полученные оценки показателей, влияющих на развитие прибрежной туристической деятельности на различных региональных направлениях, показали, что лидирующие позиции занимает Атлантическое региональное направление (Краснодарский край, Ростовская область, Калининградская область, Ленин-

градская область). Это означает, что данные приморские регионы являются наиболее привлекательными для развития туристической рекреационной деятельности. Высокая конкурентоспособность этого направления определяется, прежде всего, климатическими условиями (без учета Балтики, только для Краснодарского края показатель степени комфортности климата был бы еще выше), высоким уровнем общего экономического развития, наличием рекреационной инфраструктуры и необходимых трудовых ресурсов. Среди проблем, мешающих развитию прибрежной рекреационной деятельности, можно отметить достаточно низкий уровень эколого-санитарного состояния, как на суше, так и на морской акватории. Кроме этого, прибрежные зоны Краснодарского края, Ростовской, Калининградской и Ленинградской областей характеризуются неудовлетворительной криминогенной обстановкой, что является «обратной стороной медали», связанной с экономическим развитием территорий и высокой плотностью населения.

В настоящий момент курортно-рекреационный комплекс юго-западных территорий, как уже отмечалось, обеспечивает потребности более 1/3 внутреннего туристического потока и имеет наиболее развитую инфраструктуру. При этом наиболее развиты такие виды туризма как оздоровительный («пляжный»), познавательный (экскурсионный), этнический, спортивный, бизнес-туризм, конгресс-туризм и экстремальный. Для дальнейшего увеличения туристического спроса на курорты Черноморского побережья России необходимо развивать альтернативные и инновационные туристические направления, усиливать моменты узнаваемости территории, формировать собственный имидж.

Несомненно, что важный вклад в развитие туристического сектора в этом регионе должно оказать проведение Зимних Олимпийских игр 2014 г. и позиционирование Большого Сочи как курорта международного уровня. В то же время при дальнейшем развитии приморских регионов, относящихся к Атлантическому региональному направлению необходимо учитывать наличие существующих экологических проблем, выстраивать и осуществлять дальнейшую программу туристско-рекреационного комплекса с учетом возобновления и сохранения природных рекреационных ресурсов.

Если высокая конкурентоспособность черноморских и балтийских курортов, в принципе, достаточно очевидна, то интересным представляется тот факт, что на основе выполненной комплексной оценки вторым наиболее перспективным региональным направлением для развития туризма является Арктическое региональное направление (Мурманская область, Республика Карелия, Архангельская область). Перспективность развития туристической деятельности в этих приморских субъектах РФ связана с их высоким рекреационным потенциалом, благоприятной криминогенной ситуацией, эстетической ценностью северных ландшафтов и пейзажей. Факторами, затрудняющими развитие рекреационного туризма являются низкая степень комфортности климата, слабо развитая инфраструктура, плохая транспортная доступность. Направления раз-

вития туризма могут быть связаны преимущественно с использованием культурных и исторических достояний, природных объектов и памятников, а также спортивно-рекреационных ресурсов. Перспективным также может стать развитие экологического и экстремального туризма.

Третье место в рейтинге показателей развития внутреннего туризма занимает *Каспийское* направление (Астраханская область, Республика Калмыкия, Республика Дагестан). Самые высокие баллы имеют следующие показатели: эколого-санитарное состояние и уровень цен на рекреационные услуги. Низкие баллы у параметров: степень пейзажного разнообразия, трудоресурсный потенциал, экономическая эффективность рекреационной деятельности. Слабое внимание к развитию туристической деятельности и низкий уровень инвестирования в отрасль привели к тому, что прикаспийские регионы в сравнении с другими региональными направлениями характеризуются самым низким уровнем посещаемости туристами и отдыхающими. Более детальный анализ показал, что если в Астраханской области состояние развития туристической и рекреационной деятельности можно оценить как удовлетворительное, то в республиках Калмыкия и Дагестан, несмотря на благоприятные природно-климатические условия, рекреационная сфера практически не развита. Самыми развитыми видами туризма в Прикаспийском регионе являются охота, рыбалка, историко-культурный, оздоровительный («пляжный») и деловой туризм.

Самое отстающее туристическое направление – *Тихоокеанское* (Сахалинская область, Приморский край, Камчатский край, Хабаровский край, Магаданская область). Самые высокие баллы у двух показателей: степень пейзажного разнообразия и эколого-санитарное состояние. Природа Дальнего Востока является уникальной и характеризуется самым большим ландшафтным разнообразием. В то же время данное направление отличает наибольшее число показателей с самыми низкими оценками, к числу которых следует отнести: уровень развития рекреационной и транспортной инфраструктуры, криминогенную ситуацию, низкий уровень общего экономического развития, уровень цен на рекреационные услуги. Необходимо отметить, что сильная отдаленность от центральной части России и большая вероятность неблагоприятных погодных условий во многом определяют низкий уровень транспортной доступности, особенно для таких потенциально привлекательных для туризма районов как Камчатка и Курильские острова. Важным фактором, сдерживающим развитие туристической деятельности в регионе Дальнего Востока, является высокая стоимость проезда и доставки туристов в места их размещения. Стоимость авиабилета для перелета из Европейской части России на Дальний Восток, как правило, превышает стоимость перелета в популярные Европейские и Ближневосточные туристические зоны (Испания, Италия, Турция, Египет). Кроме того, российские авиакомпании, обслуживающие внутренние авиалинии, как правило, не используют системы скидок (например, тарифы АРЕХ, РЕХ и др.), практикуемые в различных зарубежных авиакомпаниях. Льготы на билеты предоставля-

ются только жителям Дальнего Востока. Выходом из такой ситуации могла бы стать организация туристических чартерных рейсов. В качестве идеи можно предложить создание специальных туристических поездов, имеющих непродолжительные экскурсионные остановки по пути следования в пунктах, расположенных вдоль Транссибирской магистрали и недельное пребывание в одном из прибрежных пансионатов дальневосточного побережья. Например, посещение о. Байкал (пос. Слюдянка) могло бы стать «жемчужиной» такого путешествия.

Самым большим рекреационным потенциалом на данном направлении обладает южная часть Приморского края, сочетающая в себе как благоприятные климатические условия, высокое пейзажное разнообразие, так и множество рекреационных ресурсов. Наиболее развитые виды туризма: спортивный, охотничий, рыбалка, дайвинг, оздоровительный (санаторно-курортный), экологический.

Таким образом, туристическо-рекреационная сфера деятельности России имеет значительный неиспользованный потенциал для своего развития. Разнообразие природных комплексов, возможности развития самых разнообразных видов туристической деятельности позволяют сделать туризм в России одной из ведущих отраслей экономики.

Сегодня государственными структурами разрабатываются планы развития рекреационных зон. Наиболее перспективными с точки зрения развития рекреации являются приморские регионы, располагающие, как минимум тремя основными компонентами, определяющими потенциал развития: мультиформатностью (наличием потенциала для нескольких видов туризма). И как выяснилось, что аналитические исследования показали, что наиболее перспективными зонами для развития рекреации являются: Краснодарский край, Ростовская область, Калининградская область, Ленинградская область, Астраханская область, Республика Дагестан, Республика Карелия, Архангельская область, Приморский край. Главной целью государственной политики в области туризма является создание в Российской Федерации современного высокоэффективного и конкурентоспособного туристического комплекса, обеспечивающего широкие возможности для удовлетворения потребностей российских и иностранных граждан в разнообразных туристических услугах. Туризм должен занять прочное место в списке основных приоритетов экономического развития России. Изменения, происходящие в системе мирового хозяйства, и их воздействие на отечественную экономику делают постановку такой задачи не только возможной, но и необходимой.

Материалы, представленные в статье, основаны на исследованиях, выполненных в рамках ФЦП «Мировой океан» по теме «Разработка предложений по направлениям развития морских побережий России, обеспечивающих сохранение, реабилитацию и устойчивое использование их ресурсов, и пилотная апробация этих предложений на примере Калининградской области» в рамках ФЦП «Мировой океан» (государственный контракт № 1903-09).

Литература

1. Статистические данные, сайт Министерство Регионального развития РФ – <http://www.minregion.ru>. Дата обращения: 19.09.2009.
2. Плинк Н.Л., Гозобиридзе Г.Г. Политика действий в прибрежной зоне. – СПб.: РГГМУ, 2003. – 266 с.
3. Coastal and Ocean Management: Concepts and Practices. By Biliana Cicin-Sain and Robert W. Knecht. Island Press, 1997, p. 39.
4. Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года» утверждена распоряжением Председателя Правительства РФ от 17 ноября 2008 г., № 1662-р.
5. Стратегия развития морской деятельности Российской Федерации до 2020 года и не более отдаленную перспективу (проект) – [электронный ресурс]. Режим доступа: www.moskayakolltgia.ru-sobitvia-meropriyatia_pod_edidoj_MK-20090717103332-1587.doc.url.
6. «Морская доктрина Российской Федерации на период до 2020 года», утверждена Президентом Российской Федерации 27.07.01, Пр-1387.
7. Стачкова Н.В. Этапы и механизм оценки конкурентоспособности региональных рынков рекреационных услуг. http://www.nbu.gov.ua/Articles/KultNar/knp45/knp45_79-84.pdf. Дата обращения: 28.10.2009 г.
8. Использование метода экспертной оценки для определения целесообразности развития инфраструктуры туристического региона – <http://izvestia.isea.ru/pdf.asp?id=4847>. Дата обращения: 30.11.2009 г.

O.V. Волнина

**ОЦЕНКА ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ
В РАЙОНАХ ПОДВОДНЫХ ОТВАЛОВ ГРУНТА
В ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ФИНСКОГО ЗАЛИВА**

O.V. Volnina

**ESTIMATION OF THE GEOECOLOGICAL SITUATION
IN THE UNDERWATER SOILS DUMPING AREAS
IN THE EASTERN GULF OF FINLAND**

Проведена оценка геоэкологической ситуации в районах подводных отвалов грунта в восточной части Финского залива. Выявлены изменения экосистем прибрежной зоны под воздействием сброса в открытые отвалы грунта, извлеченного при дноуглублении. Показано, что воздействия подводных отвалов грунта на геоэкологическую ситуацию весьма значительны, распространяются за пределами отвалов вплоть до берега.

Ключевые слова: геоэкологическая ситуация, прибрежные экосистемы, перемещение и отвал грунта, подводные отвалы грунта, экологическая уязвимость, индекс состояния биоты.

Estimation of the geoeological situation in the Eastern Gulf of Finland was made. The changes in the coastal ecosystems under the influence of the underwater soils dumping were shown. It is shown that the impact of the underwater soils dumping is significant and reaches across its bounds to the shore zone.

Key words: geoeological situation, coastal ecosystems, moving and dumping of the soil, ecological vulnerability, underwater soils dumping area, biota state index.

Введение

Финский залив является важной составляющей частью инфраструктуры Санкт-Петербурга, обеспечивая потребности города в транспортных, рекреационных, рыбохозяйственных и энергетических ресурсах.

Подводные отвалы грунта (ПОГ) в восточной части Финского залива являются следствием развития инфраструктуры Санкт-Петербурга и формирования намывных территорий в черте города. Основным источником грунтов, подлежащих складированию в ПОГ восточной части Финского залива – это дноуглубительные и берегонамывные работы (ДБР).

Проекты, связанные с ДБР, представляют собой ряд последовательных действий: изъятие (выемка) донных отложений и грунта со дна водоема, перемещение изъятых материалов в пространстве (подъем со дна, перемещение до

дальнейшего обращения), его обработка и размещение (складирование) на новом месте (рис. 1).

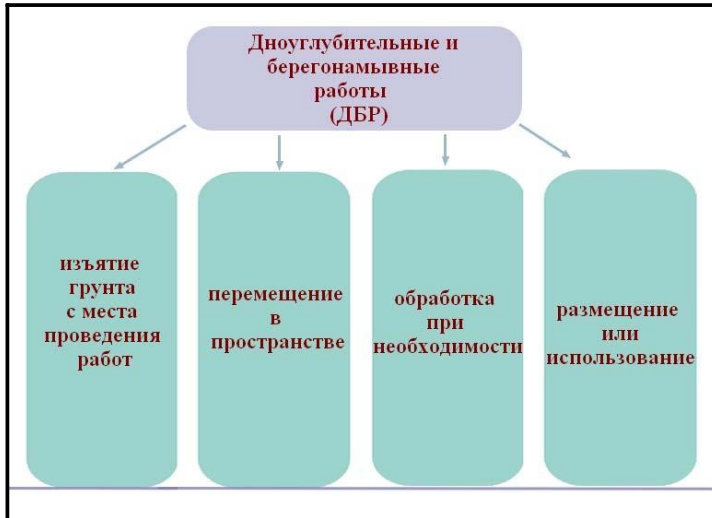


Рис. 1. Компоненты (этапы) дноуглубительных и берегонамывных работ (ДБР)

Заключительный этап любых ДБР – размещение или использование грунта – играет важную заключительную роль. От успешности его осуществления зависит конечная успешность всего проекта. При этом наиболее существенные негативные воздействия ДБР, включая снижение рекреационной значимости прибрежно-морской зоны для горожан, наблюдаются именно на этапе размещения изъятых и непригодных для дальнейшего использования грунта в ПОГ [7, 10, 4]. Это говорит о необходимости оценки экологических эффектов от сброса извлеченного грунта в ПОГ и их влияния на формирование общей геоэкологической ситуации в районе проведения ДБР и размещения отвалов.

Существуют различные варианты обращения, которые могут быть применены для извлечённых грунтов (рис. 2).

Использование или размещение могут быть осуществлены в двух основных видах: в воде или на суше, причем в обоих случаях размещение грунта может быть изолированным или не изолированным. Под использованием извлечённого материала понимается любое использование извлечённых отложений в качестве ресурса, например, для создания новых участков суши - намывных территорий. Обработка извлеченного грунта (например, в целях снижения его загрязненности) может применяться в сочетании с любым вариантом обращения.

ПОГ восточной части Финского залива представляют собой неизолированные подводные насыпи в основном чистого или слабозагрязненного грунта. В настоящее время в этом районе функционируют шесть официальных подводных отвалов (рис. 3).

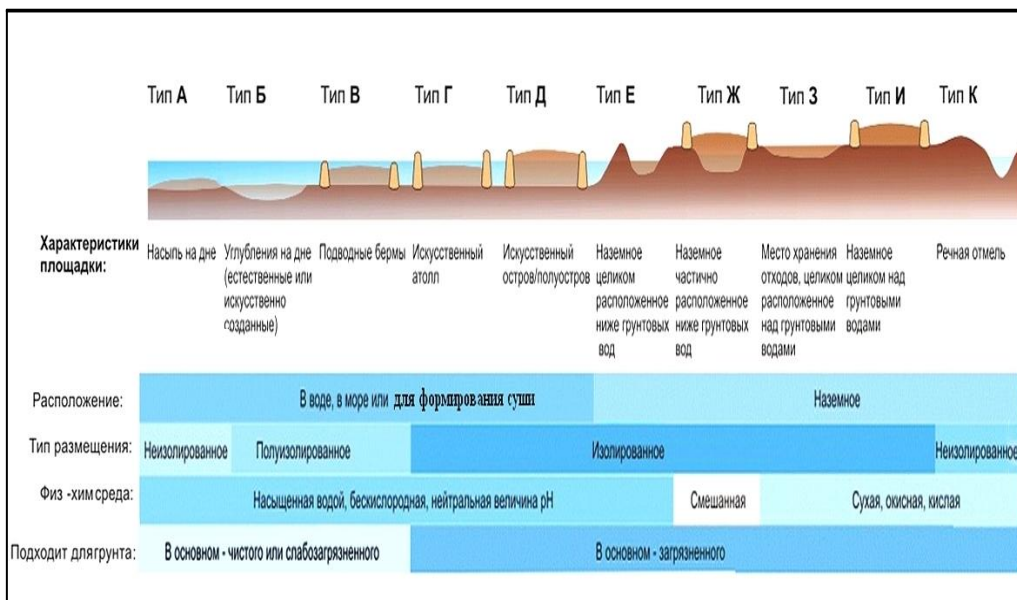


Рис. 2. Варианты размещения извлеченного грунта

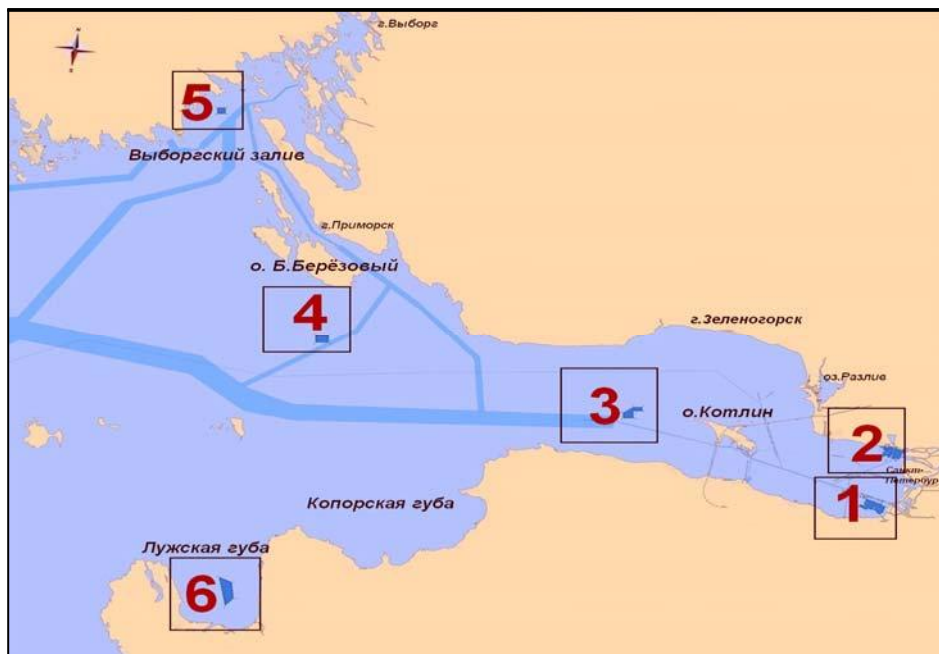


Рис. 3. Схема расположения подводных отвалов грунта в восточной части Финского залива:
 1 – район Южной Лахты; 2 – район Северной Лахты; 3 – район маяка Толбухин;
 4 – район южнее острова Большой Березовый; 5 – район на выходе из Выборгского залива;
 6 – район в центральной части Лужской губы

Интенсивность сброса грунта, извлекаемого при осуществлении ДБР, в ПОГ восточной части Финского залива крайне неравномерна по годам. При переполнении ПОГ появляется высокая вероятность возникновения аварийных ситуаций для судоходства. Отмечен также ряд негативных воздействий на водные экосистемы Финского залива, связанных с трансформацией донных биологических сообществ и последующим увеличением количества взвеси в воде [9, 11, 16]. Таким образом, районы ПОГ могут стать источником экологических рисков и нуждаются в регулярном контроле за их эксплуатацией, мониторинге и оценке геоэкологической ситуации.

Материал и методы

Под геоэкологической ситуацией понимаются различные противоречивые сочетания факторов природной или антропогенно-трансформированной окружающей среды, обуславливающие ее состояние, важные для здоровья, условий жизни и деятельности человека и сохранения видового разнообразия биологических сообществ. Геоэкологический подход к оценке ситуации исходит из общего понимания геоэкологии как междисциплинарного направления, всесторонне рассматривающего взаимодействие социума и окружающей среды в различных масштабах [8]. Основным содержанием такой оценки является покомпонентное, комплексное физико-географическое районирование свойств геоэкосистем, зонирование территорий и акваторий по величине показателей состояния среды и биоты, выявление условий рационального использования, охраны и улучшения природной среды, а также выявление степени антропогенной (техногенной) трансформации геоэкосистем на основе анализа данных, определяющих развитие данной системы. Такое зонирование проводится на основе данных мониторинга компонентов, отражающих состояние геоэкосистемы.

На основе многолетних наблюдений за геоэкосистемой восточной части Финского залива [2, 3, 15, 10, 9] в качестве критериев для выбора объектов мониторинга выделены следующие:

- доступность для наблюдений;
- стабильность регистрируемых характеристик во времени;
- невысокая стоимость методов получения информации;
- возможность получить данные в объеме, необходимом для их математической обработки и оценки выбранных показателей с известной (желательно достаточно высокой) точностью;
- возможность возвращения организмов в естественную среду после окончания аналитических процедур.

В районе исследований данным критериям в наибольшей степени отвечают донные сообщества бентосных гидробионтов и прибрежных макрофитов [16, 11].

В соответствии с комплексным подходом, оценка геоэкологической ситуации в районе исследований проведена по трем группам характеристик:

- абиотические характеристики (заполненность ПОГ, общие гидрометеорологические условия);

- биотические характеристики (индекссостояния биоты ИСБ, экологическая уязвимость береговой зоны к отвалу грунта и увеличению мутности);
- социально-экономические изменения (рекреационный потенциал).

Для проведения оценки состояния гидробиологических сообществ районов ПОГ использованы данные научно-исследовательских экспедиций РГГМУ 2008, 2009 и 2010 гг. Сбор данных осуществлялся в весенне-летний и осенний периоды в связи с тем, что в этот же (безлёдный) период времени года обычно осуществляется отвал грунта и, следовательно, в это же время происходит основное воздействие на геоэкологическую ситуацию районов ПОГ.

Для оценки экологической ситуации в районах ПОГ проведена индексация состояния биоты с помощью индекса состояния биоты ИСБ [11], рассчитанного по формуле:

$$I = \frac{N_{\text{отв}}}{N_{\text{исх}}} 100\%,$$

где I – индекс состояния биоты ИСБ; $N_{\text{отв}}$ – численность гидробионтов в районе ПОГ; $N_{\text{исх}}$ – численность гидробионтов в «эталонном» районе за пределами ПОГ.

Исходя из значений ИСБ, по специально разработанной шкале (табл. 1) дана балльная оценка геоэкологической ситуации района ПОГ.

Таблица 1

Шкала оценки изменения состояния биоты по ИСБ [11]

Индекс изменения состояния биоты ИСБ, %	Качественная оценка состояния	Оценка, баллы
90–100	Норма	5
75–90	Хорошее	4
55–75	Посредственное	3
30–55	Плохое	2
< 30	Катастрофическое	1

ИСБ рассчитывается на основе данных о состоянии бентосных сообществ. Для учета состояния других компонентов биоты (фито- и зоопланктона, макрофитов, ихтио- и орнитофауны) использовали показатели интегральной экологической уязвимости ИНЭУ биологических сообществ прибрежно-морской зоны.

В использованной методике под экологической уязвимостью понимается совокупность особенностей видов или групп растений и животных, которые зависят от чувствительности организмов к видам воздействия и способности восстанавливать исходное обилие и структуру популяций по окончании воздействия [12].

При построении карт ИНЭУ акватории восточной части Финского залива к воздействию ДБР использовались карты сезонного распространения различных видов и групп организмов, которые представляли в виде отдельных слоев в ГИС. Величина показателя уязвимости определялась числом объектов в границах ячейки и чувствительностью организмов к воздействию ДБР. Для составления итоговых карт значения ИНЭУ ранжировали путем перевода их в пятибалльную, равномерную шкалу.

Для полноты оценки геоэкологической ситуации районов ПОГ восточной части Финского залива в 2001–2009 гг. проведено исследование воздействий, распространяющихся до береговой линии и затрагивающих сообщества высшей водной растительности (макрофитов). Исследования динамики макрофитов осуществлены на следующих участках побережья: плавни Лисьего Носа; комплексный памятник природы «Комаровский берег»; Южная Лахта, комплексный памятник природы «Стрельнинский берег»; заросли в районе Стрельна – Петродворец (усадебная Михайловка, деревня Шуваловка, дворец Коттедж); пляжи на участке от Разлива до Смолячково, мыс Флотский; бухта Графская Лахта (рис. 4).

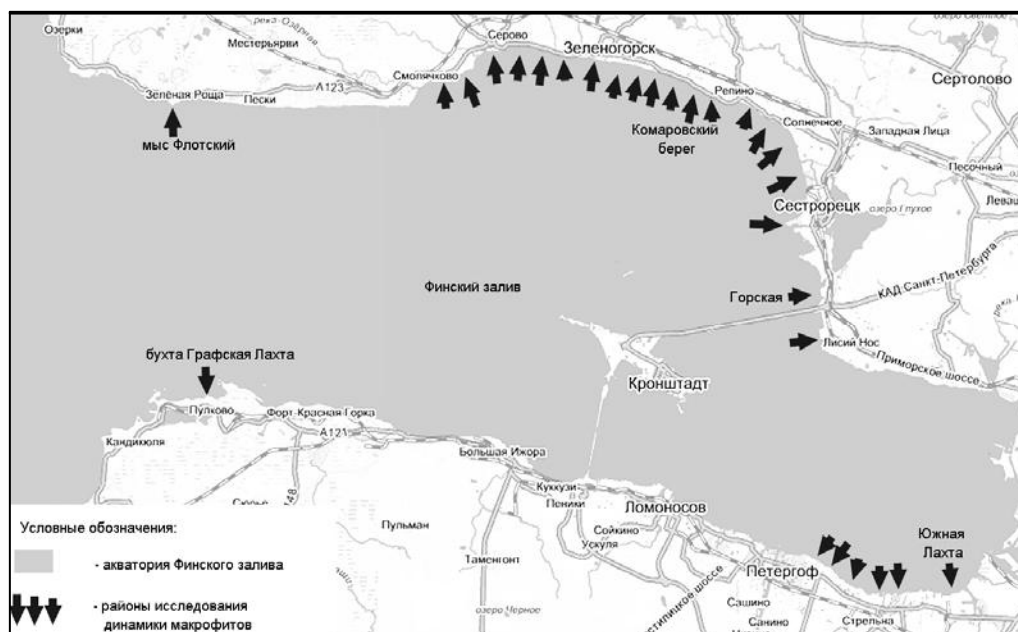


Рис. 4. Расположение районов исследования динамики макрофитов

Характеристика геоэкологической ситуации районов ПОГ в восточной части Финского залива

По результатам исследований отмечен высокий уровень изменчивости абиотической среды в районах ПОГ. Изменчивость абиотических компонентов проявляется в высокой степени трансформации рельефа дна и осадочного покрова техногенными процессами. ПОГ в Северной и Южной Лахте имеют значительные площади, глубина которых меньше проектных отметок: $1\,941\,851\text{ м}^3$ – объём грунта, превышающий уровень в 3 м в ПОГ Южная Лахта; $2\,584\,311\text{ м}^3$ – объём грунта, превышающий уровень в 3 м в ПОГ Северная Лахта. Суммарная остаточная емкость этих двух ПОГ составляет около 10 млн м^3 .

Данные о численности и биомассе макрозообентоса, а также ИСБ районов ПОГ приведены в табл. 2.

Индекс состояния биоты (ИСБ) Численность (N, тыс. экз./м³) и биомасса (B, г/м³) макрозообентоса на акватории отвалов

ПОГ	Доминанты	В границах ПОГ		Эталонный район		ИСБ (I)
		N	B	N	B	
Лужская Губа	Полихеты	1,12	10,28	5,78	59,27	19 %
Выборгский залив	Полихеты	0,99	6,65	Все станции отбора проб охвачены воздействием отвала грунта		
о.Б. Берёзовый	Полихеты	0,22	3,22	0,48	8,10	45 %
Южная Лахта	Олигохеты, моллюски	0,26	0,35	0,64	1,24	40 %
Сев. Лахта	Олигохеты	0,16	0,28	1,00	1,28	16 %
Толбухинская отмель	Полихеты	0,68 (2010)	6,00 (2010)	0,76 (2010)	6,48 (2010)	89 % (2010)
		0,68 (2010)	6,00 (2010)	1,35 (2008)		50 % (2010/2008)
		0,65 (2008)		1,35 (2008)		73 % (2008)

Определить индекс ИСБ для ПОГ в Выборгском заливе оказалось невозможным в связи с распространением воздействия отвала вплоть до «эталонного участка». Для ПОГ близ Толбухинской отмели полученный ИСБ (89 %) соответствует «хорошему» состоянию биоты, однако общая скудность показателей на «эталонном участке» может свидетельствовать о том, что он так же сильно подвержен воздействию отвала грунта. Для района Толбухинской отмели имеются данные за 2008 г., что даёт возможность вычислить ИСБ относительно «эталонного участка» 2008 г.; при этом район ПОГ Толбухинской отмели, согласно шкале оценки изменения состояния биоты по ИСБ, соответствует «плохому» состоянию. ИСБ района Толбухинской отмели имеет максимальное значение по сравнению с другими ПОГ, исходя из чего можно сделать вывод, что гидробиологические сообщества данного ПОГ наименее подвержены деградации вследствие размещения извлеченного грунта. Состояние биоты в районах ПОГ оценивается как «плохое» (ИСБ = 30–55 %) – в районах отвалов близ острова Большой Берёзовый и в Южной Лахте; а также как «катастрофическое» (ИСБ < 30 %) – в районах Северной Лахты и Лужской губы (рис. 5).

На основе шкалы (табл. 1) состояние гидробиоты районов ПОГ может быть определено как «плохое» (балльная оценка – 2) и «катастрофическое» (балльная оценка – 1).

Построенные карты ИНЭУ показали, что экологическая уязвимость восточной части Финского залива к взвеси более высока, чем к размещению грунта. Экологическая уязвимость акватории к воздействиям отвала грунта и повышению количества взвеси в воде весной выше, чем летом (рис. 6, 7, 8, 9).

ИНЭУ районов ПОГ в весне летний период к сбросу грунта характеризуется значениями от «низкая» до «очень высокая»; к увеличению мутности значениями от «средняя» до «очень высокая» (табл. 3).

Интегральная экологическая уязвимость ИНЭУ районов ПОГ к сбросу грунта и к увеличению мутности

ПОГ	ИНЭУ к сбросу грунта		ИНЭУ к увеличению мутности	
	Весна	Лето	Весна	Лето
Сев. Лахта	Очень высокая	Очень высокая	Очень высокая	Очень высокая
Юж. Лахта	Высокая	Высокая	Очень высокая	Очень высокая
Толбухин	Средняя	Низкая	Средняя	Средняя
Б.Берёзовый	Низкая	Низкая	Высокая	Высокая
Выборгский залив	Средняя	Низкая	Высокая	Высокая
Лужская губа	Средняя	Средняя/Высокая	Средняя/Оч.высокая	Средняя/Высокая



Рис. 5. Геоэкологическое состояние районов подводного отвала грунта

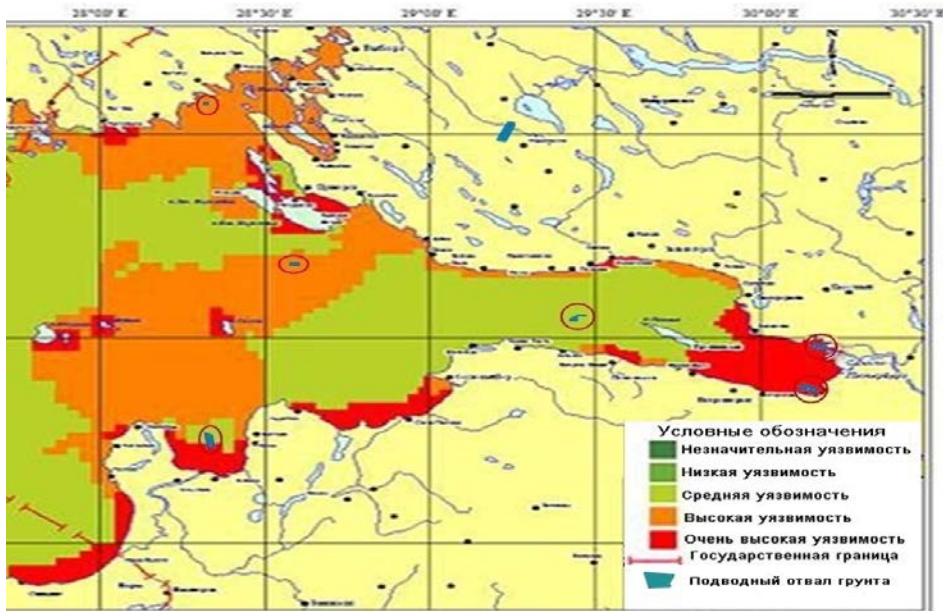


Рис. 6. Экологическая уязвимость восточной части Финского залива к увеличению количества взвеси в воде весной

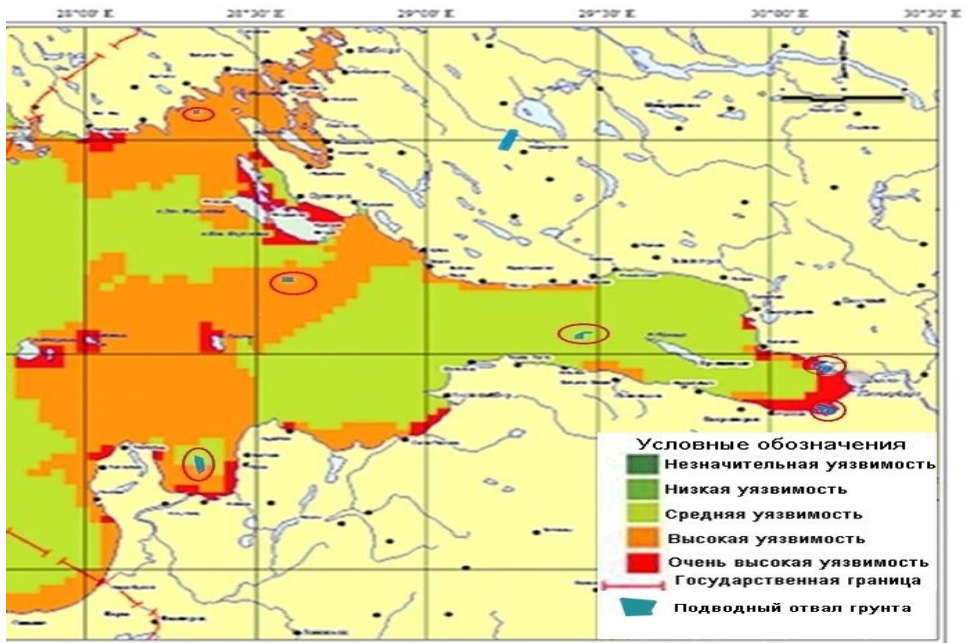


Рис. 7. Экологическая уязвимость восточной части Финского залива к увеличению количества взвеси в воде летом

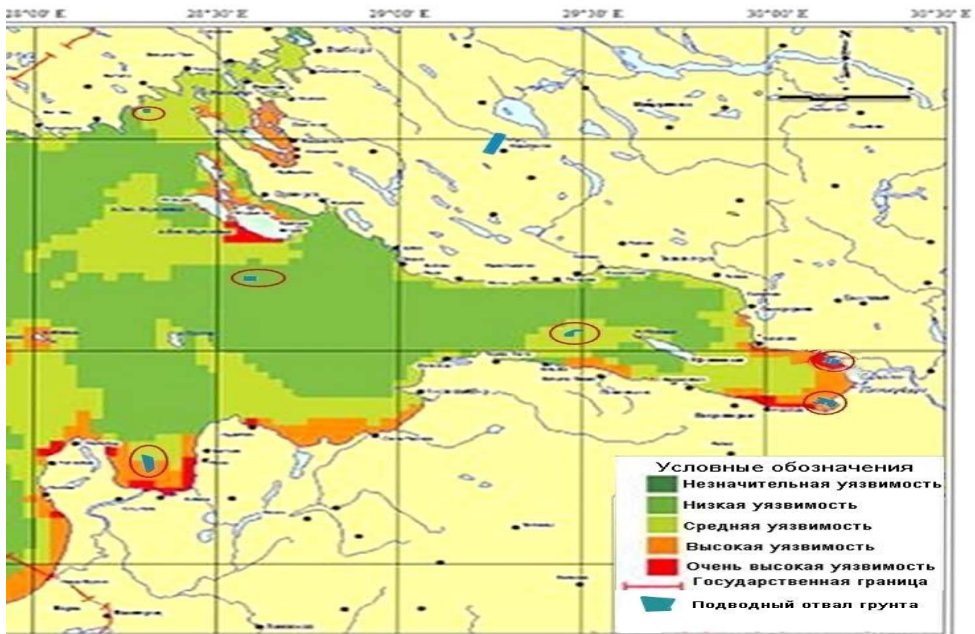


Рис. 8. Экологическая уязвимость восточной части Финского залива к отвалу грунта в воде весной

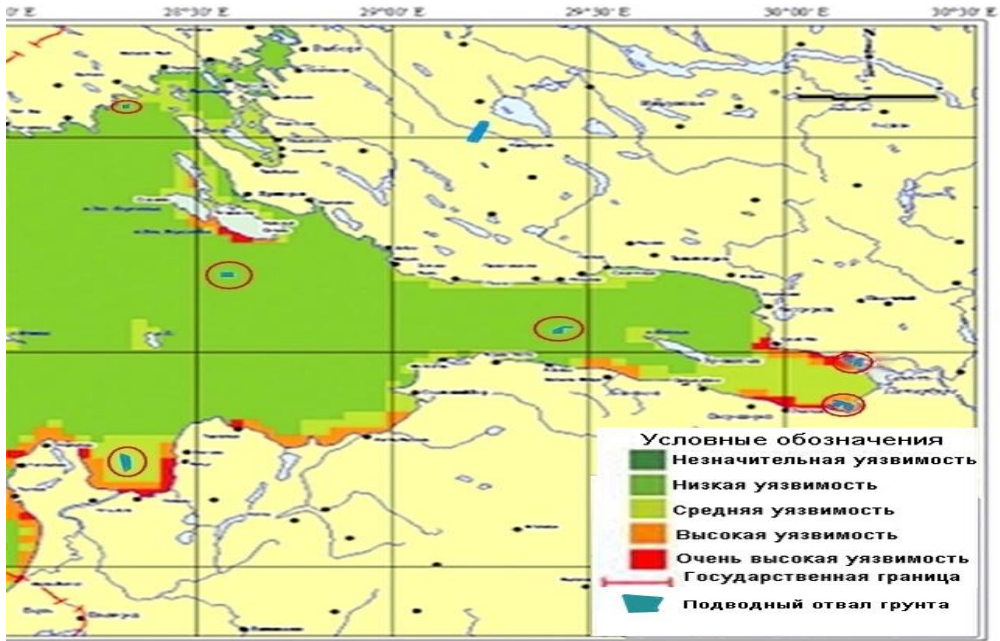


Рис. 9. Экологическая уязвимость восточной части Финского залива к отвалу грунта в воде летом

Воздействия от ПОГ распространяется на наземную часть прибрежно-морской зоны Финского залива. Увеличение биогенной нагрузки вызывает «цветение» воды, которое приводит к снижению её прозрачности, исчезновению отдельных видов, сокращению площадей зарослей погруженной растительности и появлению новых зарослей воздушно-водной растительности. В зоне отвалов песок заносит водные и прибрежные заросли макрофитов, вызывая уменьшение их площадей и продуктивности от Горской до мыса Флотского (рис. 10).



Рис. 10. Зона заноса водных и прибрежных зарослей восточной части Финского залива

Высокая антропогенная нагрузка приводит к уничтожению редких и охраняемых видов прибрежных и водных растений и к широкому распространению сорных и адвентивных видов (уруть колосистая, роголистник погруженный, шелковник морской, кладофора). Процесс заболачивания проявляется в распространении болотных видов растительности (вербейник, наумбургия кистецветковая, подмаренник болотный, ирис касатик, ситняг игольчатый, айр обыкновенный, рогоз узколистный, широколистный). Процессы заболачивания внутри зарослей воздушно-водной растительности усилились и вместе с осадконакоплением ведут к снижению доли погруженной растительности в составе зарослей и, как следствие, к обеднению ихтио- и орнитофауны.

Существует негативное воздействие ПОГ в социально-экономическом секторе вследствие уменьшения рекреационного потенциала Курортного района Санкт-Петербурга из-за ухудшения качества водной и береговой среды (рис. 11) [1, 5, 13].

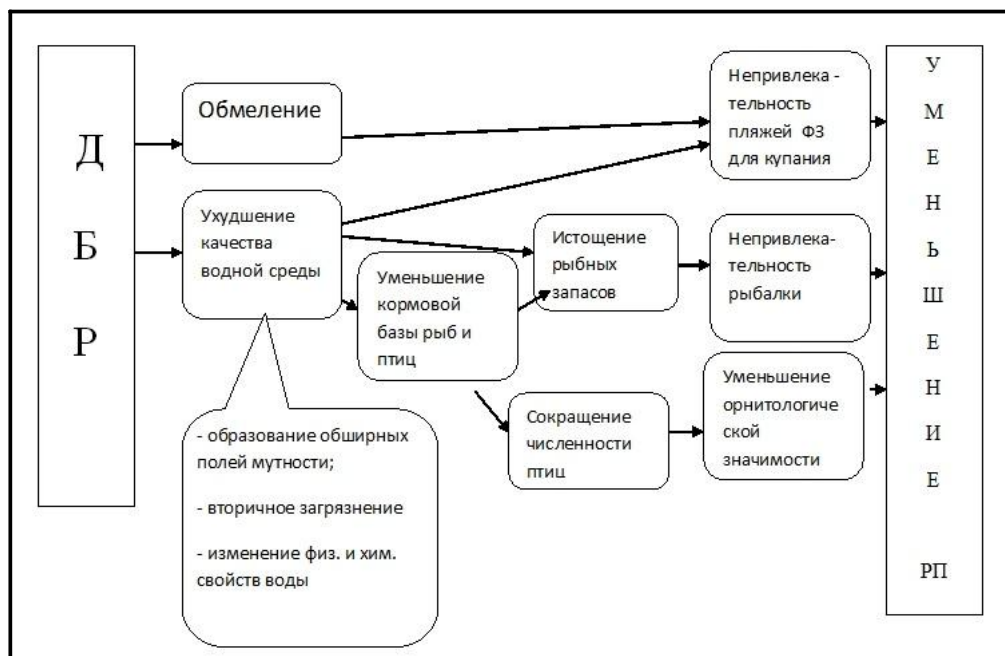


Рис. 11. Уменьшение рекреационного потенциала вследствие ДБР

При проведении ДБР наблюдается ухудшение общего экологического состояния прибрежной водной среды. Ухудшение качества воды ставит под угрозу развитие пляжного туризма в Курортном районе: купание в заливе становится малопривлекательным, уменьшение рыбных запасов резко ухудшает рыбалку как в промысловом смысле, так и как часть туристической деятельности. Вследствие уменьшения кормовой базы для водоплавающих птиц, становится меньше объектов орнитологических наблюдений, которые являются важной состав-

ляющей экотуристического продукта прибрежных территорий. Деформирование береговой полосы, обмеление пляжей за счёт оседания взвешенных частиц из поля мутности делает пляжи менее привлекательными для отдыхающих [3, 6, 7].

Таким образом, отвал грунта в ПОГ восточной части Финского залива оказывает многочисленные воздействия на биотические, абиотические и социальные составляющие характеристики окружающей среды. Минимизировать негативные воздействия возможно при помощи выбора правильных средств и технологий отвала, а также с помощью выбора наиболее подходящей площадки для ПОГ. Для правильного выбора площадки ПОГ и минимизации последующих воздействий нужно иметь ряд данных, включающих в себя: место расположения отвала, естественные абиотические условия (метеорологические условия, гидрологические условия, глубины и морфология дна, литодинамика, характеристики грунтов), геоморфологические условия (морфология, устойчивость донного рельефа), геологические условия, гидрохимические характеристики загрязненности воды и грунта, естественные биотические условия (состояние донных биологических сообществ, их видовое разнообразие, численность, биомасса и плотность поселения гидробионтов), требования рыбохозяйственных организаций к использованию ПОГ, особо уязвимые компоненты биоты, технические характеристики отвала (максимальная емкость, отметка заполнения отвала, рекомендуемое деление отвала на участки для сброса, судовые пути подхода к отвалу и др.), приложения и чертежи. Вся перечисленная информация должна входить в паспорт ПОГ.

Пути снижения и предотвращения негативного влияния ПОГ на состояние прибрежно-морской среды

Для снижения и предотвращения негативного влияния ПОГ на состояние прибрежно-морской среды необходимо проводить:

- уточнение границ и емкости ПОГ на основе карт интегральной экологической чувствительности гидроэкосистем;
- планирование объемов грунта, сбрасываемого в ПОГ, с учетом общей емкости ПОГ акватории Финского залива и Невской губы и пределов устойчивости гидроэкосистем к нагрузке;
- анализ и разработка рекомендаций по альтернативным вариантам размещения и использования грунтов перед каждой процедурой выдачи разрешений на размещение грунтов в ПОГ (строительство – создание, улучшение и образование земельных участков, пляжей, береговых террас, покровных материалов и насыпного грунта; сельское хозяйство и создание продукта – строительный материал, прокладка труб; улучшение окружающей среды – реставрация и организация водно-болотных угодий, наземных мест обитаний, островов для гнездования птиц, рыбные хозяйства);
- разработка программ альтернативных вариантов рекультивации подводных отвалов (или отдельных участков), емкость которых исчерпана;
- анализ геологической ситуации дна Финского залива и Невской губы с оцен-

кой или переоценкой его потенциала для складирования (отвала) грунта в ПОГ;

- разработка геолого-геофизических основ обеспечения геоэкологической безопасности отвалов (оперативная эколого-геологическая съемка);

- разработка и внедрение специальных нормативов классификации донных грунтов, предназначенных для складирования в ПОГ, на основе Регионального норматива, соответствующего Руководству ХЕЛКОМ по размещению в море грунтов [13] – разработка методики создания искусственной изолирующей стратификации и барьерных зон;

- организация мониторинга состояния геоэкологической среды в зонах ПОГ и на прилегающих площадях (в зоне предполагаемого воздействия);

- организация системы автоматизированного контроля за перемещением донных грунтов и состоянием природной среды в зонах антропогенного воздействия в соответствии с Руководством ХЕЛКОМ по размещению в море дреджингового материала (например, автоматизированный контроль при извлечении, загрузке, перемещении и сбросе грунтов в подводный отвал);

- создание сети автоматических морских станций по наблюдениям за морским волнением, течениями и мутностью воды в границах отвалов и в прилегающих районах;

- разработка и утверждение рекомендации по технологии проведения отвала грунта в Восточной части Финского залива для минимизации вредных воздействий, внедрение обязательного применения природосберегающего оборудования и технологии;

- создание и утверждение паспортов ПОГ.

Необходимо привести во взаимное соответствие Федеральные законы, регулирующие гидротехнические работы и размещение грунтов в море, как между собой, так и с Руководством ХЕЛКОМ (2007 г.) по размещению в море материала, полученного в результате ДБР.

Выводы

Подводные отвалы грунта ПОГ представляют собой искусственную, сформированную человеком экогеосистему. Геоэкологическая ситуация в районах ПОГ характеризуется высокой степенью изменчивости всех основных компонентов геоэкосистемы.

Анализ состояния гидробиоты в районах ПОГ показал, что все её основные компоненты находятся в стрессовом состоянии:

- для фитопланктона характерно доминирование сине-зеленых водорослей (цианобактерий);

- для зоопланктона отмечено резкое снижение показателей обилия;

- для макрозообентоса наблюдается мозаичное пространственное распределение, нестабильность видового состава, доминирование оппортунистических видов (полихеты – *Marenzelleria neglecta*, и *Manayunkia aestuarina*); в районах отвалов показатели «мягкого» зообентоса выше, чем за их границами, однако данные виды не обеспечивают стабильности биомассы, наблюдается случайный

(несукцессионный) характер динамики.

Общее состояние гидробиоты районов ПОГ может быть определено как «плохое» и «катастрофическое».

Эффекты от воздействия на гидробиоту размещения грунта носят выраженный характер, что позволяет оценить воздействие как весьма значительное, приводящее к возрастающему стрессу и экологически опасное.

Общий анализ построенных карт ИНЭУ восточной части Финского залива показал, что наиболее сильные воздействия от отвалов грунта ожидаемы вследствие увеличения мутности в весенний период.

Воздействия ПОГ распространяются как на морскую, так и на наземную часть прибрежно-морской зоны Финского залива:

– увеличение биогенной нагрузки вызывает «цветение» воды, которое приводит к снижению её прозрачности, исчезновению отдельных видов, сокращению площадей зарослей погруженной растительности и появлению новых зарослей воздушно-водной растительности;

– песок заносит водные и прибрежные заросли, вызывая уменьшение площадей и продуктивности этих зарослей (например, от Горской до мыса Флотского);

– высокая антропогенная нагрузка приводит к уничтожению редких и охраняемых видов прибрежных и водных растений и к широкому распространению сорных и адвентивных видов (уруть колосистая, роголистник погруженный, шелковник морской, кладофора);

– интенсифицируется процесс заболачивания, проявляющийся в распространении болотных видов растительности (вербейник, наумбургия кистецветковая, подмаренник болотный, ирис касатик, ситняг игольчатый, аир обыкновенный, рогоз узколистый *Typha angustifolia*, широколистный *T. latifolia*).

В социально-экономическом секторе негативное воздействие ПОГ проявляется в виде уменьшения рекреационного потенциала Курортного района Санкт-Петербурга из-за ухудшения качества водной и береговой среды.

Литература

1. Волнина О.В. Изменение рекреационного потенциала береговой зоны Курортного района Санкт-Петербурга в связи с созданием искусственных земельных участков в устье реки Невы // Междунар. конф. «Создание искусственных пляжей, островов и других сооружений в береговой зоне морей, озер и водохранилищ». Новосибирск, 20–25.07.2009. Труды конференции. – Новосибирск: изд. СО РАН, 2009, с. 275-277.
2. Волнина О.В. Оценка экотуристического потенциала прибрежной зоны Курортного района Санкт-Петербурга // Геосистемы: факторы развития, рациональное использование, методы управления. Материалы Международной научной конференции. – Сочи: Изд-во ООО «Стерх», 2008(а), с. 147-149.
3. Волнина О.В. Влияние изменения прибрежной зоны на туристический потенциал Курортного района Санкт-Петербурга // Материалы международной конференции (школа семинар) «Динамика прибрежной зоны бесприливных морей. – Калининград: «Тера-Балтика», 2008 (б), с. 124.

4. *Волнина О.В.* Дреджинговый проект и его воздействие на природную окружающую среду // Сб. статей I Межвуз. научно-практич. конф. студентов, аспирантов и молодых специалистов «Балтийский экватор», Санкт-Петербург, 2010(а), с. 56-63.
5. *Волнина О.В.* Оценка экотуристического потенциала морской прибрежной зоны Санкт-Петербурга // Аннотации работ победителей конкурса грантов Санкт-Петербурга 2008 г. для студентов, аспирантов, молодых учёных и кандидатов наук. – СПб., 2008(в), с. 59.
6. *Волнина О.В.* Оценка экотуристического потенциала прибрежной зоны Курортного района Санкт-Петербурга // Геосистемы: факторы развития, рациональное использование, методы управления. Материалы Международной научной конференции. – Сочи: Изд-во ООО «Стерх», 2008(г), с. 147-149.
7. *Волнина О.В.* Социально-культурные аспекты Дреджинга // Сборник научных трудов, посвящённый 300-летию Царского Села. Освоение духовного опыта: проблемы и исследования. Санкт-Петербург, 2010(б), с. 59-61.
8. *Дмитриев В.В., Фрумин Г.Т.* Экологическая оценка, оценка качества среды, экологическое нормирование. Основные определения // Экологическое нормирование и устойчивость природных систем. – СПб.: Наука, 2004, с. 10-29.
9. Оценка экологической безопасности портостроительства в Финском заливе по состоянию прибрежных биологических сообществ / *Д.А. Голубев, С.В. Лукьянов, М.Б. Шилин, О.В. Волнина* // «Безопасность жизнедеятельности» 2011, № 2 // Научно-практич. и учебно-методич. журнал, с. 25-31.
10. *Лебедева О.В., Леднова Ю.А., Волнина О.В.* Экологический аспекты гидротехнических работ (дноуглубления) и прокладки трубопроводов по дну водоёмов // Инженерные изыскания всероссийский научно аналитический журнал, 2010, № 2, с. 47-49.
11. *Погребов В.Б., Шилин М.Б.* Биомониторинг прибрежных зон Мирового океана // Основные концепции современного берегопользования. – СПб.: РГГМУ, 2009, с. 75-125.
12. Методические подходы к созданию карт экологически уязвимых зон и районов приоритетной защиты акваторий и берегов Российской Федерации от разливов нефти и нефтепродуктов / *В.Б. Погребов, А.А. Шавыкин, О.П. Калинин и др.* // Всемирный фонд дикой природы (WWF), Мурманск, 2011. – 55 с.
13. Руководство ХЕЛКОМ по размещению в море грунтов дноуглубительных работ, 2007.
14. *Скобликова А.Л.* Современные проблемы развития экологического туризма в России // Тезисы докладов Всероссийской научно-практической конференции «Современные проблемы развития туризма и туристского сервиса» 6 октября 2004 г., Санкт-Петербург. – СПб.: Санкт-Петербургская Академия сервиса и экономики, 2005.
15. Изучение и преподавание экологических аспектов дноуглубительных работ / *М.Б. Шилин, А.С. Аверкиев, М.А. Мамаева и др.* // Материалы международной конференции 50 лет развития образования и просвещения для формирования будущего океанов и прибрежных территорий 27–30 апреля 2010 г. – СПб.: РФ, изд. ООО «КРОМ» 2010, с. 348-351.
16. *Шилин М.Б., Погребов В.Б.* Экологическая чувствительность береговой зоны восточной части Финского залива к дреджингу // Основные концепции современного берегопользования, том 3 Оценка эффектов природных и антропогенных воздействий на прибрежные экосистемы – монография / Под ред. Л.Н. Карлина, М.Б. Шилина. – СПб.: РГГМУ, 2011, с. 168-189.

В.В. Денисов, М.В. Светлова

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ПОЛОЖЕНИЯ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ

V. V. Denisov, M. V. Svetlova

MURMANSK REGION ENVIRONMENT POSITION: TOPICAL PROBLEMS

В статье рассматриваются основные положения современного взгляда на эколого-географическое положение Мурманской области. Этот стратегический регион РФ характеризуется важной ролью приморских акваторий, уникальными экономическими морскими мегапроектами, тесной связью с высокоразвитыми западными странами на экономическом, экологическом и культурном уровнях. В качестве индикаторов устойчивого развития использованы геоэкологические координаты – показатели комфортности окружающей среды, уровня развития экономики и уровня человеческого развития. Сделан вывод о более высоком потенциале устойчивого развития Мурманской области относительно республики Карелия и Архангельской области и выработаны объективные критерии региональной ориентации Мурманской области на высокие стандарты жизни в Норвегии и Финляндии.

Ключевые слова: геоэкологические координаты. Индикаторы устойчивого развития. Экологическая ситуация. Экономические мегапроекты.

The article is devoted to the main points of ecological and geographical position of the Murmansk Region. This strategic region of the Russian Federation is characterized by important role of it's coastal waters, unique economic marine mega-projects and close economic, ecological, cultural links with highly developed next-door neighbors western countries. Geo-environmental coordinates (indicators of comfort of the environment, level of economic development, and level of human development) are used as the indicators of sustainable development. In summary, the Murmansk Region has considerably higher potential of sustainable development relative to the Arkhangelsk Region and the Republic of Karelia. The objective criteria of the regional orientation of the Murmansk Region to the high standards of living in Norway and Finland have been developed.

Key words: geo-environmental coordinates. Sustainable development indicators. Ecological situation. Economic mega-project.

Географическое положение (ГП) относится к числу фундаментальных категорий географии. В основе этого понятия лежит категория «отношение», то есть основная идея ГП заключается в раскрытии территориальных отношений [3].

По Н.Н. Ключеву, автору фундаментальной работы в этом направлении, эколого-географическое положение (ЭГП) – это положение геосистемы на Земле относительно экологически важных свойств пространства [9].

Учитывая современную роль геоэкологии в рассмотрении региональных задач устойчивого развития (УР), мы предлагаем новое определение ЭГП. Согласно ему, ЭГП рассматривается как положение географического объекта, сохраняющего здоровую среду жизнедеятельности в рамках концепции устойчи-

вого развития (УР), по отношению к другим географическим объектам. Конкретизация этого определения рассмотрена нами на примере Мурманской области.

Мурманская область в географическом отношении охватывает Кольский полуостров и часть материка [1, 2, 4]. На севере омывается Баренцевым морем (акватория более 1400 тыс. км²), на востоке и на юге – Белым (около 90 тыс. км²), на западе граничит с Норвегией и Финляндией, на юге с республикой Карелия, на востоке – с Архангельской областью.

Несмотря на свою принадлежность к районам Крайнего Севера России, Мурманскую область отличает арктически-умеренный и, благодаря влиянию теплого течения системы Гольфстрим, сравнительно мягкий климат. Дополнительные сведения о Мурманской области можно найти в литературе [2, 4, 8].

Мурманская область сегодня рассматривается как важнейший регион стратегического развития Европейского Севера России. Предыдущий этап становления региона был связан с ресурсами континента (более 60 крупных месторождений стратегического значения). Кольский край через свою экономику и оборону функционально связан с морской деятельностью (промышленное рыболовство, морские перевозки, военно-морской флот). В последние 20 лет в Баренцевом море активно развивается шельфовая зона с целью добычи нефтегазовых запасов.

Сегодня в числе главных приоритетов экономики области присутствуют: горно-металлургический сектор, который с переходом на прогрессивные технологии снижает нагрузку на экосистему; добыча, переработка и искусственное разведение океанических биоресурсов; поиск и добыча углеводородных ресурсов на шельфе арктических морей [23].

Крупнейшее Штокмановское ГКМ подводным трехниточным трубопроводом, заводами по производству сжиженного газа (губа Корабельная), моторных масел и метанола технологически и экономически тесно связано с Мурманской областью. Возможные экологические и экономические противоречия между шельфовой газодобычей и рыболовством проявятся на пересечениях важнейших промысловых районов южной части моря и транспортной инфраструктуры Штокмановского ГКМ, особенно при возможных авариях на танкерах и газопроводах.

Прогнозный экономический эффект от реализации мегапроекта для Мурманской области будет выражаться в увеличении объема валового регионального продукта (ВРП) на 36,5% (11,1 млрд руб.) от уровня 2008 г. [23].

Следующий мегапроект – развитие Мурманского транспортного узла. Целью его является использование потенциала незамерзающего Мурманского торгового порта для обслуживания грузопотоков Северного морского пути, Баренцево-Евроарктического транспортного коридора, а также транспортировки углеводородного сырья, связанной с разработкой и эксплуатацией Штокмановского и Приразломного месторождений. Прогнозный экономический эффект для Мурманской области – увеличение ВРП на 14,7 % / 32,3 млрд руб.) [23].

И, наконец, проекты модернизации и строительства новых ГОК и ГМК. Реализация этих инвестиционных проектов направлена на замещение добычи убывающих природных ресурсов на существующих месторождениях, а также на выпуск новой для региона продукции (титановый и ванадиевый шлаки). Прогнозный экономический эффект для Мурманской области – увеличение ВРП на 13,1% / 29,0 млрд. руб. от уровня 2008 года [23].

Существующие границы области с учетом приморского, полуостровного положения и стратегических приоритетов развития функционально значительно расширят её административно-территориальные пределы. Согласно принятым в 2010 г. Стратегиям морской деятельности РФ до 2030 г. и социально-экономического развития Мурманской области до 2025 г., разработка арктических приморских территорий и акваторий будет осуществляться как самостоятельные компоненты развития приморских субъектов РФ.

Основными источниками загрязнения природной среды сегодня являются предприятия ГМК и агропромышленных комплексов, транспорта и ЖКХ. В зоне влияния горнодобывающих и металлургических производств в поверхностных водоёмах наблюдается высокое и экстремально высокое содержание тяжелых металлов, фторидов, сульфатов, соединений азота и др. Значительный вклад в загрязнение окружающей природной среды вносят также предприятия ЖКХ. Объем сточных вод этой отрасли составляет порядка 20% от общего количества загрязненных вод [5].

Основные источники загрязняющих атмосферу выбросов в Мурманской области: комбинаты «Печенганикель» (г. Заполярный) и «Североникель» (г. Мончегорск), ОАО «СУАЛ» (г. Кандалакша) [5].

Общий характер экологического повреждения геосистем определяется преобладающими направлениями ветров и условиями рельефа [15]. Вокруг крупных эпицентров загрязнения образовались техногенные пустоши (города Никель, Заполярный, Мончегорск, Оленегорск, Кандалакша, Ковдор) [4, 6]. В последние годы успешно проводится их рекультивация. К периферии от эпицентра интенсивность нагрузок постепенно ослабевает. В восточной части области экологическое состояние территории остается более благополучным.

Главными поставщиками загрязняющих веществ в Баренцево море являются предприятия, населенные пункты и сток рек Кольского полуострова, воздушная и морская адвекция из других районов Европы и Америки. Общий объем речного стока Кольского полуострова в Баренцево море невелик, порядка 25 км³, поэтому вклад этого фактора в общее загрязнение побережья незначителен [5]. В целом, открытые морские районы Баренцева моря признаны, согласно российской и мировой классификации, чистыми. Существенному загрязнению подвержены лишь заливы и губы побережья Мурмана, на берегах которых расположены города и поселки. Наиболее загрязненным является Кольский залив за счет сброса сточных вод городов, поселков и предприятий, расположенных на его берегах, особенно в южной и средней его частях [12].

На загрязнение Мурманской области в различной степени оказывают влияние около 20 стран, Северное и Балтийское моря. Основным фактором, определяющим трансграничное загрязнение, является западный перенос воздушных масс. В то же время, сама Мурманская область оказывает воздействие на соседние регионы. Основную роль играют атмосферные выбросы предприятий ГКМ – «визитная карточка» Мурманской области в экологическом взаимодействии с европейскими соседями. В результате принимаемых мер величина атмосферных выбросов неуклонно снижается (за последние 3–5 лет на 10 %) [5].

В качестве показателей, характеризующих состояние подсистем Мурманской области и её соседей, мы использовали комплекс индикаторов устойчивого развития [13] (геоэкологических координат), а именно:

1) подсистема экономики – ВРП, объем инвестиций и показатели комфортности окружающей среды, определяемой антропогенными факторами (объем суммарных выбросов в атмосферу, объем суммарных сбросов загрязненных вод, объем твердых отходов производства и потребления);

2) подсистема общества – показатели качества социальной среды, характеризующегося индексом развития человеческого потенциала;

3) подсистема природы – показатели комфортности природной среды (радиационный баланс, средняя температура самого холодного и самого теплого месяцев, среднее годовое количество осадков, среднегодовая скорость ветра).

Ключевым показателем является качество человеческой среды, характеризующееся тремя индикаторами: ВРП на душу населения, ожидаемый уровень продолжительности жизни и индекс развития человеческого потенциала. Чем ближе величина индекса к 1, тем выше развитие человеческого потенциала и тем ближе условия жизни в данном регионе к общепринятым критериям благополучия.

Сводная информация по индексам УР или геоэкологическим координатам представлена в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Геоэкологические координаты Мурманской области и соседних российских регионов [7, 16–24]

			Мурманская область	Архангельская область	Республика Карелия
1	2	3	4	5	6
Подсистема экономики	Показатели уровня развития экономики	Объем ВРП, млрд руб./\$ US	213, 7/8,56	286,9/11,53	215,2/8,65
		Объем инвестиций, млрд руб.	46,844	131,544	22,753
	Показатели комфортности окружающей среды, определяемой антропогенными факторами	Объем суммарного выброса от стационарных источников в атмосферу, тыс. т	245,3	258,1	120,0
		Объем суммарного сброса загрязненных сточных вод, млн м ³	383,39	474,81	203,99
		Объем твердых отходов производства и потребления, млн т	203,1	74,8	3,2

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6
Подсистема природы	Показатели комфортности окружающей среды, определяемой природными факторами	Годовой радиационный баланс, ккал/см ²	25	23	30
		Средняя температура самого теплого месяца, °С	+11	+12	+15
		Средняя температура самого холодного месяца, °С	-11	-15	-14
		Среднее годовое количество осадков, мм	600	400	500
		Средняя годовая скорость ветра, м/с	5-10	2-3	2-4
Подсистема общества	Показатели качества социальной среды	Ожидаемая продолжительность жизни, лет	66,7	66,9	65,5
		ВРП на душу населения, \$ US	13157	14368	11322
		Индекс развития человеческого потенциала	0,797	0,808	0,784

Таблица 2

Показатели качества социальной среды Финляндии и Норвегии [17]

Подсистема общества	Показатели качества социальной среды			Финляндия	Норвегия
		Ожидаемая продолжительность жизни (лет)		80,1	80,0
		ВРП на душу населения (\$ US)		38 400	57 500
Индекс развития человеческого потенциала		0,871	0,938		

Для сравнения приведем некоторые показатели качества социальной среды для западных зарубежных соседей Мурманской области.

Эти результаты требуют пояснений. С точки зрения природных показателей комфортности среды очевидно, что все соседние с Мурманской областью регионы находятся в сходных условиях: более-менее суровый климат, то есть неблагоприятные для здоровья природные условия с поправкой на широтную зональность (Карелия), континентальность (Архангельская область и Финляндия), морскую «мягкость» климата (Норвегия, Мурманская область). Различия в комфортности различимы, но не очень существенны.

С точки зрения социальной организации региона заметны некоторые различия между обсуждаемыми субъектами РФ и резкие различия между российскими и западными соседями (см. табл. 1, 2).

И, наконец, экономика. Это – наиболее динамичный показатель. Мы постарались этот индикатор дать в развитии, в основном, за счет динамики Мурманской области. В целом, Мурманская и Архангельская области и Карелия имеют ресурсно-ориентированную экономику. В Архангельской области более развито судостроение, лесопромышленный комплекс и туризм. Последние две отрасли

характерны и для Карелии [22, 24]. Но по совокупности подходов к устойчивому развитию Мурманская область обладает целым рядом существенных преимуществ [23].

Мурманская область уже сегодня глубоко вовлечена в комплекс международных и трансрегиональных взаимодействий. Во-первых, для неё становление открытого общества выразилось во включении в многочисленные сети межгосударственных и негосударственных трансграничных контактов. Во-вторых, экономика Мурманской области, как и сопредельных регионов, опирается на эксплуатацию экосистем. Содержание экологических требований, целей и основополагающих принципов УР содержится в федеральных документах стратегического планирования, ориентированных на региональную практику планирования и управления в Арктике. В-третьих, Мурманская область является приграничной территорией [14, 23]. При этом ее соседями выступают экономически и социально высокоразвитые страны: Норвегия и Финляндия. В условиях глобализации ориентирами роста качества жизни населения Мурманской области избраны стандарты, достигнутые ближайшими зарубежными соседями [10]. Их ориентация на принципы УР является для Мурманской области мощным стимулом. Эффект «соседства» при правильной межгосударственной политике помогает осуществить «перелив» экономической активности в те районы, которые тесно связаны с процветающими зонами [11]. Именно это и происходит при расширении взаимодействия с Норвегией и Финляндией.

Международные приоритеты Мурманской области в вопросах экологии и устойчивого использования ресурсов недр суши и океана, транспортной политики, экологически безопасного промышленного рыболовства и аквакультуры, социальной политики, сотрудничества в экономике и безопасности сегодня реально «работают» на решение актуальных проблем её эколого-географического положения.

Литература

1. Атлас Мурманской области. – М.: ГУГК при СМ СССР, НИГЭИ ЛГУ им. Жданова, 1971. – 33 с.
2. Географический энциклопедический словарь. Географические названия. – М.: Советская энциклопедия, 1986. – 527 с.
3. Географический энциклопедический словарь. Понятия и термины. – М.: Советская энциклопедия, 1988. – 431 с.
4. География Мурманской области. / Под ред. В.В. Крючкова. – Мурманск: Мурманское кн. изд-во, 1993. – 160 с.
5. Годовые отчеты и доклады о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области Государственного комитета по охране окружающей среды Мурманской области (1998–2009 гг.). – Мурманск: Мурманское кн. изд-во.
6. *Гонен Т.С.* Геоэкологическая оценка минерально-сырьевых ресурсов Мурманской области: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 2005. – 23 с.
7. *Исаченко А.Г.* Экологическая география северо-запада России. Ч. 1. – СПб.: Изд-во РГО, 1995. – 206 с.
8. *Киселев А.А., Шевченко А.В.* Мурманская область: география и история освоения. – Мурманск: Мурманское кн. изд-во, 1995. – 214 с.

9. Клюев Н.Н. Эколого-географическое положение России и ее регионов. – М.: ИГРАН, 1996. – 161 с.
10. Мурманская область в XXI веке: тенденции, факторы и проблемы социально-экономического развития. – Апатиты: Изд-во КНЦ РАН, 2009. – 192 с.
11. Новый взгляд на экономическое положение. Доклад о мировом развитии. – М.: Весь Мир, 2009. – 384 с.
12. Основные концепции современного берегопользования / Под ред. Л.Н. Карлина, В.В. Денисова, М.Б. Шилина. Т. 2. – СПб.: Изд. РГГМУ, 2010. – 293 с.
13. Чистобаев А.И. Управление регионом на основе индикаторов устойчивого развития // Труды XII съезда РГО. Т. 1. – СПб., 2005, с. 42.
14. Чистобаев А.И., Захарова Т.П. Приграничное положение территории как фактор региональной политики. // Теория и практика эколого-географических исследований (Итоги научной работы Учебно-научного центра географии и геоэкологии в 2004 году). / Под ред. В.В. Дмитриева, А.И. Чистобаева, Т.А. Алиева, И.О. Шилова. – СПб.: ТИН, 2005, с. 412-419.
15. Экологический атлас Мурманской области. – М. – Апатиты: ИППЭС КНЦ РАН, МГУ им. Ломоносова, ГК по охране окружающей среды Мурманской обл., 1999. – 48 с.
16. Архангельскстат. <http://arhangelskstat.ru/default.aspx>
17. Доклад о развитии человека 2010 года. Реальное богатство народов: пути к развитию человека. <http://www.un.org/ru/development/hdr/2010/>
18. Доклад о развитии человеческого потенциала в Российской Федерации 2010. Цели развития тысячелетия в России: взгляд в будущее. http://www.undp.ru/nhdr2010/Nationa_Human_Development_Report_in_the_RF_2010_RUS.pdf
19. Карелия официальная. Официальный портал органов государственной власти республики Карелия. <http://www.gov.karelia.ru/>
20. Карелиястат. <http://krl.gks.ru/default.aspx>
21. Мурманскстат. <http://murmanskstat.gks.ru/moinfigures/default.aspx>
22. Стратегия социально-экономического развития Архангельской области до 2030 года. <http://www.dvinaland.ru/economy/strategy/>
23. Стратегия социально-экономического развития Мурманской области до 2025 года. http://economics.gov-murman.ru/ekonomika_oblast/
24. Стратегия социально-экономического развития Республики Карелия до 2020 года. <http://gov.karelia.ru/Legislation/lawbase.html?lid=2216>

С.Л. Левин

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРИНЦИПЫ ИННОВАЦИОННОГО
РАЗВИТИЯ АГРОПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ СФЕРЫ РОССИИ
С УЧЕТОМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ**

S.L. Levin

**MODERN PRINCIPLES OF INNOVATIVE DEVELOPMENT
OF AGROFOOD SPHERE OF RUSSIA TAKING
INTO ACCOUNT MAINTENANCE OF FOOD SAFETY**

В статье обоснована необходимость реализации прорывных инновационных проектов в аграрной экономике; расширены системные представления о структуре, формах и элементных составляющих действующих механизмов обеспечения продовольственной безопасности; сформированы инновационные направления государственного управления системой обеспечения продовольственной безопасности.

Ключевые слова: продовольственная безопасность, модернизация аграрной экономики, государственная политика и инновационные механизмы в области обеспечения продовольственной безопасности.

In article, necessity of innovative projects in agrarian economy is proved; system representations about structure, forms and element making operating mechanisms of maintenance of food safety are expanded; innovative directions of the government are generated by system of maintenance of food safety.

Keywords: food safety, upgrade of agrarian economy, a state policy and innovative mechanisms in the field of maintenance of food safety.

В экономической системе сбалансированность взаимосвязей элементов, позволяющая системе реализовать возможности в целях развития, во многом зависит от экономической безопасности. В социальном плане это касается создания условий для нормальной жизнедеятельности населения, в экономическом аспекте – для расширенного воспроизводства и в масштабе государства – для поддержки оборонного потенциала страны. В основном все элементы национальной безопасности в какой-то мере связаны с экономикой. При этом следует учитывать, что экономическая безопасность является базисным, системообразующим элементом. Безусловно, решение проблемы обеспечения продовольственной безопасности в системе экономической безопасности необходимо осуществлять исходя из задач развития агропродовольственной сферы регионов

России. В современных условиях это, прежде всего, воспроизводство валового продукта сельского хозяйства, противодействие теневым процессам в агропродовольственной сфере.

В настоящее время во многих регионах России, по данным Росстата, доля хозяйств населения в валовом продукте сельского хозяйства превышает 50 %. Этот сектор аграрной экономики стал одним из основных, определяющих факторов, обеспечивающих физическую и экономическую доступность продуктов питания населению, т.е. продовольственной безопасности. Однако в то же время, по материалам бюджетных обследований, средний уровень товарности валовой продукции у сельского населения не превышает 20 %. В их составе около четверти хозяйств не реализовали свою продукцию. При этом значительное количество животных в ЛПХ содержится на кормах, выделенных сельскохозяйственными предприятиями [4].

Положение усугубляется и тем, что объемы экономической деятельности увеличиваются отражением в статистической отчетности несуществующей деятельности (приписками). Участниками таких незаконных действий становятся

государственные служащие, цель которых, приукрашивая экономическое положение в регионе, сохранить свои должности, властные полномочия. Так проявляется коррупционная составляющая теневой экономики, которую сложно признать как уголовно-правовое деяние. Несуществующая виртуальная экономическая деятельность приводит к нарушению структуры воспроизводства в АПК: в статистике производство сельскохозяйственной продукции в ЛПХ существенно увеличивается, соответственно, возрастает валовой продукт сельского хозяйства. В то же время продукция ЛПХ в малом количестве попадает в рыночный оборот, снижается использование мощностей предприятий, перерабатывающих сельскохозяйственное сырье и потребление населения продуктами питания собственного производства уменьшается. При этом «улучшение» отчетности, истинного положения в экономике приводит к ошибочным управленческим решениям по развитию аграрной экономики.

Отметим, что в начале XXI в. в России происходит глубокая трансформация социально-экономических отношений, формируется новая экономическая система, основанная на современных технологиях, человеческом капитале. Экономисты, практики и эксперты считают, что в условиях сильного отставания российской экономики в технологическом плане по сравнению с другими странами без модернизации экономики и в целом общества страна неизбежно столкнется с проблемой выживания государства. Особенно в этом нуждается аграрная экономика с разрушенным в годы реформы производственным потенциалом и низким уровнем конкуренции [1, с. 103].

Модернизация в аграрной экономике осуществляется в настоящее время посредством закупок новых технологий и техники, т.е. идет восстановление утраченного технико-технологического потенциала. Модернизацию сельского хозяйства в современных условиях можно рассматривать как генеральное на-

правление повышения эффективности производства, ускорения обеспечения возрастающих общественных потребностей страны в продуктах питания и промышленности в сельскохозяйственном сырье. Вместе с тем, обществу и отдельным сельхозпредприятиям важен не только рост продукции, т. е. количественная сторона. При этом не меньшее значение имеет то, как используются привлеченные ресурсы, ценой каких дополнительных затрат достигнуты результаты и как при этом возрастает уровень оплаты труда работников и уровень жизни населения.

Очевидно, что введение новой техники, технологии в производство предполагает использование современных, высококвалифицированных кадров. В новой экономической системе должны создаваться условия для модернизации и трудовых ресурсов, человеческого капитала. В то же время демографическая ситуация в аграрной сфере не улучшается, что отрицательно влияет на численность работников. Наблюдается переход части работников в другие отрасли народного хозяйства и сферы агропромышленного комплекса, обслуживающие сельское хозяйство и осуществляющие заготовку, переработку, транспортировку и реализацию сельскохозяйственной продукции; перемещение работников внутри сельских территорий в сферы социальной инфраструктуры, а также самостоятельные звенья других отраслей экономики; миграция в города и рабочие поселки как внутри региона, так и за его пределы. В результате в составе сельского населения происходят существенные структурные изменения. По неполным расчетным данным в крупных сельских поселениях около половины их трудоспособного населения занято в несельскохозяйственных организациях. Тем не менее, преобладающей сферой занятости трудовых ресурсов в этих поселениях остается сельскохозяйственное производство в форме подсобной (семейной) деятельности [3, с. 32].

Развитие технического прогресса в агропромышленном комплексе ведет к преобразованиям не только материально-технической базы сельского хозяйства, но и характера, содержания труда, соответственно, видоизменяются трудовые функции работника, совершенствуется профессионально-квалификационная структура рабочей силы. Наряду с улучшением условий производства и труда в сельском хозяйстве упорядочение землепользования способствует интегрированному развитию сельских муниципальных образований, его правовые основы, благоустройства деревень и оптимизации местоположения полей. При прогнозировании развития агропроизводственной сферы сельской местности важно предусмотреть возможности бесконфликтного использования земельных ресурсов и упорядочения земельных отношений. На наш взгляд, учитывая ограниченность ресурсов, стремясь к достижению обозначенных целей, необходимо эту деятельность направить на решение главной проблемы – устойчивости агропродовольственной системы, ее основы – сельского хозяйства. В этом аспекте определяющим критерием устойчивого развития является как эффективность производства, так и экономическая безопасность региональной агропродоволь-

ственной сферы. При этом, чем выше экономическая эффективность, тем, соответственно, выше конкурентоспособность агропродовольственной сферы, значительнее степень ресурсного обеспечения и, следовательно, уровень устойчивости развития и темпы экономического роста.

В современных условиях модель экономического роста должна опираться не только на повышение эффективности, но и на инновации. В глобальной конкурентной борьбе выигрывает тот производитель, который выпускает продукцию с меньшими затратами или создает новую высокотехнологичную продукцию, пользующуюся спросом. При этом качественные параметры сельскохозяйственной продукции должны обеспечивать ее мировую конкурентоспособность. Вместе с тем, модернизация может проводиться более равномерно, плавно, а освоение инноваций более резко, обеспечивая быстрый рост. Также модернизация и инновации требуют значительных инвестиций со стороны государства и бизнеса. К тому же возрастает роль государства в финансовом контроле выделенных на эти цели бюджетных средств и в определении приоритетов развития [2, с. 31]. Безусловно, для реализации прорывных инновационных проектов в экономике необходима соответствующая научная, техническая и технологическая база, квалифицированные кадры и упорядоченная система финансирования. В сельском хозяйстве все это только налаживается в ходе реализации государственных программ. В связи с этим, как нам представляется, инновационному прорыву должны предшествовать интенсификация, индустриализация и модернизация сельскохозяйственного производства. Таким образом, направления развития сельского хозяйства целесообразно определять с учетом увеличения объемов производства сельскохозяйственной продукции на основе повышения продуктивности земельных угодий за счет внедрения достижений научно-технического прогресса, новых более совершенных технических средств, прогрессивной технологии, дополнительных материальных средств с участием труда квалифицированных работников, что предполагает модернизация сельскохозяйственного производства.

По мнению автора, основными условиями модернизации являются: повышение эффективности использования производственных фондов, воспроизводство квалифицированных кадров, решение социальных задач сельского населения, устойчивое развитие сельских территорий, обеспечение экономической безопасности с учетом региональных, зональных и локальных условий. Далее рассмотрим более подробно данные условия. Так, динамические процессы изменений стоимости и структуры основных производственных фондов в совокупности обусловлены значительными переменами фондообеспеченности и фондовооруженности труда в региональном аспекте, о чем свидетельствуют результаты анализа этих показателей (низкая обеспеченность предприятий техническими средствами, резкое снижение возможности их ремонта выдвигает необходимость коренных преобразований в материально-техническом обеспечении и обслуживании, перестройке экономических отношений с предприятия-

ми агросервиса). Кроме того, значительная дифференциация районов и сельскохозяйственных организаций по обеспеченности основными средствами на гектар пашни и на одного работника выдвигает необходимость глубокого анализа воспроизводства основных фондов по его структурным элементам, учета амортизационных отчислений, формирования отдельно специального амортизационного фонда, использования его для простого воспроизводства основных средств, проведения их капитального ремонта. Между тем в действующем учете амортизационных отчислений в статистических органах и сельхозпредприятиях отмечаются различия и, соответственно, в уровне их стоимостной величины, что отрицательно сказывается при анализе воспроизводственного процесса, оценке движения основных фондов в их накоплении, обновлении, выбытии, физическом и моральном износе.

Не менее важным является совершенствование материально-технического обслуживания сельского хозяйства. Как показывает опыт, в современной ситуации, сложившейся в экономике России и агропромышленном комплексе, машинно-технологические станции (МТС) на основе концентрации современной высокопроизводительной техники, способные к выполнению наиболее трудоемких работ с наименьшей стоимостью, обеспечивают расширение ареала внедрения интенсивных технологий. Парк МТС позволяет оказывать услуги по уборке зерновых – более 50 % их площадей, подсолнечника – 100 %, кормовых культур – 30 % и сахарной свеклы – более 25 % [3, с. 38].

В организационном аспекте перспективной формой деятельности МТС в условиях России является кооперативная форма организации станций, в которой достигается интеграция экономических интересов производителей и заказчиков работ в едином воспроизводственном процессе совокупной сельскохозяйственной продукции. При этом контрольный пакет акций находится у сельхозпроизводителей – учредителей МТС, что позволяет осуществлять контроль за деятельностью администрации МТС и по взаимному соглашению на равновесном уровне решать защиту интересов сторон.

На наш взгляд, в рамках анализа эффективности использования основных производственных фондов, следует рассматривать три различных показателя фондоотдачи, каждый из которых характеризует только одну сторону эффективности использования основных фондов. Поэтому для полной (действительной) оценки эффективности использования основных производственных фондов необходимо рассматривать показатели по совокупности и в динамике на протяжении нескольких лет, что позволит выявить влияние различных факторов на процессы воспроизводства как валовой сельскохозяйственной продукции, так и воспроизводства и использования основных производственных фондов. В системе показателей оценки наряду с обобщающими показателями можно использовать показатели, характеризующие использование отдельных средств труда. При этом исследования показали, что значительная часть сельхозпредприятий имеют недостаточный уровень платежеспособности для при-

обретения технических средств за счет собственных финансовых ресурсов. Без устранения имеющегося диспаритета цен они не смогут в ближайшее время избавиться от убытка в хозяйственной деятельности. Выход из кризисной ситуации в значительной степени зависит от бюджетной поддержки наращивания и технического переоснащения производственных фондов.

Воспроизводство квалифицированных кадров в сельском хозяйстве является основным условием модернизации сельского хозяйства. Модернизация материально-технической базы сельскохозяйственных предприятий в инновационном направлении на основе современных достижений научно-технического прогресса вносит существенные коррективы на формирование трудовых ресурсов, обеспечивающих рациональное высокопроизводительное использование поступающих новых технических средств и строгое выполнение технологии производства с учетом биотехнических особенностей каждой отрасли и конкретного продукта сельского хозяйства. В последние годы оплата труда работников сельхозпредприятий стала главным источником доходов их семей. Однако средний уровень зарплаты работников сельского хозяйства отстает от уровня зарплаты рабочих и служащих. В 2009 г. этот уровень по отношению к работникам экономики в среднем составлял 50 %, к работникам обрабатывающих производств – 45 % и добычи полезных ископаемых – 26 % [4]. Исходя из этого, важнейшей стратегической задачей в стране на предстоящий период является сближение уровней доходов различных социальных групп населения, жителей городов и сел.

Обеспечение эффективного использования трудового потенциала предприятия непосредственно связано с социально-экономическим стимулированием труда. Высокие темпы роста реальных доходов населения в условиях рыночной экономики имеют весьма сложный характер. В системе денежных доходов населения ведущее место занимают оплата труда, а также пенсии, пособия, другие социальные трансферты, продажи продуктов сельского хозяйства и др. Важнейшей стратегической задачей в стране на предстоящий период является сближение уровней доходов различных социальных групп населения, жителей городов и сел. Тем не менее, оплата труда работников сельхозпредприятий стала главным источником доходов их семей. Система оплаты труда в процессе реализации разработанной программы должна быть гибкой, оперативно адаптироваться к изменениям экономической ситуации как во внешней среде, так и внутри самого предприятия. Все принципы системы оплаты труда закрепляются в соответствующих документах. Организация общего образования в сельской местности имеет сложности, обусловленные особенностями сельского расселения и характером изменений в демографической ситуации [1, с. 116]. В связи с этим развитию сельской общеобразовательной школы и качеству обучения подрастающего поколения должно уделяться постоянное возрастающее внимание со стороны государственных органов, региональных и местных организаций.

Важным направлением социального развития является повышение уровня

и качества медицинского обслуживания сельского населения. В сельской местности сложилась и действует современная система оказания медицинской помощи населению, а сельское здравоохранение представлено различными звеньями – от фельдшерско-акушерских пунктов до региональных больниц. Первый этап – это оказание доврачебной помощи в сельской амбулатории и участковой больнице. Второй этап – медицинская помощь в районной поликлинике и больнице.

Обеспечение устойчивого развития сельских территорий непосредственно связано с социальной защитой, повышением занятости трудоспособного населения, поддержкой и развитием предпринимательства. На региональном уровне следует решить следующие задачи: выравнивание условий бюджетного финансирования социально значимых расходов, нормализация и улучшение демографической ситуации, снижение смертности населения, особенно детей и граждан трудоспособного возраста.

Приоритетной проблемой в устойчивом развитии сельской местности является всемерное развитие и улучшение социальной инфраструктуры. Развитие инфраструктуры выступает основным звеном в улучшении жизни и работы на сельских территориях. Наряду с технической инфраструктурой более ускоренное развитие должны получить инфраструктура учреждений и коммуникации (банки, почта, электросвязь, консультации). В регионе проблемы инфраструктуры села продолжают оставаться злободневными. В основной массе сельских поселений бытовая неустроенность выдвигает необходимость существенной перемены расселения на основе разработки архитектурно–планировочных решений, соответствующих современным требованиям благоустройства и рационального размещения жилищного фонда, культурно–бытовых объектов, организаций социальной сферы, предприятий и учреждений обслуживания местного населения. Важным достоянием сельских территорий является природный потенциал. Его использование в производственно–экономической деятельности связано не только с сельскохозяйственной деятельностью. В более широком аспекте существенное значение имеет использование различных потенциалов леса и водных ресурсов. Однако использование природной среды связано с решением проблемы возобновления используемых ресурсов, обеспечения безопасности пользования ими, сохранения и приумножения природной среды, то есть решением экологических проблем, сохранением исторических памятников, рациональной организацией приема и обслуживания отдыхающих и туристов. При планировании развития агропродовольственной сферы сельской местности важно предусмотреть возможности бесконфликтного использования земельных ресурсов и упорядочения земельных отношений.

Таким образом, стратегической целью продовольственной безопасности является обеспечение всех слоев населения продуктами питания по количеству, качеству, ассортименту и ценам, необходимых для поддержания здорового образа жизни. При этом данная цель базируется на таких принципах, как самообеспечение основными видами продовольствия; устойчивое развитие (без

ухудшения существующего и будущего состояния экономики); обеспечение эффективного роста; государственная поддержка в сочетании с рыночным механизмом; учет территориальных различий регионов по природным и экономическим условиям хозяйствования; защита от внешних и внутренних угроз агропродовольственной сферы экономики.

Литература

1. *Коростелева Н.И.* Повышение эффективности мер государственной политики развития АПК в современных условиях // Проблемы глобальной безопасности. – М., 2010, с. 98-123.
2. *Кузык Б.Н., Яковец Ю.В.* Россия – 2050: стратегия инновационного прорыва. – М.: ЗАО «Издательство «Экономика», 2004. – 632 с.
3. *Шиков Ю.В.* Продовольственная безопасность России // Москов. гос. агроинженер. ун-т им. В.П. Горячкина, 2010, вып.14/3, с. 29-46.
4. Федеральная служба государственной статистики Российской Федерации
www.gks.ru/free_doc/new_site/vvp/tab3.xls.

Д.Х. Сабанчиева

**ЭКОНОМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ
В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯМИ
В СФЕРЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ**

D.H. Sabanchiyeva

**ECONOMIC MONITORING IN THE MANAGEMENT
OF ENTERPRISES IN THE SPHERE OF NATURE MANAGEMENT**

В статье описываются возможности налаживания эффективных механизмов предупреждения экономической несостоятельности предприятий посредством развития практики экономического мониторинга, предполагающей отслеживание экономического состояния предприятий в различных сферах деятельности.

Ключевые слова: устойчивое развитие предприятий, макроэкономическое равновесие, экономический мониторинг, экономическая безопасность.

The paper describes the possibilities of developing effective mechanisms to prevent economic insolvency of enterprises through development of the practice of economic monitoring, involving the tracking of economic performance of enterprises in various fields of activity.

Keywords: sustainable development of enterprises, macroeconomic balance, economic monitoring, economic security.

В России результативное решение комплекса проблем социально-экономического развития и создание основ для устойчивого развития возможно лишь в том случае, если будут разработаны эффективные экономические, экологические, правовые, организационные, финансовые, административные методы и способы изменения приоритетов социально-экономической стратегии государства и отдельных предприятий, в том числе и в сфере природопользования. А также если будут разработаны мероприятия, которые позволят все отрасли народного хозяйства сделать привлекательным объектом активного инвестирования государственного и частного капитала.

В соответствии с представлениями автора, необходимо от топливно-сырьевой ориентации, использования морально и технологически устаревших, экологически неэффективных производств и бесперспективных социально-иждивенческих проектов перейти к активной государственной политике поддержки программ и проектов, направленных на решение неотложных проблем перестройки в области социально-экономического развития всех субъектов экономики, в области производства конкурентоспособных товаров и услуг, развития инновационного потенциала, внедрения новых информационных технологий, внедрения экологически эффективных малоотходных и безотходных технологий.

Проблема устойчивого развития предприятий в сфере природопользования в рыночной экономике трансформируется в задачу макроэкономического равновесия. По мнению автора, неодновременное формирование различных эконо-

мических, социальных и экологических процессов, разнонаправленный характер их динамики, различия в степени и продолжительности их изменения под воздействием инструментов косвенного и прямого регулирования чрезвычайно усложняют проблему обеспечения макроэкономического равновесия. На наш взгляд, для принятия соответствующих решений необходима эффективная процедура экономического мониторинга, основанная на адекватной, развернутой статистической базе, позволяющей оперативно количественно измерять текущие процессы, прогнозировать общие и частные тенденции развития и последствия принимаемых тех или иных решений. Следует учитывать фактор неопределенности, риска, непредсказуемости при управлении процессом устойчивого развития. Трудности управления этим процессом в современных условиях усугубляются реформированием государственности, достаточно сложным в организационном отношении процессом разграничения имущественных прав и ответственности, при этом многие общенациональные тенденции едва прослеживаются. Вместе с тем формирование нового типа организационно-правовых структур в России с неизбежностью сопрягается с интеграционными тенденциями на мировом и национальном уровнях, которые размывают границы отраслевой обособленности, усиливают неопределенность стратегического развития и усложняют проблемы локального регулирования.

Следует учитывать, что западные капиталы более активны и мобильны, умело используют свой многолетний опыт оперативного и стратегического маневрирования в конкурентной борьбе. Ограниченность такого опыта в России заведомо ставит отечественные экономические системы в неравные условия. Проблема экономической безопасности и разумного протекционизма проявляется все более отчетливо, если относиться к ней с достаточной долей ответственности. При этом очевидно, что усугубляемое кризисом тяжелое экономическое положение ужесточает конкуренцию между предприятиями за ограниченное число мобильных инвестиционных проектов, в том числе зарубежных. Идет своего рода соревнование между предприятиями за предоставление инвесторам условий наибольшего благоприятствования. Такая ситуация выгодна инвесторам, но означает перемещение налогового бремени на массового потребителя, мелких и средних местных производителей, экономический потенциал которых исчерпан. Такое перемещение налогового бремени может усугубить дисбаланс развития отраслей народного хозяйства России [Коротков Э.М., 2003, Парсаданов Г.А., 2001].

С точки зрения рыночной модели отсутствие кризиса экономической подсистемы обеспечивается равновесием на рынках ресурсов и рынках услуг. Равновесие спроса и предложения на рынке, в свою очередь, зависит от политики доходов. С трудом формируемый в условиях падающих реальных доходов значительной части населения локальный спрос мгновенно перехватывается зарубежными фирмами, готовыми немедленно поставить на рынок требуемую продукцию, что затрудняет структурные преобразования местных производителей,

последние превращаются в проводников импортных товаров на отечественные рынки [Нещадин А.Р., 2000].

По мнению автора, в целом устойчивое развитие предприятий обеспечивается устойчивостью экономической системы, уровнем взаимодействия ее структурных подсистем, а также способностью отраслей самостоятельно формировать текущие и стратегические цели, создавать механизм адаптации к возможным изменениям любого уровня, изыскивать резервы самоорганизации и саморазвития.

В условиях рыночной экономики увеличение прибыли предприятий в большей части находится в зависимости от применения таких экономических мер как сокращение издержек, использование ценовой конъюнктуры, монопольное положение производителя, нахождение нового сегмента рынка с неудовлетворенным спросом. При этом предприятия в стремлении увеличить прибыль, с помощью использования всего комплекса этих мер, в первую очередь, производят экономию на социальных и экологических издержках, что по нашему мнению, нельзя отнести к лучшему варианту сокращения всей совокупности затрат [Парсаданов Г.А., 2001].

В результате нарастания кризисной ситуации и как следствия нарушения устойчивого положения предприятий, изменяются приоритеты и направления в использовании ресурсов. Так, в структуре финансовых ресурсов значительной части предприятий доля расходов на развитие производства снизилась за годы реформ в десять раз, а на социальное развитие – в двенадцать раз, при этом хозяйствующие субъекты продолжают сокращать расходы на расширенное воспроизводство и социальные нужды трудовых коллективов [Парсаданов Г.А., 2001].

Следует учесть и то обстоятельство, что формирование финансовых средств происходит в условиях, для которых характерны высокий уровень инфляции, налогов и процентных ставок за кредит, а также низкая договорная и производственная дисциплина. В этом случае инвестирование предприятий в материальную и экологическую сферу не эффективно, что в свою очередь замедляет процесс обновления и модернизации основных фондов и способствует неустойчивости и потере конкурентоспособности [Вишняков Я.Д., 2008].

В соответствии с представлениями автора, внедрение экономического мониторинга в систему управления предприятиями необходимо именно в условиях наибольшего риска возникновения кризисных ситуаций в деятельности большинства предприятий России. Так, на Федеральном уровне и ее подразделениях в регионах отсутствует комплексная информационная база, позволяющая взаимоувязывать различные информационные потоки, характеризующие тенденции и динамику социально-экономического развития, как отдельных предприятий, так и отраслей народного хозяйства. Усиление коммуникационных связей между государственными структурами в значительной степени повысила бы эффективность применения системы экономического мониторинга.

Основным направлением устойчивой экономической политики настоящего этапа формирования в России рыночной экономики являются структурные преобразования. В качестве одной из главных задач при этом определено обеспечение платежеспособности предприятий, и на первый план выступает систематическая работа по предупреждению их несостоятельности, разработка комплекса превентивных мер. Экономическое положение большинства предприятий в сфере природопользования таково, что по отношению к ним можно говорить либо об экономической несостоятельности, либо о высокой вероятности ее наступления. В этом случае адекватное числу подобных предприятий количество процедур банкротства может привести к нарушению экономических интересов очень большой группы их экономических партнеров-кредиторов, инвесторов, предприятий, включенных в совместные, межрегиональные и международные программы.

Налаживание эффективных механизмов предупреждения экономической несостоятельности предприятий возможно посредством развития практики экономического мониторинга предприятий, предполагающей отслеживание экономического состояния предприятий посредством факторного анализа, а также выявления проблемных предприятий на ранних стадиях кризиса и поддержку их деятельности. Исходя из сложившейся в стране экономической ситуации, по нашему мнению, данный экономический мониторинг производственно-хозяйственной деятельности необходим для всех хозяйствующих субъектов в России [Чупров С.В., 2001].

Усиление кризисных явлений в экономике заставляет предприятия в сфере природопользования включаться в разрешение проблем, связанных с устойчивым управлением, разрабатывать стратегии развития и мероприятия по реструктуризации бизнеса. Это обуславливает создание такой системы оздоровления, банки данных которой позволили бы подбирать и систематизировать информацию о методах и технологиях управления предприятиями в сфере природопользования, типовых управленческих решениях в кризисных социально-экономических ситуациях. Подобные данные должны содержать необходимую информацию для действующих в условиях кризиса предприятий в сфере природопользования, позволяющую выделить основные риски, элементы стратегии выживания.

Успешная реализация экономического мониторинга во многом зависит от целостности и эффективного функционирования информационных потоков. В настоящее время, к сожалению, система информационных потоков практически на всех уровнях иерархии службы налажена неэффективно [Лексин В.Н., 1999, Чупров С.В., 2001].

Таким образом, по нашему мнению основой концепции устойчивого экономического развития должен быть динамичный процесс совершенствования государственного управления экономикой и развития всех отраслей народного хозяйства, согласованный с результатами экономического мониторинга и по-

этапным процессом создания условий благоприятствующих бескризисному развитию предприятий. Именно так, на наш взгляд, можно создать экономическую основу, при которой централизованное управление не нарушило бы объективных, обусловленных рыночными механизмами границ государственного воздействия на процессы социально-экономического развития и сочеталось бы при этом с инициативой и ответственностью предприятий в сфере природопользования за конечные результаты своей деятельности. Необходимо также целенаправленно проводить последовательные действия, способствующие преодолению имеющихся противоречий между отечественными и международными нормативными документами с учетом реальных возможностей предприятий и государственных интересов, ориентируясь, прежде всего, на приоритет отечественных производителей и потребителей. При этом основными регуляторами общего процесса согласования интересов между предприятиями должны стать такие экономические формы как менеджмент, маркетинг, сертификация систем качества товаров и услуг.

Литература

1. Вишняков Я.Д., Радаев Н.Н. Общая теория рисков. 2-е изд., испр. – М.: Издат. центр «Академия», 2008. – 368 с.
2. Коротков Э.М. Антикризисное управление. – М.: Инфра-М, Наука, 2003.
3. Лексин В.Н., Селиверстов В.Е. сущность проблемы и механизмы формирования общероссийской системы мониторинга региональных ситуаций и региональных проблем // Регион: экономика и социология, 1999, № 3, с. 3-31.
4. Нецадин А.Р., Липиц В.А. Выход из кризиса: иллюзии или реальность // Общество и экономика, 2000, № 2, с. 3-18.
5. Парсаданов Г.А. Планирование и прогнозирование социально-экономической системы страны (теоретико-методологические аспекты). – М.: ЮНИТИ, 2001.
6. Чупров С.В., Каневский А.Б. Мониторинг деятельности предприятия: сущность, функции и программные средства // Изв. Иркутской государственной экономической академии, 2001, № 4.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Е.П. Истомин, Л.С. Слесарева

О НЕКОТОРЫХ ВОПРОСАХ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПОВЕДЕНИЯ ГИС

E.P. Istomin, L.S. Slesareva

ABOUT SOME QUESTIONS OF MODELING OF BEHAVIOR GIS

В статье описывается выбор модели прогнозирования рисков на примере стационарного эргодического процесса. Получены математическое ожидание, средне-квадратическое отклонение и автокорреляционная функция.

Ключевые слова: случайный процесс, аппроксимация, математическое ожидание, дисперсия, автокорреляционная функция.

The paper describes the model selection risk prediction as an example of a stationary ergodic process. Obtained mathematical-mechanical expectation, standard deviation and autocorrelation function.

Keywords: stochastic process approximation, expectation, variance, autocorrelation function.

Какую модель лучше выбрать? Этот вопрос возникает каждый раз, когда исследование сопровождается статистическими данными, на основании которых необходимо осуществить тот или иной прогноз. Статистическая обработка данных не дает полного ответа на состояние исследуемой системы в будущем. У нас имеется просто фиксация состояния системы на момент измерения ее параметров. Если говорить об описании поведения системы с помощью случайных процессов, тогда в нашем распоряжении имеется из бесконечного множества всего лишь одна реализация этого процесса. Можно ли на основании этой реализации судить о поведении системы в настоящее время и в прогнозируемый период? Тогда и возникает вопрос выбора соответствующей модели, которая будет с заданной точностью описывать поведение реальной системы.

Для описания поведения как технических, так и социально-экономических систем часто используются стохастические модели, с помощью которых описываются отклики системы на возбуждающие воздействия на нее. Часто это бывают параметрические модели, где с помощью параметров (характеристик) описывается поведение системы. Это могут быть, как одно-, так и многопараметрические модели. Если параметры могут быть описаны с помощью случайных

процессов, тогда в общем виде модель будет:

$$\bar{X}(t) = F(t, \bar{\theta}) \quad (1)$$

где $\bar{X}(t)$ – многомерный случайный процесс (отклик системы на воздействия), $F(t, \bar{\theta})$ – функция, преобразующая воздействия $\bar{\theta}$ на систему; t – время.

Исследуемую систему, как правило, представляют в виде черного ящика (рис. 1), ее поведение может быть описано с помощью выражения (1).

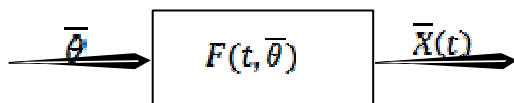


Рис. 1. Модель «Черный ящик»

Данная модель всем хороша, кроме того, что практически невозможно описать все воздействия, которые влияют на параметры (характеристики) системы.

Определить вид функции $F(t, \bar{\theta})$ тоже не простая задача, решение которой также приводит к некоторым допущениям, частично соответствующим действительности. Поэтому при построении модели мы должны понимать относительную адекватность модели действующей системы.

В работах [1, 2] представлена методика прогнозирования рисков в геосистемах на базе однопараметрической модели. Для исследования адекватности модели в нашем распоряжении были данные поведения р. Невы (уровень воды на различные моменты времени) за 2010 г. Замеры проводились каждый час у Горного института и у Кронштадтского футштока.

Для прогнозирования рисков необходимо построить модель. В данном случае в качестве основного параметра модели выбран уровень воды, описываемый случайным процессом. Если физическое явление описывается случайным процессом, то свойства этого явления можно оценить в любой момент времени путем усреднения по совокупности выборочных функций, образующих случайный процесс. Т.е. среднее значение случайного процесса в момент времени t_1 можно вычислить, взяв мгновенные значения всех выборочных функций в момент времени t_1 , сложив значение и разделив их на число выборочных функций. Для определения полного набора функций распределения, задающих структуру случайного процесса, необходимо вычислить бесконечное число моментов и смешанных моментов высших порядков. В том случае когда все моменты и смешанные моменты инвариантны во времени, случайный процесс называется строго стационарным. Если в стационарном процессе среднее значение $\mu.(t_1)$ и ковариационная функция $R_{xx}(\tau)$ совпадают, то такой процесс является эргодическим [3].

Предположим, что процесс является стационарным эргодическим. Поэтому представляется возможным разделить его на равные отрезки и, оценив один от-

резок, предположить, что на других отрезках процесс будет обладать такими же свойствами. Можно разделить процесс на участки и изучить математическое ожидание и среднеквадратическое отклонение (рис. 2, 3).

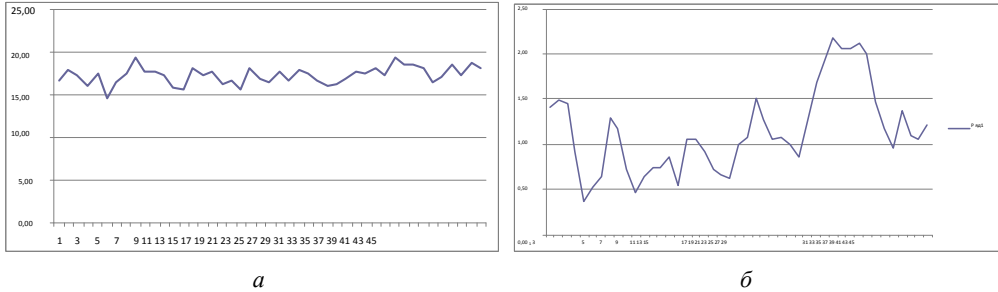


Рис. 2. Математическое ожидание: а – Горный институт; б – Кронштадт

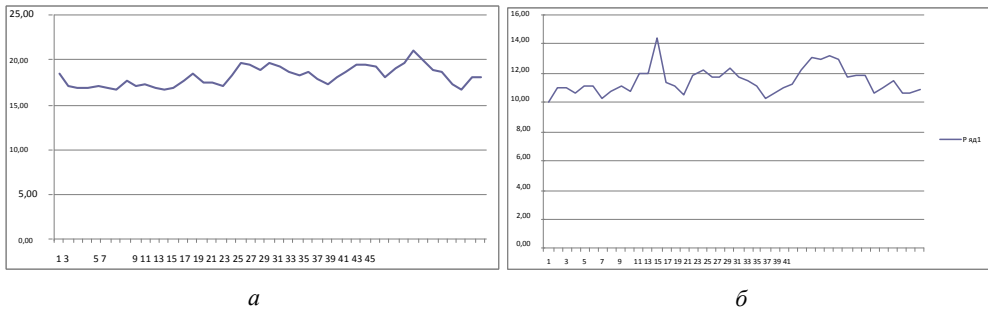


Рис. 3. Среднеквадратическое отклонение: а – Горный институт; б – Кронштадт

Учитывая выше сказанное, можно предположить, что процесс действительно стационарный эргодический.

Для оценки риска воспользуемся формулами [1, 2]:

$$R_* = \frac{\omega(t)}{\int_0^t \frac{x dt}{\sqrt{1 - r^2}} \sqrt{\frac{T_m}{X}} W_{\max}} \quad (2)$$

$$R_* = \frac{\Phi\left(\frac{b}{\sigma(t)} - \frac{m_{x,t_3} - m_x}{\sigma(t) \sqrt{1 - r^2}}\right) - \Phi\left(\frac{b}{\sigma(t)} - \frac{m_{x,t_3} - m_x}{\sigma(t) \sqrt{1 - r^2}}\right)}{\left\{ \frac{T_m}{X} W_{\max} \right\}} \quad (3)$$

$$\max \left(\int_{x_1}^{x_2} \dots \int_{t_1}^{t_2} \dots \right)_{mm \dots mm}$$

где $m_x(t_x)$ – математическое ожидание случайного процесса; $\sigma_x(t_x)$ – среднеквадратическое отклонение; $r_x(0, t_3)$ – автокорреляционная функция.

Есть основания предполагать, что для дальнейшего моделирования понадобится автокорреляционная функция (рис. 4).

Эргодические случайные процессы образуют важный класс случайных процессов, поскольку все свойства процесса можно определить по единствен-

ной выборочной функции. Как видно из вышеизложенного, процесс действительно является стационарным эргодическим, поэтому данная выборка является достаточной для оценки свойств всего процесса.

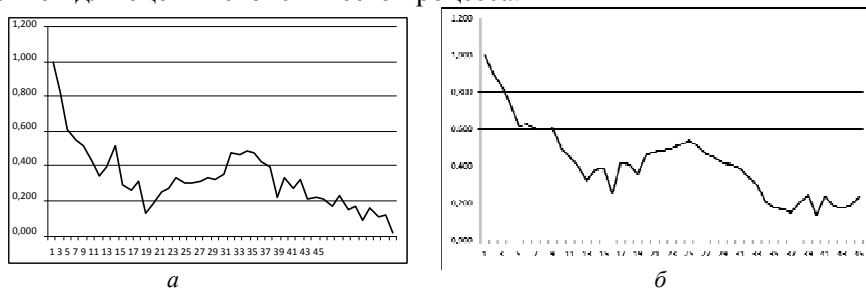


Рис. 4. Функция автокорреляции: *a* – Горный институт; *б* – Кронштадт

На рис. 4 представлены реализации нормированной автокорреляционной функции, которая может быть аппроксимирована функцией $R(t) = e^{-\beta|t|}$, что представлено на рис. 5.

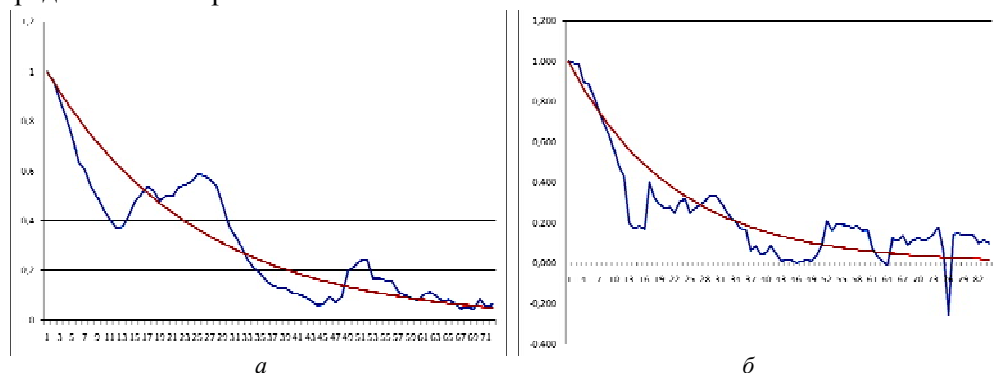


Рис. 5. Функция автокорреляции после аппроксимации: *a* – Горный институт; *б* – Кронштадт

В результате аппроксимации получена оценка нормированной взаимнокорреляционной функции, которая в дальнейшем может быть использована для прогнозирования и оценки рисков [выражения (2), (3)].

Данные исследования показали, что для прогнозирования рисков наводнения на р. Невае вполне могут быть использованы в качестве модели стохастические процессы, характеристики которых рассчитываются по одной реализации данного процесса. Более того, для дальнейших исследований эти процессы можно моделировать с помощью компьютерного или математического моделирования.

Литература

1. *Истомин Е.П., Слесарева Л.С.* Оценка риска экстремальных гидрометеорологических явлений // Уч. зап. РГГМУ, 2010, вып. 16.
2. *Истомин Е.П., Слесарева Л.С.* Применение стохастических моделей для прогнозирования рисков в геосистемах // Уч. зап. РГГМУ, 2010, вып. 17.
3. *Пирсол А., Бендат Дж.* Прикладной характер случайных данных / Пер. с англ. – М.: Мир, 1989.

С.В. Сомов, В.М. Шаймарданов

О ЗАЩИТЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ В ФОНДЕ ДАННЫХ РОСГИДРОМЕТА

S.V. Somov, V.M. Shaimardanov

ON PROTECTION OF INFORMATION RESOURCES OF ROSHYDROMET DATA FUND

Рассматривается системный подход к организации обеспечения защиты данных хранящихся в автоматизированной системе (АС) Единого государственного фонда данных (ЕГФД) по окружающей среде и ее загрязнению в соответствии с требованиями законодательства РФ. На основе анализа АС ЕГФД выделены и классифицированы основные источники угроз безопасности информационных ресурсов, проведена оценка вероятности их реализации, так же определен перечень основных мероприятий и средства противодействия этим угрозам.

Ключевые слова: данные. Информационные ресурсы. Защита информации. Единый государственный фонда данных (ЕГФД).

A systematic approach is considered to the organization of data protection on the Automated System of the Unified State Fund of Data on the Environment and Environmental Pollution (according to the requirements of the Russian Federation Legislation). Based on the analysis of the Automated System of the Unified State Fund of Data on the Environment and Environmental Pollution, the main sources of threats to information resources security have been determined and classified; the threat probability has been assessed and also the list of major activities and threat response means have been identified.

Keywords: data, information resources, protection of Information, unified State Fund of Data.

Информационные ресурсы в области гидрометеорологии и смежных с ней областях, хранящиеся в Едином государственном фонде данных (ЕГФД) Росгидромета, относятся к государственным информационным ресурсам и в соответствии с законодательством РФ подлежат защите [1]. Основой современной доктрины информационной безопасности является обеспечение интересов всех субъектов информационных отношений, которые заключаются в законном праве их доступа и получения достоверной информации за приемлемое время, а в некоторых случаях, предусмотренных законом, и в сохранении ее конфиденциальности.

Особую специфику проблема защиты приобретает в связи с тем, что в современном обществе, в том числе и в гидрометеорологии, средой обработки данных и местом ее долговременного хранения являются специализированные центры, где сосредоточены мощные средства вычислительной техники, роботизированные библиотеки и информационно-телекоммуникационная инфраструктура. Специалисты таких центров наравне с другими субъектами информационных отношений (наблюдателями, потребителями), также заинтересованы в ми-

нимизации возможного ущерба от потери и искажения данных, которые могут возникнуть в результате нештатной работы программных и технических средств и ряда других угроз, так как всё это может привести к компрометации информации: нарушению её целостности, конфиденциальности и доступности [2]. К числу таких центров, содержащих информацию в области гидрометеорологии и смежных с ней областях, относится и ЕГФД по окружающей среде и ее загрязнению, ведение которого возложено на ГУ «ВНИИГМИ-МЦД».

Под доступностью информации в ЕГФД понимается законное право субъектов информационных отношений получать доступ к имеющимся в фонде данным и сведениям за приемлемое время. Средства защиты информации для реализации права доступа должны быть направлены против угроз блокирования и/или уничтожения информации, а критерием эффективности защиты является время доступа к информации. Обеспечение права субъектов в получении достоверной информации в ЕГФД сводится к защите и контролю целостности хранящихся в ней данных и сведений, т.е. предотвращению угроз несанкционированной модификации гидрометеорологических и других данных фонда и их ответственности первоисточнику. Законное право сохранения в тайне некоторой части информации должно быть реализовано при помощи средств защиты направленных на предотвращение угроз несанкционированного доступа (НСД) к информационным ресурсам. Таким образом, три компонента: доступность, целостность и конфиденциальность информации представляют собой суть системного подхода к ее защите в ЕГФД. Каждая из этих компонент должна быть обеспечена специфической совокупностью мер и средств защиты. Для их определения необходимо провести анализ угроз информационной безопасности, оценить вероятность их реализации и комплекс организационных мер и программно-технических средств защиты.

Автоматизированная система (АС) ЕГФД, которая призвана решать задачи автоматизации процессов комплектования, ведения фонда и обслуживания потребителей, представляет собой совокупность, специальным образом организованных, коллекций данных (массивов, баз данных) на электронных носителях, технических и программных средств их сбора, обработки, долговременного хранения, информационного обслуживания и обмена с другими системами. Она также включает в себя и персонал, принимающий участие как в технологических заданиях, так и в обеспечении работоспособности АС.

На основе анализа АС ЕГФД нами выделены следующие основные источники угроз безопасности информационных ресурсов:

1. Непреднамеренные угрозы.

Источником непреднамеренных угроз, как правило, являются пользователи, операторы, системные администраторы и другие сотрудники ГУ «ВНИИГМИ-МЦД», обслуживающие систему, т.е. они являются внутренними источниками случайных воздействий, т.к. имеют непосредственный доступ к процессам обработки информации и могут совершать непреднамеренные ошибки.

2. Преднамеренные угрозы несанкционированного доступа к информации (НСД).

Угрозы представляют собой основные возможные пути умышленной дезорганизации работы, вывода АС ЕГФД из строя, проникновения в систему и несанкционированного доступа к информации (с корыстными целями, по принуждению, из желания отомстить и т.п.). К ним нами отнесены:

- угрозы уничтожения или хищения аппаратных средств, носителей информации *путем физического доступа к элементам АС ЕГФД*;
- угрозы утечки, несанкционированной модификации или блокирования информации *с применением программно-аппаратных или программных средств*;
- угрозы преднамеренных действий *внутренних нарушителей*;
- угрозы несанкционированного доступа к АС ЕГФД *по каналам связи*;

Оценка вероятности реализации угроз проводилась экспертно на основе качественных показателей по шкале, где:

$0 < X < 0,25$ – низкая вероятность реализации угрозы;

$0,25 \leq X \leq 0,5$ – средняя;

$0,5 < X < 0,75$ – высокая;

$0,75 \leq X < 1,0$ – очень высокая.

Все выделенные нами угрозы и полученные оценки вероятности их реализации в АС ЕГФД, а также перечень основных мероприятий и средства противодействия угрозам сведены в табличный вид (табл. 1 и 2).

Из таблиц видно, что наименьшее количество угроз (6) у нас попадает в группу с высокой вероятностью их реализации, а больше всего угроз (12) попадает в группу с низкой вероятностью реализации. В группу со средней вероятностью реализации попало 11 угроз, что только на единицу меньше чем угроз с низкой вероятностью. То есть по мере роста вероятности реализации угроз их количество уменьшается.

Ранжируя угрозы, по оценкам вероятности их реализации, видно, что наибольшее число угроз (4), представляющих высокую опасность информационным ресурсам, попадает в класс «Непреднамеренные угрозы», а в классе «Преднамеренные угрозы» их только 2. При этом одну из двух преднамеренных угроз представляет собой угроза несанкционированной установки на ПЭВМ или сервер АС ЕГФД программного обеспечения, не связанного с выполнением основных технологических операций сотрудником на данном АРМ. По всей видимости, такая угроза в большей степени обусловлена халатностью, возможно, даже сознательным нарушением своих должностных обязанностей, чем злым умыслом. Распределение непреднамеренных и преднамеренных угроз по группам со средней и низкой вероятностью реализации угроз произошло практически в равном отношении. Следует, правда, отметить, что число преднамеренных, умышленных угроз в этих группах в количественном отношении преобладает над непреднамеренными угрозами, т.е. риски от их реализации повышаются.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Таблица 1

Угрозы безопасности информации в Автоматизированной системе ЕГФД.

Основные непреднамеренные угрозы в АС ЕГФД

Наименование угрозы	Вероятность реализации угрозы	Меры по противодействию угрозе	
		технические	организационные
1	2	3	4
Утрата атрибутов разграничения доступа (паролей, ключей шифрования или ЭЦП, идентификационных карточек, пропусков)	низкая	Идентификация и аутентификация. Аудит доступа	Регламент доступа и ведения атрибутов разграничения доступа. Персональная ответственность
Непреднамеренное отключение средств защиты	низкая	Система защиты от НСД и ее настройка. Администрирование привилегий, роли	Инструкция пользователя. Обучение персонала. Введение запретов, усиление ответственности
Неумышленная порча оборудования, отключение оборудования или изменение режимов работы устройств	низкая	Резервирование оборудования	Инструкция пользователя. Технологический процесс. Обучение персонала. Введение запретов, усиление ответственности
Случайное удаление, искажение программ или файлов с важной информацией (в том числе системных)	высокая	Администрирование привилегий, роли. Контроль целостности файлов. Резервное копирование	Инструкция пользователя. Обучение персонала. Введение запретов, усиление ответственности
Несанкционированный запуск технологических программ, способных при некомпетентном использовании вызывать потерю работоспособности системы	средняя	Администрирование привилегий, роли	Инструкция пользователя. Технологический процесс. Обучение персонала. Введение запретов, усиление ответственности
Неумышленная порча носителей информации	низкая		Инструкция пользователя. Резервирование. Обучение персонала. Введение запретов, усиление ответственности
Повреждение каналов связи	низкая		Инструкция пользователя Резервирование. Обучение персонала. Введение запретов, усиление ответственности
Непреднамеренное заражение компьютера вирусами	высокая	Антивирусная программа	Инструкция пользователя. Технологический процесс. Обучение персонала. Введение запретов, усиление ответственности

Окончание табл. 1

1	2	3	4
Ввод ошибочных данных	высокая	Механизмы СУБД (ограничения целостности, триггеры)	Инструкция пользователя. Обучение персонала
Другие неумышленные действия сотрудников, приводящие к частичному или полному отказу системы или нарушению работоспособности аппаратных или программных средств	высокая		Инструкция пользователя. Обучение персонала. Введение запретов, усиление ответственности
Сбои в программном обеспечении	средняя	Резервная копия	Инструкция пользователя
Сбои в работе аппаратных средств, в электропитании	средняя	Генераторы и источники бесперебойного питания. Резервирование.	Инструкция пользователя
Потеря информации или работоспособности АС ЕГФД в результате стихийных бедствий или явлений (удар молнии, пожаров, наводнений и т.д.).	средняя	Противопожарная сигнализация. Противопожарные средства. Громоотвод, заземление	Инструкция пользователя. Резервирование

Таблица 2

**Угрозы безопасности информации в Автоматизированной системе ЕГФД.
Преднамеренные угрозы несанкционированного доступа к информации в АС ЕГФД**

Наименование угрозы	Вероятность реализации угрозы	Меры по противодействию угрозе	
		технические	организационные
1	2	3	4
Угрозы уничтожения, хищения аппаратных средств, носителей информации путем физического доступа к элементам АС ЕГФД			
Кража ПЭВМ или других отдельных элементов АС ЕГФД	средняя	Применение физических средств защиты: охранный сигнализация, видеонаблюдение, решетки на окна, металлическая дверь, кодовый замок. Шифрование данных	Пропускной режим. Охрана. Акт установки средств защиты
Кража носителей информации	средняя	Применение физических средств защиты: охранный сигнализация, видеонаблюдение, решетки на окна, металлическая дверь, кодовый замок. Шифрование данных	Акт установки средств защиты Учет носителей информации

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Продолжение табл. 2

1	2	3	4
Умышленный вывод из строя узлов АС: ПЭВМ, серверов, каналов связи	низкая	Применение физических средств защиты: охранный сигнализация, видеонаблюдение, решетки на окна, металлическая дверь, кодовый замок. Программная система защиты от НСД. Резервирование	Акт установки средств защиты. Учет носителей информации и обслуживания
Несанкционированный доступ к информации при техническом обслуживании (ремонте, уничтожении) узлов ПЭВМ	низкая	Идентификация и аутентификация. Аудит доступа. Шифрование данных	Усиление контроля и ответственности. Регистрация действий персонала
Несанкционированное отключение средств защиты	низкая	Идентификация и аутентификация. Аудит доступа. Шифрование данных. Регистрация действий персонала	Акт установки средств защиты. Усиление контроля и ответственности
Угрозы утечки, несанкционированной модификации или блокирования информации с применением программно-аппаратных или программных средств			
Незаконное получение паролей и других реквизитов разграничения доступа (агентурным путем, используя халатность сотрудников, путем подбора, путем имитации интерфейса системы программными закладками и т.д.) с последующей маскировкой под зарегистрированного пользователя	средняя	Средства, препятствующие внедрению программ перехвата паролей, ключей и других реквизитов. Криптографическая защита передаваемой информации	Инструкция пользователя. Обучение персонала. Введение запретов, усиление ответственности
Модификация, уничтожение информации или ее кража путем копирования.	высокая	Идентификация и аутентификация. Администрирование привилегий, роли. Контроль целостности файлов. Аудит доступа и действий пользователей. Резервное копирование	Акт установки средств защиты. Инструкция пользователя. Обучение персонала. Введение запретов, усиление ответственности

Продолжение табл. 2

1	2	3	4
Компьютерные вирусы	высокая	Антивирусное ПО	Акт установки средств защиты. Инструкция пользователя. Обучение персонала. Введение запретов, усиление ответственности
Недекларированные возможности ПО в том числе системного	низкая	Сертификация ПО	Документ о сертификации соответствия
Установка ПО, не связанного с исполнением служебных обязанностей (игровых, обучающих, технологических и других, не являющихся необходимыми для выполнения сотрудниками своих служебных обязанностей)	высокая	Администрирование привилегий, роли. Контроль целостности системы	Введение запретов, усиление ответственности
Наличие аппаратных закладок в приобретаемых ПЭВМ или другом оборудовании АС ЕГФД	низкая	Сертификация ПЭВМ. Настройка средств защиты	Документ о сертификации соответствия
Внедрение аппаратных закладок обслуживающим персоналом (ремонтными организациями)	низкая		Контроль действий. Введение запретов, усиление ответственности
Угрозы преднамеренных действий внутренних нарушителей			
Несанкционированное копирование, модификация, уничтожение информации сотрудниками, не допущенными к ее обработке	средняя	Идентификация и аутентификация. Аудит доступа. Администрирование привилегий, роли. Контроль целостности файлов	Акт установки средств защиты. Разрешительная система допуска. Технологический процесс обработки. Введение запретов, усиление ответственности

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Окончание табл. 2

1	2	3	4
Угрозы несанкционированного доступа по каналам связи			
Несанкционированный доступ к информационным ресурсам ЕГФД через ЛВС организации	средняя	Межсетевой экран	Технологический процесс. Инструкция пользователя. Инструкция администратора безопасности. Акт установки средств защиты
Утечка атрибутов доступа	средняя	Межсетевой экран	Технологический процесс. Инструкция пользователя. Инструкция администратора безопасности. Акт установки средств защиты
Перехват данных, передаваемых по каналам связи, и их анализ с целью получения конфиденциальной информации	низкая	Шифрование данных.	Инструкция пользователя. Инструкция администратора безопасности. Акт установки средств защиты

Технические средства защиты для противодействия таким угрозам, как видно из таблиц, включают, прежде всего, средства ограничения доступа пользователей к информационным ресурсам на основе механизмов идентификации и аутентификации пользователей, администрирования привилегий, предоставляемых пользователям на право чтения, записи, модификации и удаления каждого конкретного информационного объекта хранения, а также аудита деятельности пользователей. Кроме того, она включает средства фиксации исходного состояния и контроля целостности файлов в фонде, а также средств ограничений целостности в СУБД, применяемых на этапах обработки данных и обслуживания в технологиях АС ЕГФД. И, наконец, резервирование информационных ресурсов (в том числе и оборудования) во многих случаях является самым эффективным средством, обеспечивающим информационную безопасность.

Разработка требований к этим средствам защиты является актуальной задачей, которую необходимо дифференцированно решить на основе категорирования информационных ресурсов в области гидрометеорологии и смежных с ней областях. Прежде всего, это относится к информации, ограничения на распространение которой могут быть введены руководством организации в соответствии с предоставленными действующим законодательством правами. Кроме того, требования к средствам защиты зависят от категорирования данных и сведе-

ний по уровню допустимой задержки в получении информационных ресурсов, от уровня, когда задержка получения не должна превышать нескольких минут, до уровня, когда временные задержки для доступа не лимитированы. По аналогии, необходимо осуществить категорирование информационных ресурсов ЕГФД по уровню защиты целостности и аутентичности данных и сведений, а каждая из категорий также должна быть обеспечена гарантированными методами защиты.

Другой, не менее эффективный, способ защиты данных обеспечивается организационными мерами противодействия угрозам в АС ЕГФД. Организационные меры защиты – это, прежде всего, меры, регламентирующие процессы функционирования систем обработки данных, использование их ресурсов, деятельность обслуживающего персонала, а также порядок взаимодействия пользователей с системой таким образом, чтобы в наибольшей степени затруднить или исключить возможность реализации угроз безопасности или снизить размер потерь в случае их реализации. К таким мерам нами отнесены регламентации:

- доступа в помещения (в здание, на территорию);
- допуска сотрудников к использованию информационных ресурсов, регламентация процессов ведения баз данных и осуществления модификации информационных ресурсов;
- процессов обслуживания и осуществления модификации аппаратных и программных ресурсов, обеспечение и контроль физической целостности (неизменности конфигурации) аппаратных ресурсов;
- кадровая работа по обеспечению защиты информации (подбор и подготовка персонала, обучение пользователей);
- введение запретов и ответственность за нарушения установленного порядка.

Выводы

1. Классификация и оценка вероятности угроз безопасности информационных ресурсов АС ЕГФД позволила их систематизировать, определить перечень необходимых мер противодействия угрозам безопасности и расставить основные приоритеты по их эффективному применению.

2. Показана необходимость категорирования информационных ресурсов фонда с целью осуществления дифференцированного подхода для разработки требований по применению средств защиты в АС ЕГФД.

3. Предложенная совокупность организационных и технических мер противодействия угрозам позволяют минимизировать риски нарушения информационной безопасности ресурсов АС ЕГФД, построить систему ее защиты, соответствующую требованиям основных нормативных документов.

Литература

1. Федеральный закон Российской Федерации «Об информации, информационных технологиях и защите информации» № 149-ФЗ от 27.07.06 г.
2. Сомов С.В., Шаймарданов В.М. О защите информационных ресурсов в области гидрометеорологии и смежных с ней областях // Труды ВНИИГМИ-МЦД, 2010, вып. 174, с. 23-27.

Н.Е. Сердитова

МЕТОДОЛОГИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЗАДАЧАХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

N.E. Serditova

APPLICATION OF GEO INFORMATION TECHNOLOGIES IN REMOTE SENSING: METHODOLOGY

Рассмотрены основные задачи, возникающие при использовании данных дистанционного зондирования атмосферы и подстилающей поверхности в качестве информационных слоев геоинформационных систем. Предложены методы компрессии данных, выбора наиболее информативного спектрального диапазона и методы распознавания образов на спутниковых снимках в зависимости от уровня наличия априорной информации, реализуемые в контуре ГИС.

Ключевые слова: дистанционное зондирование, распознавание образов, информативность, геоинформационные системы.

The main problems in using remote sensing data of the atmosphere and Earth surface as information layers for GIS are considered. GIS- applicable methods for data compression, looking for the most informative spectral range and satellite imagery pattern recognition are proposed for various levels of prior information availability.

Key words: remote sensing, pattern recognition informative, GIS.

В последние годы геоинформационные системы (ГИС) стремительно становятся стандартным инструментом для принятия решений в задачах управления ресурсами окружающей среды. Благодаря способности хранить, обрабатывать, анализировать и визуализировать в структурированной электронной форме огромные объемы пространственно распределенных разнородных данных, ГИС позволяют быстро генерировать синтетическую информацию в удобной для принимающих решения специалистов форме. В решениях XV Всемирного Метеорологического Конгресса (2007, Женева) и Стратегическом плане ВМО (ВМО № 1028) настойчиво рекомендуется широкое внедрение ГИС в мировую метеорологическую практику в качестве основы перспективных информационных систем.

В метеорологических и природоохранных приложениях имеется особый круг задач, решение которых в значительной степени облегчается или ускоряется при использовании ГИС. К ним можно отнести раннее оповещение о стихийных бедствиях и опасных погодных явлениях, наблюдения за лесными и тундровыми пожарами, контроль за крупномасштабными выбросами загрязняющих веществ в атмосферу и Мировой океан, контроль за водной и ветровой эрозией почв, определения границ снежного покрова, затопления и разлива рек, агрометеорологические и биометеорологические приложения, обнаружение сигналов изменения и изменчивости климата. Использование ГИС в подобных задачах

имеет одну общую характерную особенность, а именно: необходимость усвоения и анализа данных дистанционного зондирования, в особенности от метеорологических радиолокаторов и спутников для исследования окружающей среды.

Однако цифровая информация с современных средств дистанционного зондирования требует расшифровки и анализа с целью идентификации изображенных на снимках объектов, выполняемого, как правило, вне рамок ГИС с использованием специализированных программных и аппаратных средств. Можно выделить две типовые задачи, решение которых необходимо для превращения спутниковых снимков в информационные слои, составляющие основу для хранения информации в ГИС: 1) компрессия данных, или задача выбора наиболее информативных спектральных диапазонов зондирования; 2) расшифровка изображения в выбранном спектральном диапазоне и идентификация изображенных на снимках объектов. Процесс принятия решений был бы значительно ускорен, если бы решение этих задач было возможно непосредственно в рамках ГИС, да еще в автоматическом режиме. В настоящей работе обсуждается методология решения подобных задач.

Эффективным способом компрессии многомерных случайных величин, каковыми являются спутниковые изображения, является составление их линейных комбинаций с ядрами, являющимися собственными векторами ковариационной матрицы. Полученные таким образом новые случайные величины будут некоррелированы и обладать дисперсией (а, следовательно, и информативностью), равной соответствующим собственным числам. При этом наибольшей информативностью на классе всех линейных комбинаций будет обладать комбинация с ядром, отвечающим максимальному собственному числу.

Рассматривается случайный вектор наблюдений

$$\mathbf{X}^T = (x_1, \dots, x_n), \tag{1}$$

где n – число спектральных каналов, x_i – яркость в точке поверхности в i -м диапазоне. При получении снимка в i -м спектральном диапазоне реализация вектора наблюдений будет представлять собой матрицу значений яркости

$\{ \}_{k=1, \dots, L}^K$ в каждой точке изображения k, l, K , L определяют размеры изображения с учетом пространственного разрешения.

Оценка максимального правдоподобия ковариационной матрицы вектора наблюдений

$$\Sigma = \frac{1}{KL} \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L (\mathbf{X}_{k,l} - \underline{\mathbf{X}})(\mathbf{X}_{k,l} - \underline{\mathbf{X}})^T \tag{2}$$

$$\mathbf{X} = \sum_{k=1}^{KL} \sum_{l=1}^L \cdot_{kl} \quad (3)$$

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Характеристическое уравнение для определения собственных чисел λ_i

$$|\Sigma - \lambda \mathbf{I}| = 0. \quad (4)$$

позволяет определить множество соответствующих собственных векторов $\mathbf{b}^{(i)}$, удовлетворяющим уравнениям

$$(\Sigma - \lambda_i \mathbf{I}) \mathbf{b}^{(i)} = 0; \quad (5)$$

$$\mathbf{b}^{(i)T} \mathbf{b}^{(i)} = 1 \quad (6)$$

Главные компоненты в этих обозначениях представляют собой

$$y^{(i)} = \mathbf{b}^{(i)T} \mathbf{X}, \quad i = 1, \dots, N. \quad (7)$$

Доля объясняемой каждой компонентой дисперсии (и, соответственно, ее информативность) оценивается с помощью коэффициента

$$p_i = \frac{\lambda_i}{\sum_{i=1}^N \lambda_i} 100\%. \quad (8)$$

Применение подобного метода для выбора наиболее информативного диапазона по данным семиканального зондирования участка поверхности суши, выполненного TM LANDSAT, показывает высокую степень компрессии с помощью первых двух компонент (объясняющих до 98 % дисперсии), позволяет признать наиболее информативным для данного типа ландшафта ближний инфракрасный диапазон.

Для превращения спутниковых снимков в информационные слои ГИС необходимо привлечение методов теории распознавания образов (ТРО). В контуре ГИС необходимы алгоритмы, охватывающие весь спектр методов ТРО в зависимости от трех возможных уровней наличия априорной информации: 1) полного при наличии условных плотностей вероятностей признаков в классах, 2) неполного при наличии обучающих выборок; 3) полного ее отсутствия.

Как известно, основная задача ТРО сводится к построению разделяющей гиперповерхности (решающего правила) в признаковом пространстве с целью минимизации риска потерь.

Для первого уровня наличия априорной информации обсуждается метод максимального правдоподобия, который для вычисления апостериорной вероятности принадлежности объекта с признаками x^* образу s_i , по формуле Байеса сводится к

$$\begin{aligned}
 & P(s \mid x^*) = \prod_{j=1}^N p(x_j^* \mid s) \\
 & P(s \mid x^*) = \sum_{k=1}^M P(s \mid x_k^*) \prod_{j=1}^N p(x_j^* \mid s) \quad (9)
 \end{aligned}$$

Поскольку плотности вероятностей признаков, как правило, неизвестны, приходится ставить задачу оценки этих плотностей по обучающим выборкам. Предполагается, что распределение значений признаков каждого образа хорошо аппроксимируется смесью нормальных плотностей вероятностей:

$$p(x) = \sum_{q=1}^Q \mu_q N(x / m_q, \sigma_q), \quad (10)$$

Каждому объекту x выборки ставится в соответствие апостериорную вероятность α_{iq} принадлежности его q -й компоненте смеси:

$$\alpha_{iq} = \frac{\mu_q N(x / m_q, \sigma_q)}{\sum_{j=1}^Q \mu_j N(x / m_j, \sigma_j)}. \quad (11)$$

$$\mu = \sum_{qN=1}^N \alpha_{iq}. \quad (12)$$

Строится следующая итеративная процедура последовательных приближений:

$$A^0 \Rightarrow \{ \} \Rightarrow A^1 \Rightarrow \{ \} \Rightarrow \dots A^t \Rightarrow \{ \} \Rightarrow A^{t+1} \Rightarrow \{ \} \Rightarrow \dots, \quad (13)$$

Где $A = \{ \mu_q, m_q, \sigma_q \}$, A^0 – произвольно заданные начальные значения параметров смеси, верхний индекс – номер итерации.

Для $(t + 1)$ -го шага

$$m_q^{(t+1)} = \frac{\sum_{i=1}^N \alpha_{iq} x_i}{\sum_{i=1}^N \alpha_{iq}}, \quad q = 1, 2, \dots, Q \quad (14)$$

$$\sigma_q^2 = \frac{\sum_{i=1}^N \alpha_{iq} \left[x_i - m_q^{(t+1)} \right]^2}{\sum_{i=1}^N \alpha_{iq}} \quad (15)$$

ции требуют обучающие выборки. Рассматривается простой и эффективный метод ближайшего среднего (эталон). Для каждого класса по обучающей выборке строится эталон, имеющий значения признаков

$$x^0 = \{ x_1^0, x_2^0, \dots, x_N^0 \} \quad (16)$$

где $x_{i0} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K x_{ik}$, K – количество объектов данного образа в обучающей выборке; i – номер признака.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Распознавание осуществляется следующим образом. На вход системы поступает объект x^* , принадлежность которого к тому или иному образу системе неизвестна. От этого объекта измеряются расстояния до эталонов всех образов, и x^* система относит к тому образу, расстояние до эталона которого минимально. Расстояние измеряется в той метрике, которая введена для решения определённой задачи распознавания.

Этот метод прост в реализации и даёт достаточно хорошие результаты. Однако в случае, когда дисперсии обучающих выборок относительно средних в двух классах значительно различаются, решающее правило метода ближайшего среднего существенно смещит границу в сторону одного из классов. Чтобы преодолеть это «неравенство» классов, целесообразно провести нормирование

признаков по соответствующим среднеквадратическим отклонениям обучающих выборок и проводить классификацию в пространстве нормированных признаков. Это существенно повышает разделимость классов.

На третьем уровне в условиях полного отсутствия априорной информации используется кластерный анализ, в основе которого лежит гипотеза компактности. Одним из лучших алгоритмов реализации кластерного анализа при ограниченных объёмах выборок считается использующий метод потенциальных функций. Название метода в определённой степени связано с следующей аналогией. Представим себе, что объекты являются точками x_j некоторого пространства X . В эти точки будем помещать заряды $+q_j$. Функцию, описывающую распределение электростатического потенциала в таком поле, можно использовать в качестве решающего правила (или для его построения). Если потенциал точки x , создаваемый единичным зарядом, находящимся в x_j , равен $K(x, x_j)$, то общий потенциал в x , создаваемый n зарядами, равен

$$g(x) = \sum_{j=1}^n q_j K(x, x_j), \quad (17)$$

где $K(x, x_j)$ – потенциальная функция. Она, как в физике, убывает с ростом евклидова расстояния между x и x_j . Чаще всего в качестве потенциальной используется функция, имеющая максимум при $x = x_j$ и монотонно убывающая до нуля при $x - x_j \rightarrow \infty$.

Кластерный анализ осуществляется следующим способом. Всем элементам выборки приписывается один и тот же заряд. Вычисляется суммарный потенциал $g(x)$. Если он превышает определенное пороговое значение d , то это означает, что здесь имеется тесное скопление «зарядов», наводящее значительный потенциал. Соответствующая область провозглашается кластером. По величине

наведенного «потенциала» можно построить иерархию кластеров по «кучности» и количеству элементов.

В качестве потенциальных функций в данной работе используются функции вида

$$K(x_j) = \frac{1}{\left[\left(\frac{x_j - x_j}{x_j - x_j} \right)^2 + a \right]} \quad (18)$$

с устанавливаемым заранее количеством кластеров или шириной кластера

Реализация трехуровневого алгоритма в контуре ГИС на примере идентификации объектов на спутниковом снимке LANDSAT показывает, что наиболее робастным оказывается алгоритм, использующий нормированный метод ближайшего среднего. При хорошем определении обучающих выборок наилучшее качество распознавания демонстрирует алгоритм, основанный на методе максимального правдоподобия с аппроксимацией условных плотностей вероятности смесью нормальных распределений

Выводы

Результаты применения разработанных алгоритмов на примере спутниковых снимков LANDSAT типичного ландшафта средних широт показывают наибольшую информативность ближнего инфракрасного диапазона.

Наиболее робастным (устойчивым к качеству определения обучающих выборок) оказывается алгоритм, использующий нормированный метод ближайшего среднего. При хорошем определении обучающих выборок наилучшее качество распознавания демонстрирует алгоритм, основанный на методе максимального правдоподобия с аппроксимацией условных плотностей вероятности смесью нормальных распределений.

Литература

1. Сердитова Н.Е. Экономика природопользования: эколого-экономический аспект. – СПб.: РГГМУ, 2006.
2. Сердитова Н.Е., Ефремов Р.Н., Белоцерковский А.В. Обработка и анализ данных дистанционного зондирования в рамках ГИС в задачах рационального природопользования // Итоговая сессия ученого совета РГГМУ: информационные материалы. – СПб.: РГГМУ, 2001.

С 24 мая по 5 июня 2011 г. в Санкт-Петербурге в Российском государственном гидрометеорологическом университете (РГГМУ) в рамках проекта «Факторы, ответственные за формирование состава, теплового режима и циркуляции атмосферы, включая аномалии погоды и электромагнитный фон», финансируемого Федеральным агентством по образованию, состоялась научно-исследовательская стажировка молодых ученых «Проведение поисковых научно-исследовательских работ в области естественных наук в рамках мероприятия 1.4 Федеральной Целевой Программы Кадров».

В рамках стажировки ведущие специалисты и преподаватели метеорологического факультета РГГМУ проф. А.И. Погорельцев (руководитель стажировки), проф. С.П. Смышляев, проф. А.И. Угрюмов, проф. Л.И. Дивинский, доцент В.В. Чукин, а также других российских вузов и институтов выступили перед молодыми учеными с докладами о современном состоянии, проблемах и перспективах их решения в таких направлениях исследований, как:

- краткосрочный и долгосрочный прогноз погоды,
- влияние электромагнитных полей на человека и окружающую среду,
- исследование и моделирование газового состава атмосферы,
- крупномасштабные динамические процессы средней атмосферы и их изменения, связанные с изменением климата,
- анализ химического состава атмосферы с помощью глобальных навигационных систем GLONAS и GPS,
- история развития, перспективы и проблемы технического переоснащения аэрологической сети России.

В рамках стажировки молодые специалисты выступили с сообщениями о результатах своих исследований.

В стажировке участвовали студенты, аспиранты и защитившиеся молодые специалисты из РГГМУ, Калининградского государственного университета им. И. Канта, Гидрометцентра России, Центральной аэрологической обсерватории Росгидромета (Долгопрудный), Института солнечно-земной физики СО РАН (Иркутск), Института прикладной физики РАН (Нижний Новгород), Института экспериментальной метеорологии (Обнинск), Томского государственного университета, Санкт-Петербургского государственного университета, Саратовского государственного университета и Атлантического отделения Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН (Калининград).

8-й НАУЧНЫЙ КОНГРЕСС ПО БАЛТИЙСКОМУ МОРЮ

Российский государственный гидрометеорологический университет выступил организатором 8-го Научного Конгресса по Балтийскому морю, который прошел 22–26 августа 2011 г. в Санкт-Петербурге. Конгресс, проводящийся один раз в два года, является международным форумом ученых стран Балтийского региона. Россия принимала участников Конгресса впервые, что накладывало на организаторов определенную ответственность. Обычно этот форум организуется тремя неформальными научными объединениями: Балтийских океа-

нографов, Балтийских морских биологов и Балтийских морских геологов. Представители этих объединений вошли в локальный оргкомитет, созданный на базе РГГМУ, на который и легла основная работа по организации и проведению Конгресса. Научная программа Конгресса была сформирована членами международного оргкомитета, включающего организаторов секций – членов указанных сообществ, в кооперации с сотрудниками Программы Европейского Союза совместных исследований и развития Балтийского моря (BONUS) и российских профильных научно-исследовательских организаций (Института Океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Зоологического Института РАН, Всероссийского научно-исследовательского геологического института им. А.П. Карпинского и др.).

Как констатировал предыдущий 7-й Конгресс, проводившийся два года назад в Таллинне (Эстония), темпы и масштабы антропогенного воздействия на экосистему Балтийского моря в настоящее время опережают процесс формирования научной основы для оценки и прогнозирования его возможных экологических и социально-экономических последствий. В связи с необходимостью ликвидировать отставание в сфере научных разработок по обеспечению устойчивости и безопасности морских и прибрежных экосистем 8-й Конгресс собрал ученых и специалистов по проблемам Балтийского моря вместе с молодыми исследователями под девизом: «Совместные научно-исследовательские разработки для устойчивого управления экосистемами». Тематика Конгресса охватила комплексные междисциплинарные исследования в области физики, геологии, химии, биологии, климатологии и социально-экономических наук. В рамках Конгресса экспертами было прочитано 6 заказных и 20 пленарных докладов. Основная работа велась в рамках 18 секций, на которых было представлено 204 устных и 134 стендовых доклада.

Впервые в практике Конгресса были организованы секции «Геология и археология: затопленные голоценовые ландшафты Балтийского моря», «Производство, перенос и эмиссия трассерных газов», «Механизмы, определяющие вариативность биологических компонентов в Балтийском море», «Экологическая геология и опасные геологические процессы Балтийского моря и его береговой зоны», «Моделирование как поддержка управленческой деятельности», «Управление научными знаниями о среде Балтийского моря». Еще одна инновация Конгресса – неформальная встреча молодых исследователей Балтики, на которой в игровой форме обсуждалась тематика следующего Конгресса, который планируется провести в г. Клайпеда (Литва) на базе Клайпедского университета.

Конгресс констатировал высокий уровень научных докладов, значительная часть которых касалась различных аспектов Плана действий по Балтийскому морю (The Baltic Sea Action Plan), разрабатываемого Хельсинской Комиссией. По результатам Конгресса планируется публикация статей, основанных на сделанных докладах, в реферируемых журналах: «Журнал морских систем» (Journal of Marine System) и «Океанология». Детальная информация о Конгрессе размещена на сайте <http://www.bssc2011.org/>.

Председатель Международного научного комитета Владимир Рябченко

Член Международного научного комитета Михаил Шилин

Ученый секретарь Конгресса Татьяна Еремина

Список авторов

- Аверкиев Александр Сергеевич*, канд. геогр. наук, доц. каф. океанологии РГГМУ
(812) 224-21-55
- Боков Виктор Николаевич*, к.т.н., доц. каф. метеопрогнозов РГГМУ (812) 444-82-61
- Бычкова Виктория Игоревна*, мл. науч. сотр., асп. ГУ Гидрометцентр России
- Власов Алексей Александрович*, асп. каф. метеопрогнозов РГГМУ (812) 444-82-61
- Волнина Ольга Васильевна*, магистр, асп. каф. экологии и природопользования РГГМУ
- Воробьев Владимир Николаевич*, к.г.н., ст. науч. сотр., проректор РГГМУ
- Густоев Дмитрий Владимирович*, канд. геогр. наук, доц. каф. океанологии РГГМУ
- Данилов Александр Иванович*, канд. геогр. наук, зам. дир. ААНИИ
- Даньшина Анна Владимировна*, инженер СЦНИТ РГГМУ (812) 444-41-65
- Девятова Елена Викторовна*, канд. физ.-мат. наук, мл. науч. сотр. Института солнечно-земной физики СО РАН, г. Иркутск (3952) 42-82-65
- Денисов Владимир Васильевич*, доктор геогр. наук, проф., гл. науч. сотр. Мурманского морского биологического института Кольского научного центра РАН
- Дудник Майя Геннадьевна*, асп. физич. фак-та СПбГУ, каф. статистической физики
- Игнатов Роман Юрьевич*, канд. физ.-мат. наук, ст. науч. сотр. ГУ Гидрометцентр России
- Истомин Евгений Петрович*, д.т.н., проф., зав. каф. прикладной информатики РГГМУ
- Канухина Анна Юрьевна*, канд. физ.-мат. наук, доц. каф. метеопрогнозов РГГМУ
(812) 4448261
- Карлин Лев Николаевич*, д-р физ.-мат. наук, проф., ректор РГГМУ (812) 444-41-63
- Клепиков Александр Вячеславович*, канд. физ.-мат. наук, ст. науч. сотр. ААНИИ
- Козлов Игорь Евгеньевич*, асп. каф. дистанционного зондирования и моделирования в океанографии
- Кочеткова Ольга Сергеевна*, асп. Института солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск
(3952) 42-82-65
- Левин Сергей Львович*, докторант СПбГУиФ
- Мартынов Станислав Дмитриевич*, асп. каф. ПО и ОПВ РГГМУ (812) 224-06-49
- Мордвинов Владимир Иванович*, канд. физ.-мат. наук, ст. науч. сотр. Института солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск (3952) 42-82-65
- Погорельцев Александр Иванович*, д-р физ.-мат. наук, зав. каф. метеорологических прогнозов РГГМУ (812) 444-82-61
- Рубинштейн Константин Григорьевич*, д-р физ.-мат. наук, зав. лаб. моделирования ОЦА и климата, ГУ Гидрометцентр России (499)
7952295
- Рыбалко Александр Евгеньевич*, д-р геолого-мин. наук, гл. науч. сотр. ФГУНПП "Севморгео" (812) 252-21-12
- Рыхлов Александр Богданович*, к.г.н., доц. Саратовского гос. ун-та, каф. метеорологии и климатологии географического факультета
- Рябченко Владимир Алексеевич*, д-р физ.-мат. наук, зав. лаб. моделирования океанских биогеохимических циклов СПбФ ИО РАН
(812) 328-27-29
- Сабанчиева Динара Хазраталиевна*, ст. преп. каф. экономики и менеджмента РГГМУ
- Савенкова Елена Николаевна*, асп. каф. метеорологических прогнозов РГГМУ
(812) 444-82-61

Саруханян Эдуард Иосифович, д-р. геогр. наук, советник генерального секретаря ВМО
Светлова Марина Всеволодовна, асп. каф. географии и экологии Мурманского государственного гуманитарного университета

Семенов Алексей Олегович, канд. физ.-мат. наук, асс. каф. физики атмосферы физического факультета СПбГУ (812)428-44-89

Сердитова Наталья Евгеньевна, канд. физ.-мат. наук, доц. каф. ЭПиУС (812) 444-81-55
Серебрицкий Иван Александровна, канд. геолого-мин. наук, начальник Управления гос. регулирования в сфере природопользования и охраны окружающей среды

Слесарева Людмила Сергеевна, ст. преп. каф. прикладной информатики
Смирнов Николай Павлович, д.г.н., проф., зав. каф. экологии РГГМУ
Сомов Сергей Васильевич, ст. науч. сотр. ФГБУ "ВНИИГМИ-МЦД"

Ткачук Светлана Валерьевна, асп. ГУ Гидрометцентр России, лаб. моделирования общей циркуляции атмосферы и климата (МОЦАиК)
(499) 795-22-95

Ульянец Евгения Константиновна, асп. каф. метеорологических прогнозов РГГМУ
(812) 444-82-61

Чанцев Валерий Юрьевич, канд. геогр. наук, доц. ПО и ОПВ РГГМУ (812) 224-06-49
Чеботарев Александр Сергеевич, асп. отд. русловых процессов ГГИ

Шаймарданов Владислав Марсельевич, канд. техн. наук, зав. отд. Всероссийского научно-исследовательского института гидромет. информации
(48439) 741-87

Шевнина Елена Валентиновна, канд. техн. наук, ст. науч. сотр. ААНИИ
Ямковая Марина Владимировна, асп. каф. ПО и ОПВ РГГМУ (812) 224-06-49

Требования к представлению и оформлению рукописей для авторов журнала

1. Материал, предлагаемый для публикации, должен являться оригинальным, неопубликованным ранее в других печатных изданиях. Объем статьи может составлять до 1,5 авторских листов (1 а.л. равен 40 тыс. знаков), в исключительных случаях по решению редколлегии – до 2 авторских листов.
2. На отдельной странице приводятся сведения об авторе (авторах) на русском и английских языках: фамилия, имя, отчество, ученая степень, должность и место работы, контактные телефоны, адрес электронной почты. Плата за опубликование рукописей с аспирантов не взимается.
3. Аннотация статьи объемом до 7 строк на русском и английском языках не должна содержать ссылок на разделы, формулы, рисунки, номера цитируемой литературы.
4. Список литературы должен содержать библиографические сведения обо всех публикациях, упоминаемых в статье, и не должен содержать указаний на работы, на которые в тексте нет ссылок.
5. Пронумерованный список литературы (в алфавитном порядке, сначала на русском, затем на иностранных языках) приводится в конце статьи на отдельной странице с обязательным указанием следующих данных: для книг – фамилия и инициалы автора (редактора), название книги, место издания (город), год издания; для журнальных статей – фамилия и инициалы автора, название статьи, название журнала, год издания, том, номер, выпуск, страницы (первая и последняя). Разрешается делать ссылки на электронные публикации и адреса Интернет с указанием всех данных.
6. Оформление ссылок в тексте: в квадратных скобках [] указать порядковый номер литературы. Если при цитировании делается ссылка на конкретную цитату, формулу, теорему и т.п., следует указывать номер страницы: [13, с. 23].
7. Сноски помещаются на соответствующей странице текста.
8. Таблицы и другие цифровые данные должны быть тщательно проверены и снабжены ссылками на источники. Таблицы приводятся в тексте статьи, номер и название указываются над таблицей.
9. Названия зарубежных компаний приводятся в тексте без кавычек и выделений латинскими буквами. После упоминания в тексте фамилий зарубежных ученых, руководителей компаний и т.д. на русском языке, в полукруглых скобках приводится написание имени и фамилии латинскими буквами, если за этим не следует ссылка на работу зарубежного автора.

**Рекомендации по форматированию
для подачи рукописи в редакционно-издательский отдел**

Формат А5 (148×210) книжный.

Поля: верхнее – 1,8 см; нижнее – 2,3 см; левое – 1,8 см; правое – 1,8 см.

От края до верхнего колонтитула – 0 см, до нижнего колонтитула – 1,8 см.

Колонцифры внизу в зеркальном положении – 10, обычным шрифтом, начинать с титульного листа.

Набрать текст шрифтом Times New Roman, обычный.

Межстрочный интервал – одинарный.

Абзацный отступ – 0,75 см.

Интервал до заголовка – 24 пункта, после – 6.

Размер шрифта: основной текст – 11, таблицы – 9.

Лежачие таблицы поместить в отдельный файл на формат А5 альбомный, поля: верхнее, нижнее и правое – 1,8 см, левое – 2,3 см, шрифт – 9.

Рисунки располагать по тексту в соответствии со ссылкой.

Подписную подпись набрать шрифтом – 9.

В формулах русские буквы прямые, латинские – курсивные, греческие – прямые, тригонометрические функции (sin, cos и др.) набирать прямым шрифтом.

Литература – шрифт 9.

Оглавление поместить в конце рукописи – шрифт 9.

Требования к оформлению статьи для публикации в Ученых записках

Инициалы и фамилии авторов на русском языке.

Название на русском языке.

Аннотация на русском языке.

Ключевые слова на русском языке.

Инициалы и фамилии авторов на английском языке.

Название на английском языке.

Аннотация на английском языке.

Ключевые слова на английском языке.

Формат 17×24 книжный.

Поля зеркальные: верхнее и нижнее – 2,3 см; левое и правое – 1,8 см.

От края до верхнего колонтитула и нижнего колонтитулов – 1,8 см.

Внимание!

Авторская правка в верстке – компенсационная, до пяти буквенных исправлений на странице.

Научное издание

УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ
РОССИЙСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
№ 20

НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Редакторы: И.Г. Максимова, Л.В. Ковель
Компьютерная верстка Н.И. Афанасьевой
ЛР № 020309 от 30.12.96.

Подписано в печать 14.11.11. Формат 70×100^{1/16}. Гарнитура Times New Roman.
Бумага офсетная. Печать офсетная. Уч.-изд. л. 20,3. Усл. печ. л. 20,3. Тираж 500 экз. Заказ № 23/11.
РГГМУ, 195196, Санкт-Петербург, Малоохтинский пр., 98.
Отпечатано: ЗАО «НПП «Система», 197045, Санкт-Петербург, Ушаковская наб., 17/1.

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС2-8484 от 07 февраля 2007 г.
в Управлении Федеральной службы в сфере массовых коммуникаций
и охране культурного наследия по Северо-Западному федеральному округу
Учредитель: Российский государственный гидрометеорологический университет
