

Министерство образования и науки Российской Федерации

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ
РОССИЙСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

№ 27

Научно-теоретический журнал

Издается с октября 2005 года
Выходит 4 раза в год

ISSN 2074-2762



Санкт-Петербург
2013

УДК 3 + 502.52 + 55

ББК 6/8 + 26.221 + 26.222 + 26.23

Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета № 27. Научно-теоретический журнал. – СПб.: РГТМУ, 2013. – 248 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 27. – St. Petersburg: RSHU Publishers, 2013. – 248 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 (РГТМУ), 2013

© Авторы публикаций, 2013

СОДЕРЖАНИЕ

Гидрология

<i>В.В. Коваленко.</i> Диагностирование бифуркационных очагов при формировании многолетнего годового стока (на примере ЕТР)	7
<i>Е.В. Гайдукова, С.В. Шаночкин.</i> К методике оценки долгосрочных изменений вероятностных характеристик многолетнего годового стока полизональных рек Сибири	17
<i>Н.Б. Барышников, В.В. Корнилов, В.А. Иванов, Е.С. Субботина.</i> Влияние русловых деформаций на положение государственной границы	22
<i>В.А. Бузин, Н.И. Горошкова.</i> Прогноз внутриводного ледообразования в реках и нижних бьефах ГЭС	29
<i>Н.В. Мякишева, З.М. Жумангалиева.</i> Внешний водообмен озер зоны недостаточного увлажнения	36
<i>А.Н. Павлов.</i> Опыт грубой оценки энтропии речного бассейна	45
<i>Е.Н. Смирнова.</i> Абиотические условия обитания снетка в Псковско-Чудском водоеме, влияющие на колебания запасов двух его популяций.	55

Метеорология

<i>К.Л. Восканян, А.Д. Кузнецов, О.С. Сероухова, А.С. Солонин.</i> К вопросу о методике радиолокационного измерения интенсивности атмосферных осадков	63
<i>А.Д. Егоров, И.А. Потапова, Ю.Б. Ржонсницкая, Н.А. Саноцкая.</i> Моделирование характеристик рассеяния излучения частицами атмосферного аэрозоля	71
<i>М.Д. Геня, А.Д. Кузнецов, И.Н. Мельникова, Ч. Гатебе.</i> Результаты обработки самолетных измерений интенсивности рассеянной солнечной радиации в облачной атмосфере	77
<i>В.Н. Боков, В.Н. Воробьев.</i> Воздействие атмосферной циркуляции на наклоны земной поверхности	94
<i>Е.Ю. Титова, В.Ю. Цепелев.</i> Календарные особенности среднесуточного хода температуры в Северо-Западном регионе РФ	100
<i>В.Ю. Цепелев, С.А. Астахов.</i> Влияние толщины снежного покрова на летние температуры воздуха Евразии	109
<i>М.А. Моцаков, А.Р. Курганский, С.П. Смышляев.</i> Полулагранжев алгоритм адвективного переноса атмосферных примесей на сфере с использованием интерполяции одномерным сплайном	123

Океанология

<i>В.А. Царев, М.В. Шаратунова.</i> Особенности формирования придонных вод в области заприпайной полыньи	133
<i>Д.В. Кириевская.</i> Оценка уязвимости берегов Чукотского моря от нефтяного загрязнения	139

Экология

<i>В.В. Дроздов, Н.П. Смирнов, А.В. Косенко. Многолетняя динамика уловов промысловых рыб Белого моря в зависимости от климатических колебаний и состояния рыбопромысловой отрасли</i>	148
---	-----

Экологический туризм

<i>Н.М. Боголюбова, Ю.В. Николаева. Международное сотрудничество России и Северо-Западного региона в области развития экологического туризма.</i>	165
<i>В.Н. Рудченко. Экологический туризм как часть туристской стратегии развития пригородной зоны мегаполиса</i>	174

Экономика

<i>Д.Х. Сабанчиева. Экономическая безопасность хозяйствующих субъектов-природопользователей</i>	183
<i>Е.Е. Петрова. Управление экологическими рисками в инвестиционном анализе</i>	191
<i>А.В. Новиков. Национальная формула модернизации для экономики России</i>	196
<i>Н.Л. Гагулина. Экономическая трансформация: качество жизни и окружающая среда</i>	202
<i>В.Н. Рудченко, Н.Н. Рудченко. Энергетика как базис привлечения инвестиций в инновационное развитие России</i>	213
<i>М.Р. Кононенко. Обоснование рекомендаций по формированию и развитию морского кластера в Ленинградской области</i>	221

Социально-гуманитарные науки

<i>О.А. Каньшьева. Я и Другой в современной философии: проблема диалога</i>	232
<i>В.В. Небредовская. Правосознание и правовая культура молодых специалистов в странах Скандинавии</i>	236
<i>Хроника</i>	244
<i>Список авторов</i>	245
<i>Требования к представлению и оформлению рукописей для авторов журнала</i>	246

CONTENTS

Hydrology

<i>V.V. Kovalenko</i> . Diagnosis of the bifurcation lesions in the formation of a multi-year annual flow (on an example of european territory of Russia)	7
<i>E.V. Gaidukova, S.V. Shanochkin</i> . Methods of estimates of long-term changes of probability characteristics of perennial annual flow of the polyzonal rivers of Siberia	17
<i>N.B. Baryshnikov, V.V. Kornilov, V.A. Ivanov, E.S. Subbotina</i> . Impact of river channel deformations on the state border location	22
<i>Buzin, V.A. and Goroshkova, N.I.</i> Forecast of frazil ice formation in rivers and tailwater at power plants.	29
<i>N.V. Myakisheva, Z.M. Zhumangalieva</i> . External water exchange of the lakes of the territory of insufficient humidification	36
<i>A.N. Pavlov</i> . Experience of the rough assessment of river basin entropy	45
<i>E.N. Smirnova</i> . Abiotic habitat conditions of lake smelt in Chudsko-Pskovskiy reservoir, influencing change of its two populations' stock	55

Meteorology

<i>K.L. Voskanyan, A.D. Kuznetsov, O.S. Seroukhova, A.S. Solonin</i> . On the techniques of radar measurement of atmospheric precipitation intensity	63
<i>A.D. Egorov, I.A. Potapova, Yu.B. Rzhonsnitskaya, N.A. Sanotskaya</i> . Modeling of scattering characteristics of atmospheric aerosols particles	71
<i>M.J. Genya, A.D. Kuznetsov, I.N. Melnikova, Ch. Gatebe</i> . Results of processing airborne observation of scattered solar radiation in cloudy atmosphere	77
<i>V.N. Bokov V.N. Vorobiev</i> . Impact of atmospheric circulation on inclinations of a terrestrial surface	94
<i>E.Y. Titova, V.Y. Tsepelev</i> . The daily surface temperature calendar features in the Northwest Region of the Russian Federation	100
<i>V.Y. Tsepelev, S.A. Astahov</i> . Response of summer air temperature to snow depth of Eurasia	109
<i>M.A. Motsakov, A.R. Kurganskiy, S.P. Smyshlyaev</i> . A semi-lagrangian scheme for atmospheric trace gases advection on the sphere with one-dimensional spline interpolation	123

Oceanology

<i>V.A. Tsarev, M.V. Sharatunova</i> . Features of bottom water formation in a flaw polynya	133
<i>D.V. Kirievskaya</i> . The assessment of the Chukchi Sea coastal zone vulnerability from oil contamination	139

Ecology

<i>V.V. Drozdov, N.P. Smirnov, A.V. Kosenko</i> . Long-term variability of stocks of the food fishes in the White Sea under the influence on climatic changes and fishery branch activity	148
---	-----

Ecological tourism

<i>N.M. Bogolubova, J.V. Nikolaeva.</i> International cooperation of Russia and the North-West Region in the field of development of ecological tourism . . .	165
<i>V.N. Rudchenko.</i> Ecological tourism as part of tourist strategy of the megapolis suburb development	174

Economics

<i>D.H. Sabanchieva.</i> The economic security of business entities that use natural resources	183
<i>E.E. Petrova.</i> Management of ecological risks in investment analysis	191
<i>A.V. Novikov.</i> The national formula of modernization for economy of Russia	196
<i>N.L. Gagulina.</i> Economic transformation: quality of life and environmental protection	202
<i>V.N. Rudchenko, N.N. Rudchenko.</i> The energy is the basis of investment's attraction in the field of Russian innovative development	213
<i>M.R. Kononenko.</i> Recommendations on formation and development of the maritime cluster in the Leningrad region	221

Social Sciences and Humanities

<i>O.A. Kanysheva.</i> I and Another in modern philosophy: dialogue problem . . .	232
<i>V.V. Nebredovskaya.</i> Legal awareness and legal culture of young specialists in the Nordic countries	236

Chronicle	244
----------------------------	-----

ГИДРОЛОГИЯ

В.В. Коваленко

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ БИФУРКАЦИОННЫХ ОЧАГОВ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ МНОГОЛЕТНЕГО ГОДОВОГО СТОКА (НА ПРИМЕРЕ ЕТР)

V.V. Kovalenko

DIAGNOSIS OF THE BIFURCATION LESIONS IN THE FORMATION OF A MULTI-YEAR ANNUAL FLOW (ON AN EXAMPLE OF EUROPEAN TERRITORY OF RUSSIA)

Предложена модель формирования многолетнего годового стока в виде логистического отображения с дробной нелинейностью, позволяющая диагностировать появление бифуркационных очагов в зависимости от климатических условий, в которых находятся речные бассейны.

Ключевые слова: многолетний речной сток, логистические отображения, нелинейность, бифуркации, климат.

The model of formation of long-term annual flow in the form of logistic map with fractional nonlinearity allows diagnostics of appearance of bifurcation lesions, depending on the climatic conditions in which there are river basins.

Key words: long-term river flow, logistic map, nonlinearity, bifurcation, climate.

Мотивация исследования

В последние годы уделяется повышенное внимание [2, 7] тому обстоятельству, что в некоторых регионах кривые распределения плотности вероятности (в частности многолетнего речного стока) выходят за рамки семейства кривых К. Пирсона, которые обычно применяются в практической гидрологии (подобные рекомендации зафиксированы в нормативных документах [12, 13]). Эмпирические распределения часто имеют так называемый «толстый хвост» или полимодальны. До недавнего времени это обстоятельство объяснялось ограниченностью статистических выборок (короткими рядами наблюдений). Для подтверждения справедливости подобной точки зрения часто ссылаются на возможность удлинения рядов методом Монте-Карло. Первоначальные «беззубые» гистограммы по мере увеличения числа испытаний становятся ярко выраженными одномодальными распределениями плотности вероятности. При этом забывают, что для задания фильтра используются три начальных момента (или расчетных гидрологических характеристики: норма, коэффициенты вариации и асимметрии), которые ничего другого, кроме одномодального распределения, и дать не могут.

В 1961 г. Л.М. Конаржевский [5] в ходе исследований и качественной оценки типовых особенностей вариаций рядов весеннего половодья в лесостепной и степной зонах выявил многочисленные случаи (68 %) двухмодальных распределений. Он объяснил появление двухмодальности особенностями формирования весеннего стока в степной зоне, а именно зимними потерями запасов воды на водосборе, которые увеличивают в многолетнем разрезе число лет с очень низким стоком за счет уменьшения средних по водности лет.

А.В. Рождественский и А.И. Чеботарев [9] объясняют это явление тем, что в формировании стока весеннего половодья в многоводные годы принимает участие вся площадь водосбора, а в маловодные – только ее часть (без бессточных понижений). Это изменение величины действующей площади приводит к появлению второй моды в зоне повышенного стока из-за разнородности величин стока в статистической совокупности.

В последнем нормативном документе в области инженерных гидрорасчетов [13] рассмотрен метод «усеченных распределений», который допускает существование неоднородных распределений расходов воды и разделение их на две однородные совокупности. В данном случае двухмодальность связывается с разным генетическим происхождением стока (снеговые и дождевые максимумы), хотя применяемые при этом статистические методы (общее ранжирование ряда наблюдений, использование медианного значения и т. п.) являются атрибутами единой статистической совокупности.

В статье предлагается физическое («генетическое») объяснение правомерности появления многомодальности (для регионов, где теряется устойчивость моментов кривых из семейства Пирсона) с помощью механизма отображений с дробной нелинейностью. Двухмодальность в этом случае объясняется не неоднородностью выборки (разная природа максимумов стока), а механизмом формирования стока (выборка при этом рассматривается как статистически однородная).

Генезис преодолеваемого гносеологического тупика

Базовой (онтологической) моделью формирования всех видов многолетнего стока является уравнение Фоккера–Планка–Колмогорова (ФПК):

$$\frac{\partial p(Q, t)}{\partial t} = - \frac{\partial [A(Q, t)p(Q, t)]}{\partial Q} + 0,5 \frac{\partial^2 [B(Q, t)p(Q, t)]}{\partial^2 Q}, \quad (1)$$

где $p(Q, t)$ – плотность вероятности расхода воды Q (модуля, слоя); $A(Q, t)$ и $B(Q, t)$ – коэффициенты сноса и диффузии, определяемые физико-статистическими свойствами речного бассейна и внешних воздействий на него, представленных задаваемыми параметрами, входящими в выражения для A и B .

Наиболее широкое практическое применение находит подобная модель, основанная на линейном формирующем фильтре и приводящая к хорошо изученному в математической статистике семейству кривых Пирсона (в установившемся статистическом режиме), которое, в основном, и применяется в гидрологии [9, 12, 13]. Примером может служить уравнение

$$dQ = [-(\bar{c} + \tilde{c})Q + (\bar{N} + \tilde{N})] dt, \quad (2)$$

которое приводит к модели ФПК с коэффициентами сноса и диффузии. имеющих следующий вид:

$$A(Q, t) = -(\bar{c} - 0,5G_{\tilde{c}})Q - 0,5G_{\tilde{c}\tilde{N}} + \bar{N}; \quad (3)$$

$$B(Q, t) = G_{\tilde{c}}Q^2 - 2G_{\tilde{c}\tilde{N}}Q + G_{\tilde{N}}, \quad (4)$$

где $c = 1/k\tau$, $N = \dot{X}/\tau$ (здесь k – коэффициент стока, τ – время релаксации, $\dot{X}$ – интенсивность осадков); $\bar{c}$ и $\bar{N}$ – математические ожидания; $\tilde{c}$ и $\tilde{N}$ – белые шумы с интенсивностями $G_{\tilde{c}}$ и $G_{\tilde{N}}$; $G_{\tilde{c}\tilde{N}}$ – взаимная интенсивность шумов.

На практике оперируют несколькими начальными моментами $(m_i, i = \overline{1, 4})$, так как старшие моменты бессмысленно привлекать при ограниченной продолжительности наблюдений. Поэтому разумно аппроксимировать модель ФПК системой обыкновенных дифференциальных уравнений для моментов [3]:

$$dm_1/dt = -(\bar{c} - 0,5G_{\tilde{c}})m_1 + \bar{N} - 0,5G_{\tilde{c}\tilde{N}}; \quad (5)$$

$$dm_2/dt = -2(\bar{c} - G_{\tilde{c}})m_2 + 2\bar{N}m_1 - 3G_{\tilde{c}\tilde{N}}m_1 + G_{\tilde{N}}; \quad (6)$$

$$dm_3/dt = -3(\bar{c} - 1,5G_{\tilde{c}})m_3 + 3\bar{N}m_2 - 7,5G_{\tilde{c}\tilde{N}}m_2 + 3G_{\tilde{N}}m_1; \quad (7)$$

$$dm_4/dt = -4(\bar{c} - 2G_{\tilde{c}})m_4 + 4\bar{N}m_3 - 4 \cdot 3,5G_{\tilde{c}\tilde{N}}m_3 + 6G_{\tilde{N}}m_2. \quad (8)$$

Из этой системы уравнений видно, что при $\beta = G_{\tilde{c}}/\tilde{c} = 2/i$ (здесь i – порядок момента) происходит потеря устойчивости решения для соответствующего момента (чем старше момент, тем при меньшей относительной интенсивности шума β он теряет устойчивость). Ранее (см. [2]) было получено выражение, позволяющее вычислять значения β по информации, измеряемой на стандартной гидрометеорологической сети наблюдений:

$$\beta = 2 k \ln r + 2, \quad (9)$$

где r – коэффициент автокорреляции ряда расходов; k – коэффициент стока.

Оказалось, что значительная часть юга ЕТР неустойчива по старшим моментам, а значит и по расчетным гидрологическим характеристикам – коэффициентам вариации и асимметрии (рис. 1).

Сама по себе неустойчивость не указывает, какой моделью надо описывать сток в неустойчивых зонах на рис. 1. Она является индикатором того, что в них не срабатывает одномодальная асимметричная идеализация, к которой приводит кривая Пирсона III типа (или ее модификация, выполненная Крицким–Менкелем), также как и вообще семейство кривых из распределений Пирсона.

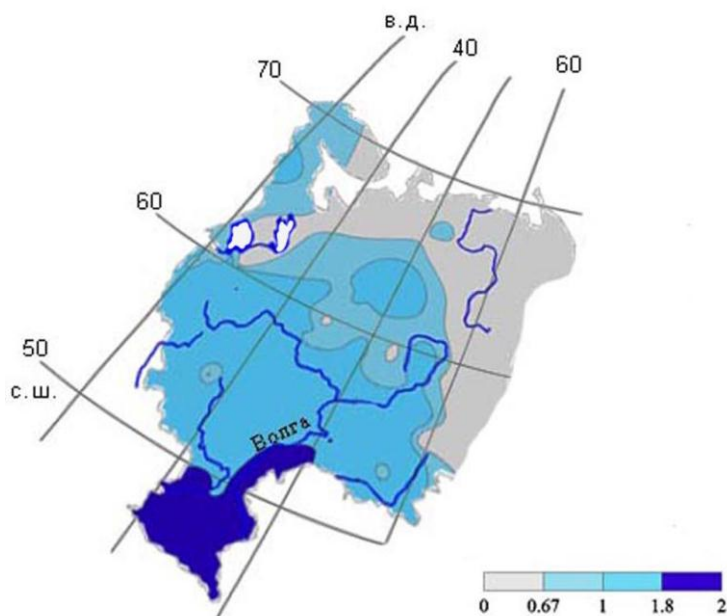


Рис. 1. Распределение зон неустойчивости вероятностных моментов годового стока ЕТР по критерию β

Эмпирические распределения (гистограммы) в зонах неустойчивости чаще всего двухмодальны. Это своеобразный эпистемологический тупик инженерной гидрологии, ориентированной на одномодальные распределения. (На современном уровне развития практической гидрологии он «преодолевается» ссылками на уже упоминавшийся метод Монте-Карло и на статистическую незначимость второй моды: по такому-то критерию на таком-то уровне значимости ее можно проигнорировать.)

Модель для выявления бифуркационных очагов

В основе стохастической модели формирования стока, приводящей к распределениям из семейства кривых Пирсона, лежит динамическое ядро (обыкновенное дифференциальное уравнение) в виде линейного формирующего фильтра

$$dQ/dt = -Q/k\tau + \dot{X}/\tau \quad (10)$$

[k , τ , $\dot{X}$ см. пояснения к формулам (3) и (4)].

Предполагается, что $\tau = \text{const}$. Однако если посмотреть на редукционные зависимости модуля стока q от площади бассейна F (размеры площади наряду с географическим расположением бассейна, определяют значение τ), то видно (рис. 2), что для южных регионов (сухостепные и полупустынные районы) имеет место зависимость $\tau = \text{const}/q^n$ (можно использовать разные аналитические

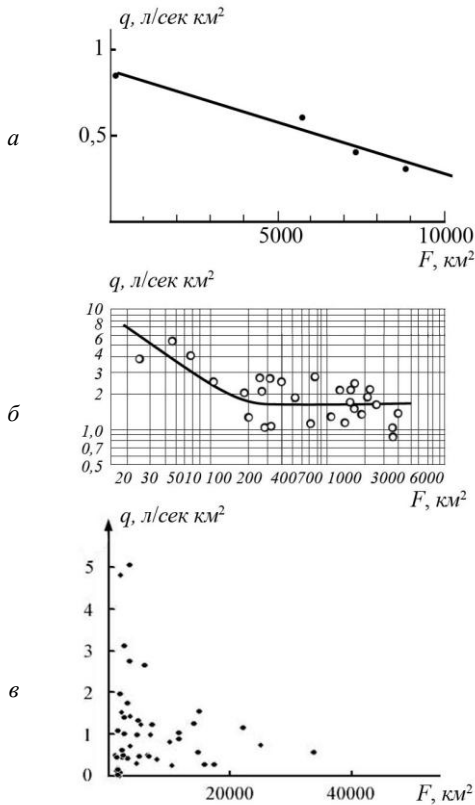


Рис. 2. Зависимости $q = f(F)$ для Северного Казахстана (а – по данным табл. 5.12 из работы [11]), Южного Заволжья и Прикаспийской низменности (б – из работы [11]) и верховьев Обского бассейна (в)

приближения, например, по типу редуционных зависимостей максимального стока [1], с. 270). Объяснение подобного характера зависимостей наиболее вероятно связано с большими потерями воды на испарение (см. [11], с. 152). Показатель редуции n может меняться, главное чтобы модуль стока уменьшался с увеличением площади водосбора. В подобных случаях вместо линейного фильтра имеет смысл рассматривать нелинейную модель:

$$dQ/dt = -Q^{(n+1)}/kW + Q^n \dot{X}/W, \quad (11)$$

где константа в редуционной зависимости обозначена как W ; она имеет (при $n = 1$) размерность объема и определяет насыщающую емкость речного бассейна (в качестве Q могут фигурировать модули или слои при соответствующем изменении размерности $\dot{X}$).

Возможные варианты распределений $p(Q)$ при использовании в модели ФПК динамического ядра в виде (11) при $n = 1$ рассмотрены в работе [2]. Распределения могут быть одномодальными, с «подняты-

ми хвостами», а могут быть ситуации, когда вообще отсутствуют стационарные распределения (это зависит от характера взаимодействия аддитивных и мультипликативных вводимых в модель шумов).

Учитывая, что практически мы имеем дело с дискретными рядами годового стока, имеет смысл перейти от дифференциального уравнения к отображению:

$$Q_{i+1} = Q_i - Q_i^{(n+1)}/kQ_0 + Q_i^n \dot{X}/Q_0, \quad (12)$$

(здесь $Q_0 = W/\Delta t$, где величина Δt равна одному году).

В зависимости от значения параметра n результаты применения (12) будут отличаться, но в широком диапазоне его изменения качественная картина бифуркаций будет сохраняться. Рассмотрим сначала классический случай логистического отображения [$n = 1$, при таком значении n нет необходимости в до-

полнительных коэффициентах для сохранения размерности в (12)]. Уравнение (12) можно привести к виду:

$$Q_{i+1} = Q_i + cQ_i(1 - Q_i / k\dot{X}), \quad (13)$$

где $c = \dot{X} / Q_0$ – бифуркационный параметр, представляющий, фактически, величину, обратную коэффициенту стока. Известно (см., например, [2, 8]), что в интервале $c \in (2, 2.57)$ происходят бифуркации удвоения периода (с определенными нюансами, связанными с появлением на бифуркационной диаграмме «окон прозрачности»).

Чтобы «привязать» модель (13) к конкретной географической ситуации вычислим значения c вдоль одного из меридианов, проходящих примерно по центру ЕТР (42° в.д.). Для этого используем карты распределения коэффициента стока. Полученная зависимость представлена на рис. 3, а.

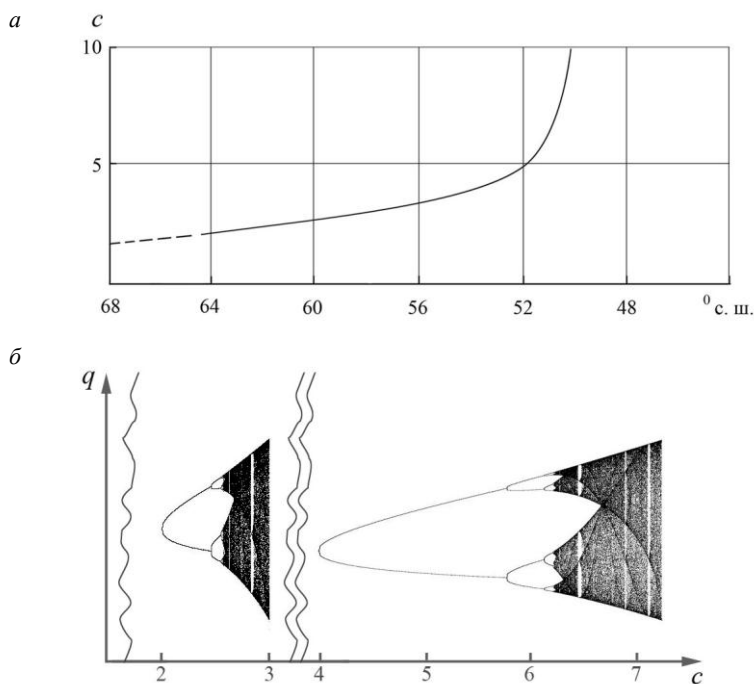


Рис. 3. Зависимость бифуркационного параметра c от географической широты и вид бифуркационных очагов при $n = 1$ (слева) и $n = 0,5$

Из рис. 3, а видно, что уже начиная с 62° с.ш. распределение плотности вероятности должно быть полимодальным, так как примерно с широты, на которой расположен г. Петрозаводск запускается механизм бифуркаций. Однако, судя по рис. 1, это должно происходить несколько южнее, по крайней мере с тех широт, где теряет устойчивость дисперсия и близок к критическим значе-

ниям критерий устойчивости по математическому ожиданию. Именно на этих широтах ставится под сомнение «дееспособность» линейного формирующего фильтра, приводящего к одномодальным распределениям. Если же исходить из левой бифуркационной диаграммы на рис. 3, б, то примерно с широты г. Ярославля мы выходим не только за рамки одномодальных распределений, но и полимодальных. Статистическое изучение речного стока в рамках рассматриваемых моделей становится невозможным, начинается «инфракрасная зона».

Однако область действия моделей можно существенно увеличить, если уменьшить показатель редукции модуля стока в модели (12). Например, при $n = 0,5$ бифуркационный очаг сместится к югу. Это более соответствует действительности, так как мы смещаемся ближе к области лесостепей и степей, в которых больше оправдываются зависимости, представленные на рис. 2. В зонах избыточного и достаточного увлажнения репрезентативные площади малы (500–1500 км²) и кривая редукции быстро выходит на горизонтальный участок.

Судя по рис. 3, б, при $n = 0,5$ на значительной части ЕТР должен реализовываться двухмодальный режим формирования стока, порожденный периодом, равным двум. И действительно, этот факт подтверждается исследованиями Э.И. Саруханяна и Н.П. Смирнова [10]. Ими установлено, что в бассейне Волги (он попадает в неустойчивую область на рис. 1) «двухлетнее циклическое колебание является одним из основных компонентов изменений стока рек Волжского бассейна. Однородность этого колебания в пространстве и относительная устойчивость в течение длительного времени свидетельствуют о его реальности» (рис. 4).

Сами по себе двухлетние циклы колебаний в геофизике известны с конца XIX в. (температура воздуха, стратосфер-

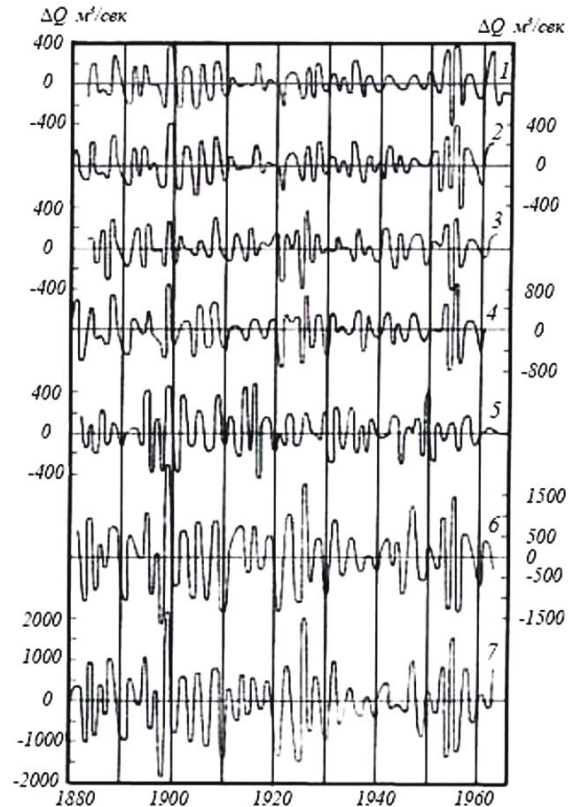


Рис. 4. Значения расходов в створах бассейна Волги (фильтр «1 минус 3», см. [10]).

1 – приток в Рыбинское водохранилище; 2 – сток Волги у Ярославля; 3 – сток Оки у Горбатов; 4 – сток Волги у Горького; 5 – сток Камы у Перми; 6 – сток Волги у Куйбышева; 7 – сток Волги у Волгограда (рисунок публикуется с согласия авторов)

ные ветры в экваториальной зоне, перераспределение воздушных масс). Авторы работы [10] именно в геофизических процессах («внешних воздействиях на речные бассейны») видят причины двухлетних циклов на створах бассейна Волги. В нашей же интерпретации – их механизм заключается в нелинейности формирования стока. Не исключено, что и геофизические циклы порождены бифуркционным механизмом. Это просто указывает на сравнительную универсальность механизма удвоения периода. (Следует заметить, что и сам бифуркационный параметр $c = 1/k$ порожден во многом внешними для речного бассейна факторами: чем выше температура воздуха, тем ниже коэффициент стока. Именно это обстоятельство отражает карта распределения коэффициента стока на ЕТР и, как следствие, характер изменения параметра c с севера на юг, рис. 3, а.)

Таким образом, уравнение (12) вполне может выполнять роль модели, диагностирующей появление бифуркационных очагов. Причем не только в режиме мониторинга, но и в режиме долгосрочного прогнозирования. Известна, например, формула Тюрка [14], связывающая испаряемость E_0 с температурой воздуха T : $E_0 = 300 + 25T + 0,05T^3$. С ее использованием коэффициенту стока можно придать следующий вид:

$$k = 1 - \operatorname{th} \left(\frac{300 + 25T + 0.05T^3}{\dot{X}} \right) \quad (14)$$

[эта формула справедлива при выполнении уравнения водного баланса для замкнутых водосборов ($\dot{X} = Q + E$, $k = Q / \dot{X} = (\dot{X} - E) / \dot{X} = 1 - E / \dot{X}$) и при использовании уравнения связи между испарением и осадками в форме, предложенной Н.А. Багровым, см. [6]; практически одинаковые результаты формула (14) дает и при использовании уравнения Э. М. Ольдекопа].

В эту формулу входят величины, в обязательном порядке присутствующие в любом долгосрочном климатическом сценарии (нормы осадков и температуры воздуха). Используя модель (12) и формулу (14), можно для любой точки поверхности суши (гидроствора) проследить возможную эволюцию распределения плотности вероятности расхода или модуля стока с одномодальной на многомодальную (и наоборот), а также прогнозировать временные интервалы, на которых возможны такие трансформации, т. е. появление и исчезновение бифуркационных очагов (см. также [15]).

На рис. 5 проиллюстрирована такая возможность для гипотетического сценария изменения коэффициента стока по части положительной волны синусоиды, охватывающей многолетний период [при анализе реальных сценариев надо использовать ход процесса $k(t)$, спрогнозированный по зависимости (14)]. В случае (а) режим стока на всем протяжении процесса может быть описан одномодальным распределением $p(q)$. Затем (б и в) происходит увеличение числа мод (вплоть до потери устойчивости самого механизма бифуркации (г), белая полоса в центре рисунка) и возвращение в устойчивое одномодальное состояние.

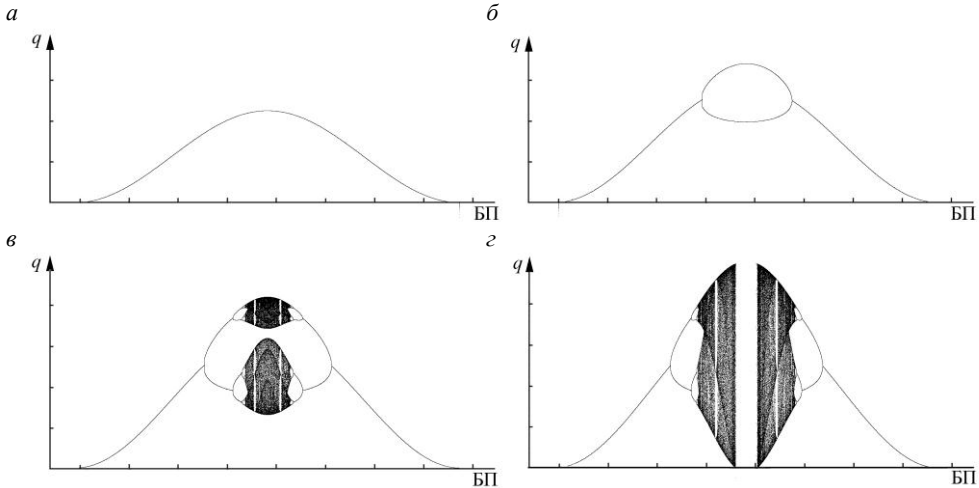


Рис. 5. Появление и исчезновение бифуркационных очагов при сценариях климата, отличающихся степенью уменьшения коэффициентов стока последовательно от a к $г$, входящего в бифуркационный параметр (БП), изменяющейся по оси абсцисс

Естественно, что «зашумление» модели (12) за счет годовой [пошаговой i] изменчивости параметров k и $\dot{X}$ (при численном моделировании это делается с помощью функции `Random ()`) приводит к размытости бифуркационных процессов $q(t)$ (при сохранении основных качественных их черт) и к возможности построения реальных распределений плотности вероятности на основе генерирования стокового ряда с помощью отображения (12). Подобные примеры (для другого круга задач) приведены в работе [4].

На рис. 6 представлена уже не бифуркационная диаграмма, а часть временного ряда, структура которого усложняется слева направо по мере роста бифуркационного параметра.

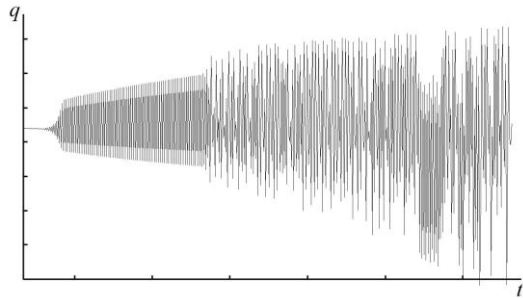


Рис. 6. Временная развертка процесса изменения модуля стока по мере увеличения численного значения бифуркационного параметра

Выводы

1. В работе впервые в гидрологии применено логистическое отображение с дробной нелинейностью, позволившее подтвердить полученные ранее результаты по неустойчивости стохастической модели формирования многолетнего речного стока, основанной на линейном формирующем фильтре.

2. Выявлен возможный механизм возникновения полимодальности в вероятностных распределениях многолетнего годового стока, связанный с бифуркациями удвоения периода.

3. Предложен способ прогностического диагностирования бифуркационных очагов при долгосрочном изменении климата, основанный только на доступной информации, содержащейся в климатических сценариях.

Литература

1. *Владимиров А. М.* Гидрологические расчеты. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 366 с.
2. *Коваленко В. В.* Частично инфинитное моделирование и прогнозирование процесса формирования речного стока. – СПб.: РГГМУ, 2004. – 198 с.
3. *Коваленко В. В.* Теория катастроф и эволюция дифференцируемых многообразий в частично инфинитной гидрологии. – СПб.: РГГМУ, 2008. – 178 с.
4. *Коваленко В. В.* Гидрологическое обеспечение надежности строительных проектов при изменении климата. – СПб.: РГГМУ, 2009. – 100 с.
5. *Конаржевский Л. М.* Типовые формы кривой обеспеченности характеристик весеннего стока с водосборов степной и лесостепной зон // Изд. Каз. филиала АН СССР, сер. Энергетика и водное хозяйство, 1961, вып. 3, с. 130–146.
6. *Методы изучения и расчета водного баланса* / Под ред. В.С. Вуглинского и др. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 398 с.
7. *Найденков В. И.* Нелинейная динамика поверхностных вод суши. – М.: Наука, 2004. – 318 с.
8. *Пригожин И., Стенгерс И.* Порядок из хаоса: Новый диалог человека с природой. – М.: Прогресс, 1986. – 432 с.
9. *Рождественский А.В., Чеботарев А.И.* Статистические методы в гидрологии. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 424 с.
10. *Саруханян Э. И., Смирнов Н. П.* Многолетние колебания стока Волги. – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 168 с.
11. *Соколовский Д.Л.* Речной сток (основы теории и методики расчетов): Учебник. Изд. 3-е, испр. и доп. – Л.: Гидрометеиздат, 1968. – 540 с.
12. *СНиП 2.01.14-83.* Определение расчетных гидрологических характеристик / Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1985. – 36 с.
13. *СП 33-101-2003.* Определение основных расчетных гидрологических характеристик / Госстрой России. – М.: ФГУП ЦПП, 2004. – 73 с.
14. *Тюрк Л.* Баланс почвенной влаги. – Л.: Гидрометеиздат, 1958. – 228 с.
15. *Коваленко В.В.* Выбросы размерности фазовых пространств прогностических и диагностических моделей развития процессов катастрофического формирования многолетнего речного стока // Уч. зап. РГГМУ, 2010, № 15, с. 5–18.

Е.В. Гайдукова, С.В. Шаночкин

**К МЕТОДИКЕ ОЦЕНКИ ДОЛГОСРОЧНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ
ВЕРОЯТНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МНОГОЛЕТНЕГО
ГОДОВОГО СТОКА ПОЛИЗОНАЛЬНЫХ РЕК СИБИРИ**

E.V. Gaidukova, S.V. Shanochkin

**METHODS OF ESTIMATES OF LONG-TERM CHANGES
OF PROBABILITY CHARACTERISTICS OF PERENNIAL ANNUAL
FLOW OF THE POLYZONAL RIVERS OF SIBERIA**

В статье рассматривается возможность применения известной методологии долгосрочных оценок климатических изменений многолетнего стока, основанной на уравнении Фоккера–Планка–Колмогорова, к полизональным рекам. Ее достоверность подтверждена ретроспективными прогнозами вероятностных характеристик стока крупных рек Сибири, протекающих в нескольких природных зонах.

Ключевые слова: долгосрочная оценка изменений многолетнего стока, вероятностные распределения, полизональные реки Сибири, ретроспективный прогноз.

The possibility of application of the methodology known long-term assessments of long-term climate change, runoff, based on the Fokker–Planck–Kolmogorov to polyzonal rivers. Its validity is confirmed hindcast probability characteristics large rivers of Siberia, occurring in several natural areas.

Key words: long-term estimation of changes of a long-term flow, probability distribution, polyzone rivers of Siberia, retrospective forecast.

Введение

В настоящее время существуют и успешно применяются для решения задач, связанных с долгосрочной оценкой гидрологических последствий изменения климата, стохастические модели формирования многолетнего речного стока (см., например, [1, 2]). Однако до сих пор обоснованность их применения ограничивалась реками с зональным режимом формирования стока, т. е. с площадью водосбора примерно от 1,5 тыс. км² до 50 тыс. км²; при меньших и больших площадях начинают действовать азональные и полизональные факторы формирования стока, не учитываемые используемыми моделями. Поэтому все крупные реки, в частности реки Сибири, выходили за рамки применимости существующей методологии долгосрочного прогноза.

Целью данной статьи является изучение возможности использования стохастической модели формирования многолетнего речного стока, основанной на уравнении Фоккера–Планка–Колмогорова, построенном с использованием линейного формирующего фильтра, для долгосрочной оценки вероятностных характеристик стока полизональных рек Сибири.

Методика исследований

На кафедре гидрофизики и гидропрогнозов РГГМУ была разработана методология долгосрочной оценки гидрологических последствий изменения кли-

мата [3]. В ее основе лежит стохастическая модель формирования многолетнего стока (уравнение Фоккера–Планка–Колмогорова – ФПК), решением которой является изменение плотности вероятности расходов воды (модуля, слоя) по времени. При моделировании равновесной (статистически установившейся) реакции вод суши на климатические и антропогенные воздействия уравнение ФПК аппроксимируется системой алгебраических уравнений для начальных моментов m_n ($n = 1, 2, 3$).

При проведении долгосрочной оценки вначале по рядам наблюдений вычисляются m_n , затем производится параметризация уравнений для моментов – находятся численные значения параметров, отвечающие за формирование плотности вероятности и связанные с физико-географическими свойствами бассейна. Затем найденные параметры изменяются за счет факторов подстилающей поверхности или/и за счет климата. Далее производится вычисление новых оценочных моментов m_n , по которым определяются расчетные гидрологические характеристики (норма, коэффициенты вариации и асимметрии).

Ретроспективная оценка вероятностных характеристик стока полизональных рек

На первом этапе для достижения сформулированной цели были созданы базы данных по стоковым характеристикам и осадкам для бассейнов крупных рек Сибири. Выбраны четыре бассейна – р. Обь, р. Енисей, р. Лена, р. Индигирка. Информация представлена в табл. 1; площади водосборов (F) больше 50 000 км², период наблюдений за расходами воды с 1941 по 1980 г. Реки характеризуются большим стоком [при модулях стока q , меняющихся от 4,41 до 10,9 л/(с·км²)], малыми коэффициентами вариации (C_v), соотношением C_s/C_v в среднем равным 2,5 (C_s – коэффициент асимметрии). Также были собраны данные по осадкам по 34-м метеостанциям, расположенным в пределах бассейнов рассматриваемых рек.

На втором этапе была произведена оценка текущего вероятностного режима полизональных рек с целью обоснования возможности использования одно-модальных распределений семейства кривых К. Пирсона, к которым приводят стохастические модели формирования многолетнего стока, используемые в рассматриваемой методике. Их успешное использование для прогноза вероятностных распределений полизональных рек позволит утверждать о применимости существующей методологии долгосрочного прогнозирования к крупным рекам. Для этого были построены гистограммы эмпирических частот и кривые обеспеченности по всем рассматриваемым створам. По критерию Колмогорова оценена согласованность эмпирических кривых обеспеченностей с теоретической кривой Пирсона III типа. Несмотря на то, что семь гистограмм выбранных створов имеют (при визуальной оценке) двумодальные распределения, для всех створов кривая Пирсона согласуется с эмпирическими распределениями при уровнях значимости 5 и 10 %.

Таблица 1

Информация по выбранным бассейнам крупных рек Сибири

№ п/п	Река – пост	F , км ²	q , л/(с·км ²)	C_v
1	Обь – с. Фоминское	98 200	10,9	0,15
2	Обь – г. Барнаул	169 000	8,09	0,19
3	Обь – г. Камень-на-Оби	216 000	7,80	0,13
4	Обь – г. Колпашево	486 000	8,97	0,15
5	Обь – д. Прохоркино	738 000	7,99	0,13
6	Обь – с. Белогорье	2 165 000	5,41	0,14
7	Обь – г. Салехард	2 432 000	5,71	0,13
8	Енисей – г. Кызыл	115 000	8,77	0,12
9	Енисей – п. Никитино	182 000	8,03	0,13
10	Енисей – с. Енисейск	1 400 000	5,61	0,10
11	Енисей – д. Подкаменная Тунгуска	1 760 000	6,01	0,09
12	Енисей – г. Игарка	2 440 000	7,30	0,07
13	Лена – д. Змеинова	140 000	7,74	0,16
14	Лена – с. Крестовское	440 000	8,90	0,15
15	Лена – с. Солянка	770 000	7,85	0,14
16	Лена – с. Табага	897 000	7,13	0,13
17	Лена – с. Кюсюр	2 430 000	6,53	0,11
18	Индигирка – гм. ст. Юрты	51 100	4,41	0,18
19	Индигирка – пос. Индигирский	83 500	5,21	0,22

Следующий этап заключался в выполнении ретроспективных прогнозов по существующим рядам стока и осадков, доказывающих обоснованность применимости методики.

С помощью разностно-интегральных кривых и критерия Стьюдента ряды наблюдений были поделены таким образом, чтобы разность между средними расходами была максимальной, т. е. были выделены маловодные и многоводные периоды [1, 4]. Нормы годовых осадков на каждую половину ряда рассчитывались тремя методами: среднего арифметического, квадратов, а также находилась та метеостанция, ряд по осадкам которой соотносился с рядом стока с большим коэффициентом корреляции (метод корреляции осадков со стоком). Использование этих методов обосновано их практической применимостью с наименьшими трудозатратами при практических прогнозах.

Ретроспективные прогнозы (имитирующие долгосрочные оценки вероятностных распределений) давались с первого периода (многоводного/маловодного) на второй (маловодный/многоводный) и наоборот; всего 38 прогнозов. Результаты прогнозов с первого хронологического периода на второй представлены в табл. 2.

В табл. 2 показаны отклонения относительных «прогнозных» характеристик стока от фактических при использовании норм осадков, вычисленных различными способами. Большее число лучших результатов дает прогноз с использованием осадков, определенных методом корреляции со стоком. Отклонения, превышающие 10 %, наблюдаются в основном, у створов, имеющих двумодальные гистограммы.

По критерию Колмогорова была оценена степень согласия фактических кривых распределения с прогнозными при уровнях значимости 5 и 10 %. При уровне значимости 5 % получено, что при прогнозе с маловодного периода на многоводный нулевая гипотеза о соответствии кривых не опровергается в 13 случаях, при прогнозе с многоводного периода на маловодный – в 11 случаях. В процентном соотношении, соответственно, оправдалось (т. е. максимальное отклонение фактических и прогнозных обеспеченных расходов воды не превышает критического значения) 68 и 57 % прогнозов. При уровне значимости 10 % при прогнозе с маловодного периода на многоводный оправдалось 63 % прогнозов, при прогнозе с многоводного периода на маловодный – 57 %.

Таким образом, от общего числа прогнозов процент оправдавшихся прогнозов составляет 63 % при пятипроцентном уровне значимости. При уровне значимости 10 % процент оправдавшихся прогнозов уменьшается до 60 %. Причем согласованность фактических и прогнозных кривых распределения свойственна створам, замыкающих площади водосборов не выше 200 тыс. км² (процент оправдавшихся прогнозов составляет 93 %), исключение составляет створ на реке Обь – с. Фоминское с площадью водосбора 98 200 км².

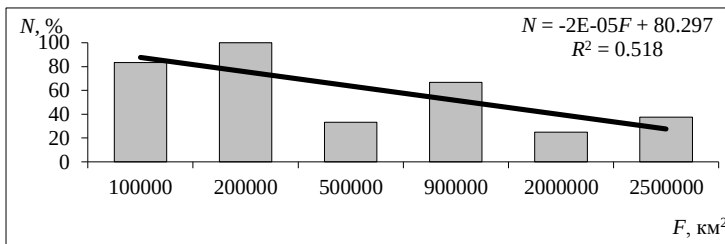
Таблица 2

Отклонения оценочных характеристик от фактических при ретроспективном прогнозе с использованием норм осадков, вычисленных различными способами, и результаты оценки согласия распределений по критерию Колмогорова

Река – пост	Методы вычисления осадков						Оценка по критерию Колмогорова	
	по корреляции		квадратов		ср. арифмет.		уровень значимости, %	
	Δq , %	ΔC_v , %	Δq , %	ΔC_v , %	Δq , %	ΔC_v , %	5/10*	5/10**
Обь – с. Фоминское**	-11,3	40,7	1,4	31,0	0,0	32,0	–/–	+/+
Обь – г. Барнаул**	-7,5	22,7	5,7	11,9	4,2	13,0	+/+	+/+
Обь – г. Камень-на-Оби*	-23,0	100	-9,9	36,9	-10,3	38,0	–/–	–/–
Обь – г. Колпашево*	-16,7	-1,8	-20,1	2,4	-20,4	2,8	–/–	–/–
Обь – д. Прохоркино*	-11,5	20,9	-17,0	27,8	-17,3	28,2	–/–	–/–
Обь – с. Белогорье*	-13,4	0,0	-16,5	4,1	-17,9	6,1	+/+	–/–
Обь – г. Салехард*	-10,9	21,4	-11,6	23,2	-13,1	26,9	+/-	–/–
Енисей – г. Кызыл**	0,3	32,8	-0,6	31,8	0,5	32,9	+/+	+/+
Енисей – п. Никитино**	4,2	1,6	1,9	0,5	3,0	1,0	+/+	+/+
Енисей – с. Енисейск*	-8,1	-11,3	-8,7	-11,9	-8,1	-11,3	–/–	–/–
Енисей – д. П. Тунгуска**	-5,6	-23,4	0,4	-27,0	0,5	-27,1	+/+	–/–
Енисей – г. Игарка**	-3,2	39,6	5,3	30,8	6,4	29,7	–/–	–/–
Лена – д. Змеинова**	-4,6	-11,3	-0,4	-18,1	-2,2	-15,3	+/+	+/+
Лена – с. Крестовское**	-4,7	-26,9	-2,3	-28,2	-4,1	-27,2	+/+	+/+
Лена – с. Солянка**	2,4	-26,2	4,4	-25,8	2,4	-26,2	+/+	+/+
Лена – с. Табага**	2,0	-12,8	3,9	-12,5	2,0	-12,8	+/+	+/+
Лена – с. Кюсюр **	-4,9	-28,8	-0,9	-27,8	-2,8	-28,3	+/+	+/+
Индигирка – ст. Юрты**	7,5	25,5	6,0	25,7	7,5	25,5	+/+	+/+
Индигирка – пос. Индигирский*	4,7	4,6	-7,9	-4,3	-6,9	-3,8	+/+	+/+

Примечания: * – ретроспективный прогноз с маловодного периода на многоводный; ** – ретроспективный прогноз с многоводного периода на маловодный.

Выполненная оценка качества ретроспективных прогнозов позволяет предположить, что применяемая стохастическая модель формирования стока эффективна при прогнозе вероятностных характеристик стока полизональных рек с площадью водосбора до 200 тыс. км² (см. рис.). На рисунке показана гистограмма, показывающая зависимость процента оправдавшихся прогнозов (N) от площади водосбора (F). Проведена аппроксимирующая линия, коэффициент детерминации равняется 0,52 ($R = 0,72$). Подобную зависимость можно объяснить тем, что на больших площадях для описания процесса формирования годового стока не совсем подходит модель, основанная на линейном фильтре, т. е. нужна нелинейная модель или модель, которая учитывает дополнительные (помимо расхода воды) фазовые переменные.



Зависимость оправдавшихся прогнозов (N) от площади водосбора (F)

Выводы

Рассмотренные ретроспективные прогнозы вероятностных характеристик стока полизональных рек являются, при значительных площадях, неудовлетворительными. Прогнозы можно, по-видимому, перевести в статус удовлетворительных, если, во-первых, прогнозировать сток полизональных рек с площадью водосбора не более 200 тыс. км²; во-вторых, при прогнозной оценке параметры модели делать зависимыми от физико-географических или климатических характеристик [3]; в-третьих, использовать при параметризации прогнозной модели нормы осадков той метеорологической станции, на которой коэффициент корреляции наблюдаемых осадков со стоком наибольший.

Литература

1. Коваленко В.В., Гайдукова Е.В., Викторова Н.В., Хаустов В.А., Громова М.Н., Девятков В.С., Шевнина Е.В. Влияние изменения климата на многолетний слой стока весеннего половодья рек Арктической зоны России // Уч. зап. РГГМУ, 2010, № 14, с. 14–19.
2. Коваленко В.В., Гайдукова Е.В., Девятков В.С. Фоновое прогнозирование процесса формирования суточных вероятностных стоковых характеристик // Уч. зап. РГГМУ, 2011, № 18, с. 10–20.
3. Коваленко В.В., Викторова Н.В., Гайдукова Е.В. Моделирование гидрологических процессов. Изд. 2-е, испр. и доп. – СПб.: РГГМУ, 2006. – 559 с.
4. Шевнина Е.В. Параметризация модели формирования стока весеннего половодья на территории Российской Арктики // Уч. зап. РГГМУ, 2011, № 21, с. 38–46.

Исследования финансировались Министерством образования и науки Российской Федерации (гранты № 5.3400.2011, 14.B37.21.0678).

Н.Б. Барышников, В.В. Корнилов, В.А. Иванов, Е.С. Субботина

**ВЛИЯНИЕ РУСЛОВЫХ ДЕФОРМАЦИЙ
НА ПОЛОЖЕНИЕ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ГРАНИЦЫ**

N.B. Baryshnikov, V.V. Kornilov, V.A. Ivanov, E.S. Subbotina

**IMPACT OF RIVER CHANNEL DEFORMATIONS
ON THE STATE BORDER LOCATION**

Выполнен анализ влияния русловых процессов и деформаций берегов русел на положение фарватера, определяющего положение государственной границы. Предложены мероприятия по исключению перехода островных и других территорий из-под юрисдикции России к сопредельным государствам из-за перемещения фарватера.

Ключевые слова: фарватер, острова, русловые деформации, речное русло, русловые процессы, долгосрочный прогноз.

An analysis of processes in river channels and river banks deformations, which impact on the state border location, is carried out. Necessary actions to eliminate transfer of islands and other territories from Russia's jurisdiction to that of contiguous countries due to changing the fairway location are proposed.

Key words: fairway, islands, river channel deformations, river bed, processes in river channel, long-range forecast.

Важную роль русловые процессы играют не только при проектировании и строительстве различных гидротехнических сооружений и проведении водохозяйственных мероприятий, но и при определении положения государственных границ, если они проходят по руслам рек и другим водным объектам. Действительно, государственные границы в этом случае, как правило, назначаются по фарватеру, который довольно часто меняет свое положение из-за развития русловых деформаций. Особенно часто это положение прослеживается на участках рек с типами руслового процесса русловая или пойменная многорукавность [1, 9]. В этих случаях из-за перемещения русловых образований, спрямления излучин и других деформаций речного русла, фарватер может изменить своё положение, чаще всего при пропуске высоких и особенно катастрофических паводков [2]. Близкая картина наблюдается и при меандрирующих типах руслового процесса, таких как свободное, незавершённое или ограниченное. Однако особенно часто фарватер изменяет своё положение (в течение месяца, а иногда и нескольких дней) при подтипе руслового процесса – блуждающие русла [1, 2]. При таких деформациях русел фарватер довольно часто может перемещаться от одного склона долины к противоположному. Следствием этого является и смещение государственной границы от одного склона долины к противоположному, что иногда сопровождается переходом одного или нескольких довольно крупных островов под юрисдикцию сопредельного государства. Наглядным примером является остров Доманский, расположенный на р. Амур в непосредственной близости от города Хабаровска. Результатом смещения фарватера в северный рукав явилась передача этого острова Китаю.

Для стабилизации или ограничения процесса перемещения фарватера применяются дорогостоящие берегоукрепительные, выправительные и другие работы, которые довольно часто проводятся без достаточного научного обоснования. В то же время современные методы долгосрочных прогнозов и расчётов русловых процессов, основанные на достижениях гидроморфологической «теории», позволяют с достаточной для практики точностью заблаговременно определять наиболее опасные участки размыва берегов речных русел. Их закрепление приводит либо к ликвидации, либо к замедлению процесса деформаций русла на расчётном участке или даже направляет его в противоположном направлении. Следует отметить, что межгосударственные договоры запрещают возводить гидротехнические сооружения, направленные на перенос фарватера к противоположному склону долины. К сожалению, эти договоры довольно часто нарушаются.

Научные разработки долгосрочных прогнозов русловых деформаций и особенно берегов рек имеют особое значение для России, длина водных границ, которой исчисляется тысячами километров. При этом значительная её часть проходит по рекам Аргунь и Амур [4, 5].

Для составления такого долгосрочного прогноза необходимо собрать данные планово-высотных и русловых съёмок, в том числе данные лоцманских карт, а также результаты данных аэрофотосъёмок и космических снимков. Вся эта информация, необходимая для определения скоростей развития деформаций, должна быть приведена к единому масштабу. Затем посредством совмещения данных за различные годы определяются скорости развития русловых процессов. Значения этих скоростей необходимо увязывать с водностью рек за этот же расчётный период. Следует отметить, что наибольшие скорости русловых деформаций наблюдаются в многоводные периоды, а в маловодные периоды, когда скорости течения малы, русловые образования вообще не перемещаются. Аналогичная картина наблюдается и в меженные периоды, особенно при скоростях потока меньших или равных критическим скоростям.

По-видимому, необходимо эти положения проиллюстрировать конкретными примерами. По нашему мнению, наиболее типичной в этом отношении является река Аргунь [5, 6], по фарватеру которой на значительном её протяжении проходит государственная граница между Россией и Китаем. В качестве примеров рассмотрим два участка реки, расположенных между селами Усть-Нарынский и Среднеаргунским и в районе села Кайластуй [4, 5, 6].

Русло реки на первом участке свободно меандрирует [6]. Излучины находятся на разных стадиях развития (от зарождения до завершения). Пойменная многорукавность проявляется в наличии протоков, действующих и временных. До 70-х годов прошлого века граница проходила по протоке Договорной. В настоящее время на современной карте протока Договорная, как постоянно действующая, не прослеживается. В результате подобной направленности русловых деформаций линия государственной границы во время демаркационных работ была проведена по левобережному рукаву, при этом значительная территория, ранее принадлежавшая России, отошла к Китаю.

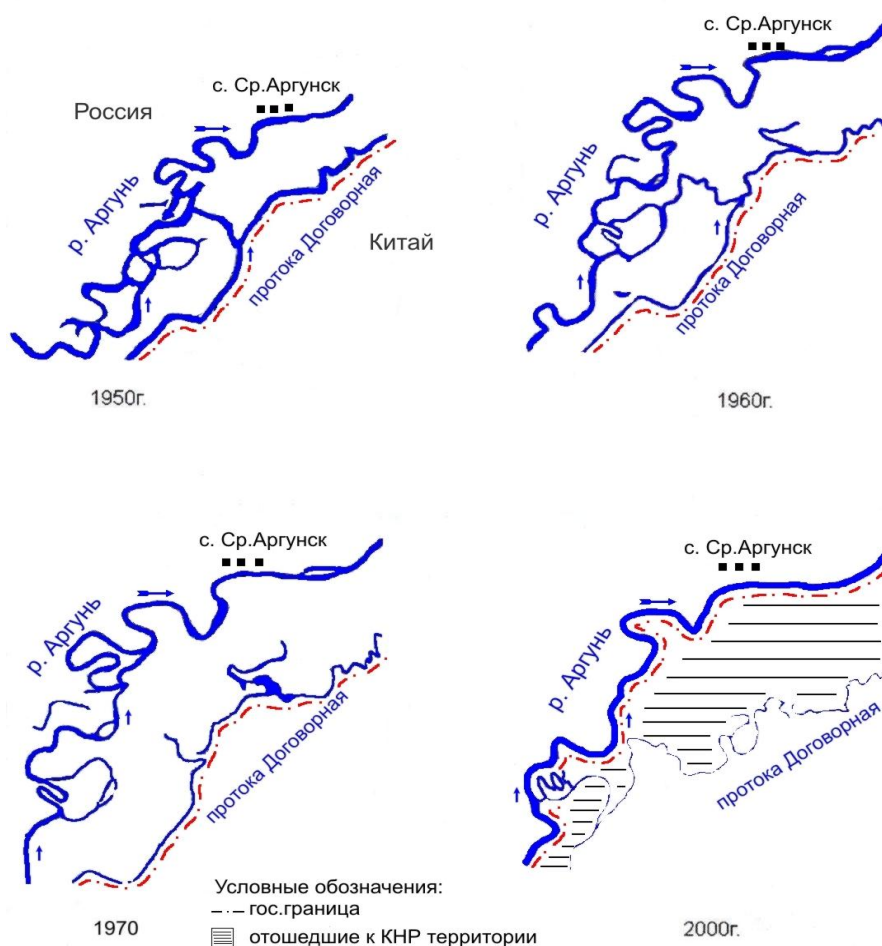


Рис. 1. Русловые деформации р. Аргунь в районе с. Усть-Нарынский – с. Среднеаргунск

На втором участке в районе села Кайластуй за последние 30 лет ниже истока протоки Быстрая произошёл размыв перешейка двух излучин (рис. 2). Ниже села русло, спрямившее несколько излучин, стало за это время основным [4, 5, 6]. Наибольшее перераспределение стока произошло в протоке Копаные Колы, по которой ранее проходила государственная граница. На современной карте эта протока отсутствует, поэтому значительная территория России отошла к сопредельной стороне [8]. Протока Быстрая, в прежние времена, бывшая временно действующим водотоком, в настоящее время играет большую роль в перераспределении стока р. Аргунь в районе с. Кайластуй. Доля стока, проходящая через протоку Быстрая, составляет 52 % от общего стока р. Аргунь. Русло реки Аргунь в районе с. Кайластуй свободно меандрирует и подвержено значительным деформациям.

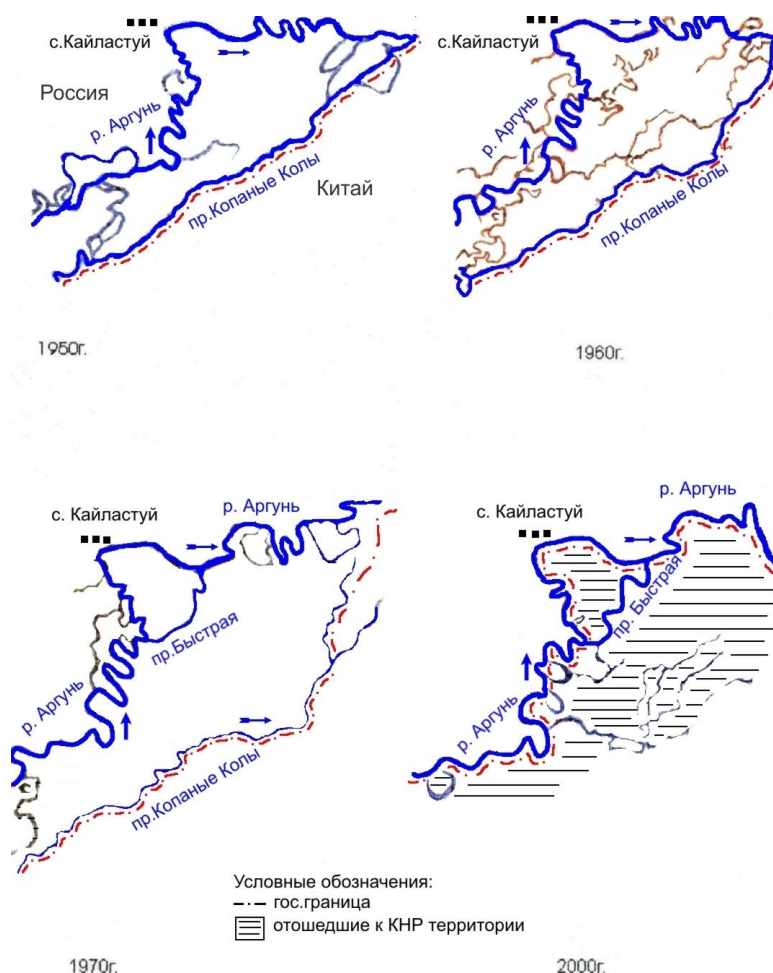


Рис. 2. Русловые деформации р. Аргунь в районе с. Кайластуй

Иллюстрацией борьбы за территорию может служить участок реки Аргунь, приведённый на рис. 3, на котором указаны места крепления берега от размыва китайской стороной. Эти крепления препятствуют не только размыву берега, но и, что является более важным, способствует перемещению фарватера, а следовательно, и государственной границы, с севера, т.е. от территории России, на юг, т.е. к территории Китая. Действительно, до строительства этих сооружений протока Быстрая была временным водотоком. В настоящее время после строительства сооружений по ней проходит до 52 % стока р. Аргунь. Таким образом, произошло смещение фарватера, а следовательно, при уточнении линии государственной границы существенно изменяется её положение, что приводит к переходу значительной части территории от России к Китаю. Затраты на строительство таких берегоукрепительных и других сооружений составляют

весьма значительные суммы. Однако, несмотря на это, китайское правительство считает, по-видимому, что стоимость отторгаемых территорий является более ценной. Вложенный в эти сооружения капитал полностью окупается за непродолжительное время.

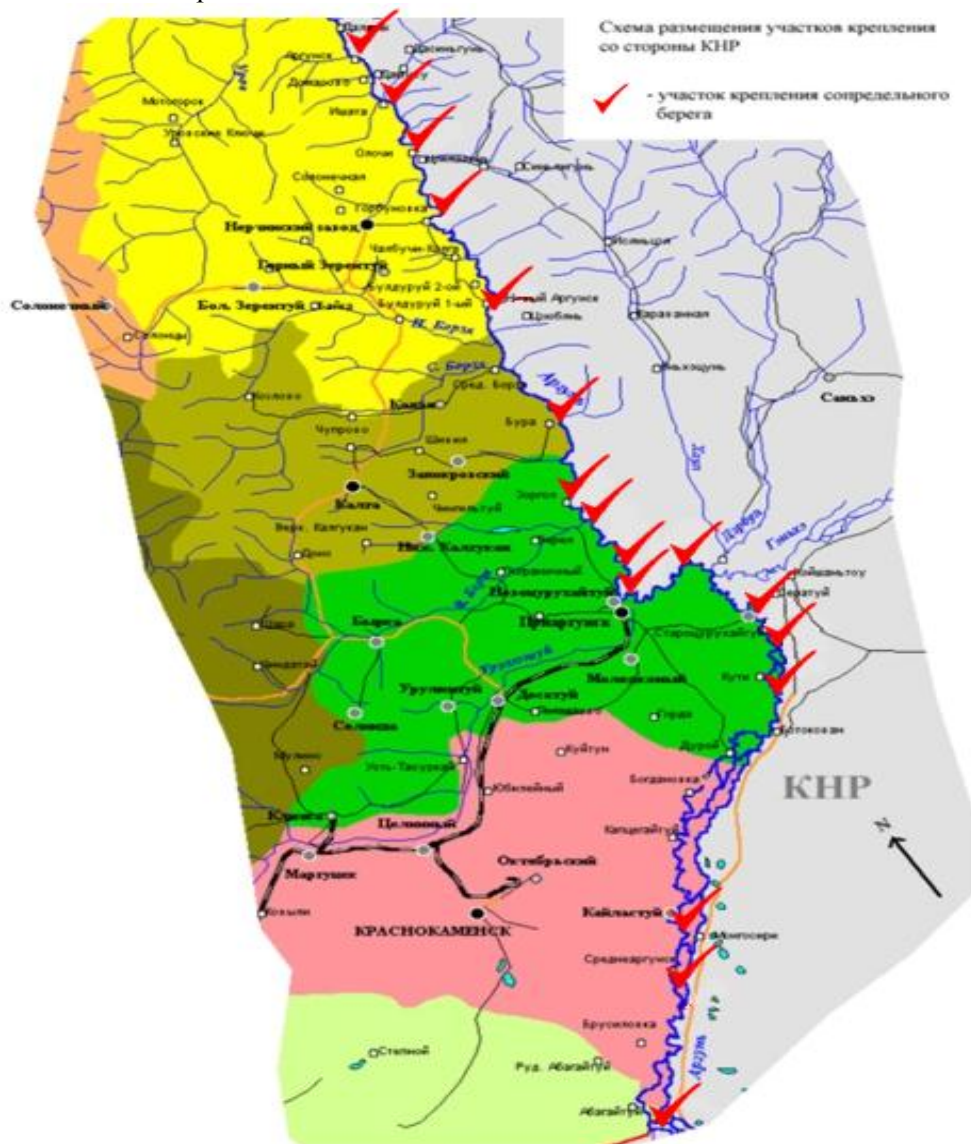


Рис. 3. Схема размещения участков укрепления берега р. Аргунь со стороны КНР

Аналогичные результаты получены и при анализе информации по р. Ворме, по которой проходит государственная граница между Россией и Норвегией.

ей. Как видно на рис. 4, по длине реки наблюдается довольно частая смена типов русловых процессов. Особенно интенсивные деформации речного русла происходит в нижнем течении реки примерно в 3 км от устья, где наблюдается тип руслового процесса свободное меандрирование. Именно в этом районе произошли интенсивные русловые деформации, приведшие к переходу ряда российских островов под юрисдикцию Норвегии.

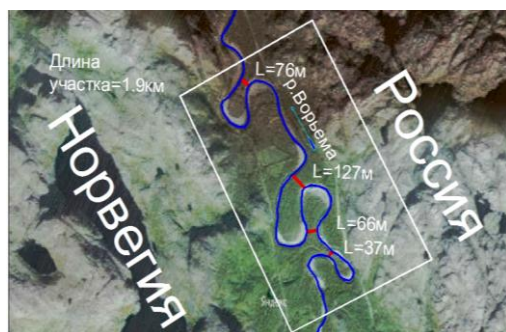


Рис. 4. Русловые деформации р. Ворьема

Действительно, на рис. 4 приведён участок реки Ворьема, где наблюдается чётко выраженный тип руслового процесса – свободное меандрирование. Несколько ниже по течению он переходит в ограниченное меандрирование. Деформации русла развиваются довольно быстро и можно прогнозировать спрямление излучины в ближайшее время. С норвежской стороны принимаются срочные меры по закреплению участка реки (см. рис. 4, $L = 37$ м) посредством отсыпки крупнообломочного камня. В тоже время, с российской стороны возможны прорыв перешейков и спрямление излучин (см. рис. 4, $L = 127$ м и 76 м). После этого фарватер, а следовательно, и государственная граница, переместятся в сторону России. Следствием этого будет переход под юрисдикцию Норвегии двух пойменных массивов. Для избежания такого негативного развития русловых процессов необходимо применять меры к стабилизации их развития на этих участках.

Что же объединяет эти три рассмотренных участка рек, а также и другие, расположенные почти по всей длине равнинных частей рек Аргунь и Ворьема? Их объединяет то, что на них, как правило, происходит процесс перемещения фарватера в сторону Российского берега. Это, естественно, влечёт за собой перемещение государственной границы и, как следствие, переход одного или нескольких островов, весьма значительной площади, измеряемой сотнями и даже тысячами квадратных километров под управление соседних государств. В чем же причины такого негативного процесса? Основная из них заключается в отсутствии проектов крепления берегов речных русел, основанных на долгосрочных прогнозах русловых процессов, определяющих размывы берегов речных русел. Вторым фактором является медлительность чиновников в принятии решений в экстренных случаях. Действительно, когда начинается интенсивный

размыв берега или процесс спрямления излучин, который может привести к изменению положения фарватера, зарубежные хозяйственники быстро реагируют на эти процессы и практически мгновенно принимают действенные меры по ликвидации наметившихся негативных русловых деформаций. Российская же сторона затягивает процесс ликвидации этих последствий. К сожалению, Российское законодательство совместно с медлительностью чиновников является основой для увеличения сроков принятия решений, проектирования и производства работ. Это в свою очередь часто приводит к тому, что проведение таких работ уже является бесполезным.

Ради истины необходимо отметить, что имелись случаи, хотя и в незначительном количестве, перехода, небольших территорий островов, в обратном направлении, т.е. из юрисдикции Китая в Россию.

Проведённый анализ и расчёты позволяют сделать следующие выводы и предложения: быстро принимающие и реализующие решения

- необходимо создать в пограничных районах, где граница России с другими государствами проходит по фарватеру, научно-проектные организации для разработки прогнозов русловых деформаций и проектов крепления берегов речных русел, быстро принимающие и реализующие решения, т.е. организации типа МЧС;

- произвести на основе долгосрочных прогнозов русловых процессов оценку возможных негативных русловых деформаций;

- систематизировать наиболее опасные с позиции русловых процессов участки и установить очерёдность проведения на них работ по их укреплению;

- привлечь к этой работе специалистов в области русловых процессов;

- разработанные проекты должны заблаговременно пройти соответствующие экспертизы.

Литература

1. Барышников Н.Б. Русловые процессы. – СПб.: РГГМУ, 2008. – 438 с.
2. Барышников Н.Б., Субботина Е.С., Скоморохова Е.М., Поташко Е.А. Коэффициенты шероховатости пойм // Уч. зап. РГГМУ, 2012, № 23, с. 13-20.
3. Барышников Н.Б., Субботина Е.С., Скоморохова Е.М., Поташко Е.А. Антропогенное воздействие на пойменные процессы и гидравлику русловых и пойменных потоков // Уч. зап. РГГМУ, 2012, № 22, с. 7-12.
4. Зима Ю.В. Русловые деформации Аргуни // Регионы нового освоения: экологические проблемы, пути решения. Мат-лы межрегион. науч.-практ. конф., Хабаровск, 10-12 окт. 2008. Кн. 1. – Хабаровск: ДВО РАН, 2008, с. 541-544.
5. Зима Ю.В. Современные руслоформирующие процессы реки Аргунь // География и природные ресурсы, 2009, № 1, с. 162-164.
6. Зима Ю.В. Русловая деятельность реки Аргунь // Аргунские просторы. – Чита: Экспресс-изд-во, 2009, с. 64-68.
7. Карты РСФСР Читинской области и Китая Авт. район Внутренняя Монголия (с. Абагайтуй) 1:25 000, 1950 г., 2000 г.
8. Карты РСФСР Читинской области и Китая Авт. район Внутренняя Монголия (с. Брусиловка) 1:25 000, 1950 г., 2000 г.
9. Кондратьев Н.Е., Попов И.В., Сниценко Б.Ф. Основы гидроморфологической теории руслового процесса. – Л.: Гидрометеиздат, 1982. – 272 с.

В.А. Бузин, Н.И. Горошкова

ПРОГНОЗ ВНУТРИВОДНОГО ЛЕДООБРАЗОВАНИЯ В РЕКАХ И НИЖНИХ БЬЕФАХ ГЭС

Buzin, V.A. and Goroshkova, N.I.

FORECAST OF FRAZIL ICE FORMATION IN RIVERS AND TAIL WATER AT POWER PLANTS

Рассматривается опасное ледовое явление в реках и нижних бьефах ГЭС, развивающиеся в процессе их замерзания – образование внутриводного льда, приводящего к закупорке водозаборов. Излагается методика краткосрочных прогнозов интенсивности внутриводного ледообразования – элемента ледового режима шугоносных рек и нижних бьефов ГЭС, ранее не прогнозировавшегося.

Ключевые слова: замерзание реки, внутриводный лед, шуга, ледовые затруднения, прогноз опасного ледового явления.

The dangerous ice phenomenon – frazil ice formation and subsequent water intake obstruction in rivers and HYDROELECTRIC POWER STATIONS lower reach during water freeze-up – is considered. The technique of frazilization intensity, an element of ice conditions in rivers and HYDROELECTRIC POWER STATION lower reach with frazil ice drift, short-term forecast is presented. Until now this element of ice conditions was not predicted.

Key words: rivers freeze-up, frazil ice, slush ice, ice problems, dangerous ice phenomenon forecast.

Отличительной особенностью процесса замерзания шугоносных участков рек, включая нижние бьефы высоконапорных ГЭС, является образование внутриводного льда – различных ледяных кристаллов (пластинчатых, круглых, чечевицеобразных и др.), а также их скопления в виде губчатой непрозрачной массы, находящейся в толще воды, на подводных предметах (глубинный лед) или на дне (донный лед).

Помехи, вызываемые образованием внутриводного льда, обусловлены способностью кристаллов льда примерзать к металлу, обладающему гидрофильными свойствами, и прочно удерживаться на его поверхности. Намерзая на решетках водозаборов, внутриводный лед нарушает этим нормальное водоснабжение. Отверстия водозаборов остаются забитыми внутриводным льдом в течение нескольких дней, что нарушает нормальное функционирование хозяйственных объектов.

К настоящему времени известны многочисленные теоретические исследования процесса ледообразования на шугоносных реках [1, 2, 3, 7, 11, 13, 14], в результате которых установлено, что необходимыми условиями образования внутриводного льда в водных потоках являются переохлаждение воды ниже 0° , наличие центров кристаллизации и интенсивный отвод тепла, выделяющегося при ледообразовании, т. е. наличие турбулентного перемешивания масс воды. Также установлено, что значительное переохлаждение воды (до $-0,1^{\circ}\text{C}$) может

происходить при активном перемешивании, которое наблюдается при скорости течения более 0,6 м/с и больших теплопотерях ($S > 200 \text{ Вт/м}^2$).

Вопрос о переохлаждении детально изучался при исследованиях кристаллизации воды, выполненных В.А. Рымшей и Р.В. Донченко [11]. Для оценки интенсивности внутриводного ледообразования ими предложена расчётная формула, описывающая распределение тепла, выделяющегося при образовании льда на поверхности и по глубине потока. Оно характеризуется соотношением между теплоотдачей водной поверхности и интенсивностью турбулентного перемешивания водной массы. Количественно данное соотношение выражается параметром P_z , представляющим собой количество теплоты, выделяющейся при кристаллизации переохлажденной воды объемом $1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$ на глубине z :

$$P_z = \frac{S}{\sqrt{\lambda_t m}} \left(\frac{ch[(h-z)/\sqrt{\lambda_t m}] - k \cdot ch(z/\sqrt{\lambda_t m})}{sh(h/\sqrt{\lambda_t m})} \right), \quad (1)$$

где S – теплоотдача с водной поверхности; λ_t – коэффициент турбулентной теплопроводности воды; m – эмпирический параметр, характеризующий отношение температуры переохлажденной воды к теплоте, выделяющейся при ее кристаллизации; h – глубина потока; z – глубина, отсчитываемая от поверхности; k – коэффициент, характеризующий отношение прихода тепла через дно водотока к теплоотдаче с водной поверхности.

При $z \rightarrow 0$ формула (1) принимает вид

$$P_0 = S / \sqrt{\lambda_t m}. \quad (2)$$

Условие $P_0 \approx S$ (слабое турбулентное перемешивание воды) отвечает спокойному и быстрому замерзанию реки путем образования на поверхности воды ледяной корки. При интенсивном перемешивании воды распределение P_z по глубине близко к равномерному распределению, т.е. $P_0 \ll S$, и лёд образуется во всей водной толще, а процесс замерзания водотока носит затяжной характер.

Расчётная формула В.А. Рымши и Р.В. Донченко обоснована результатами лабораторных и натурных исследований и рекомендована для использования в расчетах характеристик ледовых явлений при проектировании и эксплуатации гидротехнических сооружений на реках и каналах [9]. После небольших преобразований она может быть применена и для прогноза интенсивности образования внутриводного льда. Так, уравнение (2) можно представить следующим образом:

$$\alpha = \frac{P_0}{S}, \quad (3)$$

где α – доля теплоотдачи с водной поверхности, в результате которой образовался поверхностный лед. Тогда для средней интенсивности образования внутриводного льда в водном потоке глубиной h можно записать:

$$I_h = (1 - \alpha) \frac{S}{Lh}, \quad (4)$$

где I_h в $\text{кг/м}^3 \cdot \text{с}$; L – удельное тепло ледообразования, $L = 33,3 \cdot 10^4$ Дж/кг. В случае суточного интервала времени ледообразования уравнение (1) принимает вид

$$I_h = 0,2595(1 - \alpha) \frac{S}{h}. \quad (5)$$

Р.А. Нежиховским [8] показано, что на реках, протекающих в пределах от 58 до 62 ° северной широты, потери тепла с водной поверхности в конце осени – начале зимы достаточно точно рассчитываются по формуле

$$S = -24,23\theta, \quad (6)$$

где S – среднесуточные потери тепла, Вт/м^2 ; θ – среднесуточная температура воздуха, °C.

После подстановки (6) в (5) получаем следующую формулу для расчёта целей прогноза средней за сутки интенсивности внутриводного ледообразования в реках и нижних бьефах ГЭС в пределах северной широты от 58 до 62 °.

$$I_h = -6,29(1 - \alpha) \frac{\theta}{h}. \quad (7)$$

Установлено, что доля поверхностного теплового потока, приводящего к образованию поверхностного льда

$$\alpha = -0,0004 \frac{\theta}{A}. \quad (8)$$

Значение коэффициента турбулентного обмена (вязкости) водных масс, необходимое для ее определения, рассчитывается по формуле В.М. Маккавеева [7]

$$A = \frac{ghV}{C(0,7C + 6)}, \quad (9)$$

где g – ускорение свободного падения, м/с^2 ; V – скорость течения, м/с ; C – коэффициент Шези.

Формула (7) позволяет рассчитать среднюю за сутки интенсивность ледообразования по данным об уровне воды и температуре воздуха. Для прогноза нужно иметь данные метеопрогноза с заблаговременностью 5 суток. По уровню Z на дату составления прогноза по кривой $Q(Z)$ определяется расход воды, который используется в прогнозе интенсивности внутриводного ледообразования.

Предварительным этапом прогнозирования интенсивности образования внутриводного льда является построение вспомогательных графиков связи $Q = f(Z)$, $h = f(Q)$, $B = f(Q)$, $V = f(Q)$, $C = f(Q)$ и $A = f(Q)$. Кроме того, устанавли-

вается зависимость потерь тепла с водной поверхности от температуры воздуха.

Выпуск прогноза приурочивается к дате устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 0°C . На эту дату по данным измерений на гидрологическом посту температуры воды ($\theta_в$) и уровня (Z) определяются средние за сутки значения Z и $\theta_в$. По уровню Z с кривой $Q = f(Z)$ снимается соответствующее ему значение расхода воды. Далее по кривым $h = f(Q)$ и $B = f(Q)$ устанавливаются значения глубины (h) и ширины (B) реки при расходе Q . Затем по данным метеопрогноза с заблаговременностью 5 суток рассчитываются средние теплотери с водной поверхности ($S_{\text{ср}}$) и прогнозируется дата начала ледовых явлений:

$$D_{\text{л}} = D_{0^{\circ}\text{C}} + \frac{c\rho h\theta_{\text{в}}}{86400S_{\text{ср}}}, \quad (10)$$

где $D_{0^{\circ}\text{C}}$ – дата устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 0°C ; $c = 4190 \text{ Дж/кг}^{\circ}\text{C}$ – удельная теплоемкость воды; $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ – плотность воды.

Следующим этапом является прогноз расхода воды на дату $D_{\text{л}}$. Этот расход достаточно тесно связан с расходом на дату $D_{0^{\circ}\text{C}}$. Связь между ними характеризуется коэффициентами корреляции от 0,7 до 0,8. Она имеет следующее аналитическое выражение:

$$Q_{\text{л}} = Q_{0^{\circ}\text{C}} e^{k\tau}, \quad (11)$$

где k – коэффициент, зависящий от погодных условий в период замерзания реки; $\tau = D_{\text{л}} - D_{0^{\circ}\text{C}}$.

Коэффициент k определяется за период от даты начала устойчивого тренда расхода воды до даты выпуска прогноза (дата устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 0°C).

Последним этапом прогноза является определение по кривым $h = f(Q)$ и $A = f(Q)$ через расход $Q_{\text{л}}$ значений h и A и расчет по формуле (7) интенсивности образования внутриводного льда.

Для нижних бьефов ГЭС, где внутриводный лед образуется в течение всей зимы на нижнем участке приплотинной полыньи, интенсивность внутриводного ледообразования прогнозируется ежедневно, для чего ежедневно определяется положение створа нулевой температуры воды

$$L_{0^{\circ}\text{C}} = \frac{Q_{\text{ГЭС}} c \rho \theta_{\text{в, ГЭС}}}{BS_{\text{ср}}}, \quad (12)$$

где $Q_{\text{ГЭС}}$ – сбросной расход гидроузла; B – ширина бьефа; $\theta_{\text{в, ГЭС}}$ – температура воды, сбрасываемой ГЭС.

Описанная выше прогностическая схема реализована на примере одной из

самых шугоносных рек России: реки Нева, которая имеет сложный и во многом отличный от других рек режим, обусловленный неустойчивым характером погоды зимой и регулированием стока воды в ней глубоководным Ладожским озером. Образование внутриводного льда в начале зимы является неотъемлемой частью процесса замерзания Невы. Намерзая на решетках водозаборов, он нарушает этим нормальное водоснабжение основных потребителей воды Невы: промышленности Санкт-Петербурга, теплоэнергетики и коммунального хозяйства города и многочисленных городков и поселков Ленинградской области, расположенных вблизи реки. В последние годы из-за теплового загрязнения Невы и, возможно, в связи со строительством защитных сооружений в Невской губе и изменением климата, на реке в начале зимы все дольше сохраняется ледостав с полыньями, что благоприятствует внутриводному ледообразованию.

Выполненные расчеты интенсивности внутриводного ледообразования в Неве на участке 17–45 км от устья реки показали, что максимальное значение I_h равно $7,0 \text{ кг/м}^3\cdot\text{с}$, а минимальное – $0,7 \text{ кг/м}^3\cdot\text{с}$. Для прогноза было выведено простое уравнение

$$I_h = 0,397Z_{\text{Петр}} - 0,449\theta_{\text{мин}} + 0,226, \quad (13)$$

где $Z_{\text{Петр}}$ – уровень воды у ст. Петрокрепость на дату устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через 0°C (м БС); $\theta_{\text{мин}}$ – минимальная температура по метеопрогнозу в течение ближайших 5 суток ($^\circ\text{C}$).

Процессы ледообразования и формирования ледяного покрова в нижних бьефах гидроузлов определяются режимом работы ГЭС, расходом и температурой воды, поступающей в нижний бьеф, а также теплотериями и гидравлическими условиями [5, 6, 12]. Внутриводный лёд образуется здесь в течение всего зимнего периода в полынье, размеры которой изменяются под влиянием режима работы ГЭС и условий теплообмена.

Расход воды определяет соотношение интенсивностей образования поверхностного и внутриводного льда в потоке. Чем больше расход, тем больше льда образуется внутри водного потока и меньше на его поверхности. В нижних бьефах высоконапорных ГЭС в большинстве лет зимний расход воды достаточно велик, и участок бьефа, находящийся в зоне перемещения кромки льда, отличается интенсивным образованием внутриводного льда.

Расчеты интенсивности внутриводного ледообразования в нижних бьефах пяти ГЭС: Усть-Каменногорской на р. Иртыш, Новосибирской на р. Обь, Красноярской на р. Енисей, Богучанской на р. Ангара и Зейской на р. Зея показали, что для участков бьефов, находящихся в зоне перемещения кромки льда, максимальное значение I_h равно $77 \text{ кг/м}^3\cdot\text{с}$, а минимальное – $8 \text{ кг/м}^3\cdot\text{с}$. Оказалось, что для нижних бьефов высоконапорных гидроузлов величина I_h слабо зависит от расхода воды. Интенсивность образования льда (как поверхностного, так и внутриводного) в нижних бьефах высоконапорных ГЭС определяет, в основном, температура воздуха в период его замерзания. Наибольшая интенсивность этого процесса приходится на дату минимальной температуры. В результате

выполненных расчетов установлена общая прогностическая зависимость для нижних бьефов высоконапорных гидроузлов Сибири (рис. 1).

Установленная зависимость интенсивности внутриводного ледообразования от температуры воздуха может быть положена в основу системы контроля и прогнозирования ледообразования в нижних бьефах высоконапорных гидроузлов в Сибири.

Для нижних бьефов ГЭС, как уже отмечалось, интенсивность внутриводного ледообразования прогнозируется ежедневно для участка ниже створа нулевой температуры воды. Исходными данными для прогноза являются средняя суточная температура воздуха по метеопрогнозу с заблаговременностью 5 суток, сбросной расход воды ($Q_{ГЭС}$) на дату выпуска прогноза, а также сведения о положении створа нулевой изотермы и кромки ледяного покрова. Расход воды в расчётном створе определяется по связи $Q = f(Q_{ГЭС})$ с учетом времени добегания от ГЭС. Положение створа нулевой изотермы устанавливается ежедневно путём измерения температуры воды или по зависимости $L_{0^{\circ}C} = f(Q_{ГЭС}, \theta_{ГЭС}, \theta)$. Затем по данным метеопрогноза на 5 суток вперед прогнозируется в створе дата начала ледовых явлений по формуле

$$D_{л} = D_{0^{\circ}C} - 2,09 \cdot 10^{-6} \frac{c \rho h \theta_{в}}{\theta_{ср}}. \quad (14)$$

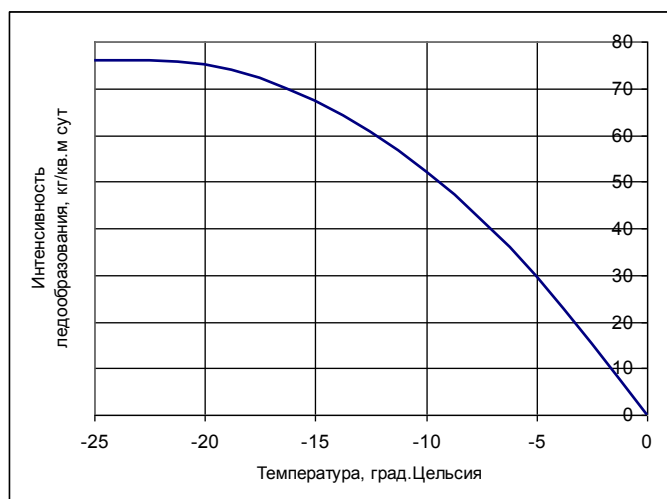


Рис. 1. Зависимость интенсивности внутриводного ледообразования от температуры воздуха на участке нижнего бьефа между створами начала переохлаждения воды и полного покрытия воды шугой

Положение кромки устанавливается по характерному ходу уровня воды у неё: сначала резкому спаду, а затем подъёму воды. Уровни воды в нижнем бьефе определяются по данным наблюдений на гидрологических постах с автоматизированным измерением уровня Z , и выявляется прогностическая зависи-

мость. $L_d = f(Q_{ГЭС} \theta_{ГЭС}, \sum \theta)$.

С учётом перечисленных выше данных и метеопрогноза по рис. 1 прогнозируется интенсивность внутриводного ледообразования.

Разработанная на теоретической основе методика краткосрочного прогноза ранее не прогнозировавшейся характеристики замерзания шугоносных рек [10] достаточно универсальна и даёт возможность предсказания интенсивности внутриводного ледообразования даже при ограниченном числе лет наблюдений. Точность прогнозов можно оценить только по материалам натурных исследований прогнозируемого явления. К сожалению, систематические наблюдения за многими важными характеристиками процесса замерзания рек не ведутся и, в частности, за интенсивностью образования внутриводного льда. На сегодня количественных данных об этой характеристике очень мало, они носят отрывочный характер. Установленные расчетные зависимости и рассчитанные значения I_h всё же дают представление о диапазоне интенсивности внутриводного ледообразования в реках и нижних бьефах ГЭС и могут использоваться не только для прогнозов, но и, например, при проектировании противообледенительных устройств на водозаборах.

Литература

1. Абраменков Н.М. Моделирование процесса замерзания шугоносных рек // Труды САННИ, 1984, вып. 101(182).
2. Барышников Н.Б. О некоторых проблемах гидрологии // Уч. зап. РГГМУ, 2007, № 5, с. 9-13.
3. Бузин В.А., Копалиани З.Д. Наводнение на реках России при современных тенденциях в изменении климата // Уч. зап. РГГМУ, 2007, № 5, с. 43-55.
4. Букина Л. А. Распределение по размерам кристаллов внутриводного льда в турбулентном потоке // ДАН СССР. Физика атмосферы и океана, 1967, т. 3, вып. XI, с. 58-65.
5. Готлиб Я. Л., Донченко Р.В., Пехович А.И., Соколов И.Н. Лед в водохранилищах и нижних бьефах ГЭС. – Л.: Гидрометеоздат, 1983. – 200 с.
6. Ляпин В.Е., Разговорова Е.Л., Трегуб Г.А., Шаталина И.Н. Возможности регулирования ледотермического режима нижних бьефов высоконапорных ГЭС // Изв. ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева, 1986, т. 188, с. 5-13.
7. Маккавеев В.М. Теория процессов перемешивания при турбулентном движении свободных потоков и вопросы зимнего режима рек // Записки ГГИ, 1931, т. V, с. 75-117.
8. Нежиховский Р. А. Расчет и прогноз стока шуги и льда в период замерзания рек // Труды ГГИ, 1968, вып. 103, с. 18-26.
9. Рекомендации по расчету ледовых явлений и пропускной способности каналов в зимний период эксплуатации. – Л.: изд. ГГИ, 1987. – 40 с.
10. Руководство по гидрологическим прогнозам. – Л.: Гидрометеоздат, 1989, вып. 3. – 168 с.
11. Рымша В.А., Донченко Р.В. Метод расчета (прогноза) условий образования внутриводного льда // Труды ГГИ, 1962, вып. 93, с. 52-67.
12. Трегуб Г.А. Метод расчета длины полыньи в нижних бьефах ГЭС / В кн.: Мат-лы конф- и совещ- по гидротехнике. – Л., 1984, с. 18-26.
13. Michel B. Ice accumulations at freeze-up or break-up. – In: IAHS Symposium on Ice Problems, Lulea, Sweden, 1978, part. 2, p. 301-318.
14. Osterkamp T.E. Frazil-ice formation: a review // J. Hydraul. Div. Proc. Amer. Soc. Civ. Eng., 1978, 104, № 9, p. 1239-1255.

Н.В. Мякишева, З.М. Жумангалиева

ВНЕШНИЙ ВОДООБМЕН ОЗЕР ЗОНЫ НЕДОСТАТОЧНОГО УВЛАЖНЕНИЯ

N.V. Myakisheva, Z.M. Zhumangalieva

EXTERNAL WATER EXCHANGE OF THE LAKES OF THE TERRITORY OF INSUFFICIENT HUMIDIFICATION

Оценен внешний водообмен озер Северного Казахстана. Рассмотрено 170 объектов. Рассчитаны три набора коэффициентов внешнего водообмена озер: по притоку, по притоку и осадкам, по испарению. Для оценки доли участия активных и адаптивных факторов при формировании внешнего водообмена озер вычислены климатический и морфометрический индексы водообмена. Выполнено районирование территории по индексам водообмена.

Ключевые слова: внешний водообмен озер, классификация, индексы водообмена.

The external water exchange of north Kazakhstan lakes is estimated. 170 water objects are reviewed. Three sets of the external water exchange indices were calculated: calculation using inflow, calculation using inflow and precipitation, calculation using evaporation. Climatic and morphometric indices of water exchange were calculated for the estimation of the share of active and adaptive factors in formation of the external water exchange. Territory zoning using external water exchange indices was made.

Key words: external water exchange of lakes, classification, indices of the external water exchange.

Введение

Внешний водообмен озер является одной из важнейших гидрологических и гидроэкологических характеристик. Интенсивность внешнего водообмена озера во многом определяет структуру рядов уровней, трансформируя кривую распределения речного притока. От скорости обмена водной массы водоема во многом зависит его гидрологический, гидрохимический и гидробиологический режимы. Величина водообмена определяет формирование водных масс определенных свойств. Так, интенсивный водообмен способствует более резким колебаниям температуры воды, ее цветности, прозрачности, минерализации, а также ионного и газового состава. В водоемах с интенсивным водообменом наблюдается большее разнообразие видов фито- и зоопланктона и меньшая их биомасса, чем в водоемах с замедленным водообменом. От величины водообмена в значительной степени зависит интенсивность развития сине-зеленых водорослей, продукция органических веществ. Интенсивность водообмена определяет степень трансформации поступающих в водоем вод, а также степень аккумуляции или транзита взвешенных наносов и загрязняющих веществ. При интенсивном водообмене большая часть поступающих наносов проходит транзитом через водоем, при замедленном – аккумулируется в нем. Величина внешнего водообмена определяет тип озерного лимногенеза, т.е. взаимообусловленную связь и

развитие всех природных комплексов озера и окружающей его природной среды, которые определяют характер круговорота вещества и энергии в водоемах различных географических зон.

Внешний водообмен определяется количеством воды, поступившей в водоем, и размером озерной котловины. Количество поступившей воды (поверхностный и подземный приток, осадки на водное зеркало) зависит прежде всего от увлажненности территории, от зонального фактора, а также от величины площади водосбора озера и размеров его котловины, т.е. от факторов азональных.

Изучению внешнего водообмена озер уделялось и уделяется большое внимание [Богословский..., 1984; Сорокин, 1988; Мякишева, 2001]. Однако в большинстве работ оценивался водообмен озер зоны избыточного и достаточного увлажнения.

Для характеристики интенсивности внешнего водообмена озер применяется несколько показателей, каждый из которых позволяет оценить те или иные процессы, происходящие в озерной системе, и решать различные лимнологические задачи. Все эти показатели основаны на решении уравнения водного баланса, рассчитанного за время t или при его равновесном состоянии. Наиболее часто применяется коэффициент водообмена по притоку ($K_{В.пр}$) или стоку ($K_{В.ст}$). Однако во многих случаях приток и сток в водном балансе играют подчиненную роль, а в зоне недостаточного увлажнения потери воды происходят преимущественно через испарение. Коэффициент водообмена правильнее определять путем отнесения к объему воды в озере всей приходной или расходной части водного баланса. При равновесном балансе приходные и расходные его части должны быть равными.

Коэффициенты $K_{В.пр}$ и $K_{В.ст}$ являются условными, так как рассчитываются при допущении, что вода в озере полностью заменяется новой, т. е. вытесняется из него, не смешиваясь. В естественных озерах это встречается крайне редко. Тем не менее, несмотря на такую схематичность, коэффициенты водообмена являются наиболее показательными при сравнительном изучении озер, расположенных в различных физико-географических зонах.

Район исследования

Район исследования охватывает территорию Северного Казахстана, где в западной его части сосредоточены горы Южного Урала и Тургайское плато, в центре находится Тургайская ложбина, далее к востоку простираются возвышенности Казахского мелкосопочника, северная часть ограничивается Ишимской равниной. Общая площадь поверхности всех озер Северного Казахстана составляет свыше 19 тыс. км², что несколько превышает площадь озера Балхаш и почти равна половине Азовского моря.

Наиболее крупные озера сосредоточены вдоль Тургайского прогиба (Кушмурун, Аксуат, Сарыкопа, Сарымоин, Тенгиз и др.), на юге Акмолинской области (Тенгиз, Кургальджин, Алаколь и др.) и на северо-западе Павлодарской об-

ласти (Кызылкак, Жалаулы и др.). Пресные озера приурочены в основном к лесостепной зоне и к Казахскому мелкосопочнику, а также к низовьям крупных рек.

Географическое положение Северного Казахстана в двух природных зонах отражается на характере размещения озер. В первой, лесостепной зоне озер много, и пресные среди них встречаются чаще. В целом озера расположены довольно равномерно в пределах зоны, но больше их сосредотачивается в древних ложбинах стока, в межгрядовых понижениях и котловинах. В степной зоне озера приурочены чаще к древним долинам стока (Тургайская долина), к межсопочным понижениям (оз. Имантау, Коксенгирсор и др.), к устьевым участкам рек, стекающих с Казахской складчатой страны (Селетытенгиз, Жалаулы и др.), имеющих в этих местах обширные пологие впадины и понижения. В пределах полупустынной зоны озера преимущественно встречаются в обширных котловинах (Тенгиз-Кургальджинская группа озер, Сарыкопа). Вода в этих озерах нередко сильно минерализована.

Материалы и методы

Рассчитаны три набора коэффициентов внешнего водообмена озер: по притоку, по притоку и осадкам, по испарению. При расчете коэффициентов значения модуля стока, испарения и осадков, отнесенные к центрам тяжести озерных водосборов, снимались с карт Атласа мирового водного баланса [Атлас..., 1974; Мировой водный..., 1974]. При этом центры тяжести озерных водосборов определялись с учетом поправок на бессточные понижения. Средние многолетние значения модуля стока корректировались с учетом поправок на редукцию.

Распределение озер Северного Казахстана по величине коэффициента внешнего водообмена, представленного на рис. 1 в соответствии с классификацией Б.Б. Богословского [Богословский..., 1984], показало следующее. Преобладающее число озер является аккумулятивными. При этом на долю озер с замедленным водообменом (класс А1; $0,3 < K_B < 1,0$) приходится около 30 %, на долю озер с малым водообменом (класс А2; $0,1 < K_B < 0,3$) – около 60 %. Аккумулятивно-транзитные среднепроточные (класс АТ1) и слабопроточные (класс АТ2) озера встречаются только в 2 % случаев.

Анализ полученных результатов показал, что независимо от того, как рассчитывались коэффициенты, на рассматриваемой территории выделяются два района. Первый сосредоточен преимущественно в предгорьях Южного Урала и Тургайском плато. Второй – представляет собой южную часть Ишимской равнины Западной Сибири и северную часть Казахского мелкосопочника. Причем, величина коэффициента внешнего водообмена увеличивается по направлению к центру этих озерных районов.

Внешний водообмен определяется как климатическими (активными) факторами, так и строением озерных систем (адаптивными факторами). Для оценки доли участия активных и адаптивных факторов при формировании внешнего водообмена озер строились климатический и морфометрический индексы водообмена.

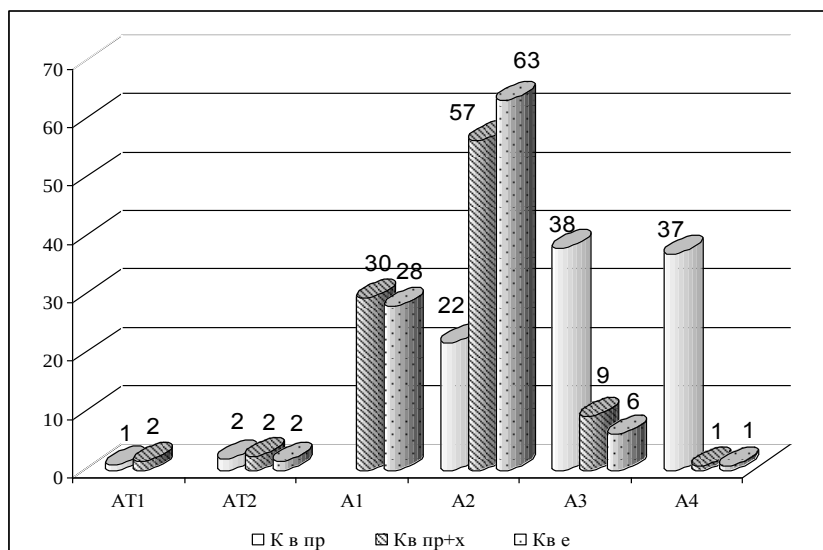


Рис. 1. График распределения озер Северного Казахстана по коэффициентам внешнего водообмена, %

Морфометрические особенности водообмена озер могут быть с достаточной полнотой описаны с учетом следующих относительно независимых исходных характеристик: x_1 – площадь водосбора ($F_{\text{вдсб}}$), x_2 – объем озера (W_0), x_3 – коэффициент удельного водосбора ($K = F_{\text{вдсб}}/F_{\text{оз}}$), x_4 – показатель формы котловины ($C_1 = H_{\text{ср}}/H_{\text{макс}}$), x_5 – высота озера над уровнем моря ($H_{\text{абс}}$) [Догановский..., 2002].

Диапазоны изменения исходных морфометрических характеристик весьма различны. Так, площади водосбора изменяются от 4,8 км² для озера Козявочное до 23400 км² для озера Селетынгиз, находящегося на границе Кокшетауской и Павлодарской областей Северного Казахстана.

Высота зеркала озер над уровнем моря варьирует от 28 м для озера Теке до 680 м для озера Жукей. Преобладающее большинство озер (около 70 %) находится в высотном поясе от 100 до 200 м над уровнем моря.

По классификации, выполненной П.В. Ивановым, большая часть выбранных озер (около 80 %) имеет площадь зеркала в пределах от 1 до 10 км² и может быть отнесена к категории «малые». Для 14 % водоемов площадь водной поверхности изменяется от 10 до 100 км². Это – «средние озера».

Объемы озер изменяются от 0,00086 км³ (Маралды, Муялды, Кунек, Экиба-стуз и др.) до 279 км³ (Имантау, Жукей, Атансор). В соответствии с классификацией, принятой в нормативной документации, преобладающее большинство исследуемых водоемов (около 83 %) характеризуется малым объемом (до 0,5 км³). В категории средних водоемов ($1,0 \text{ км}^3 > W_0 > 0,5 \text{ км}^3$) озера региона не представлены. К категории больших водоемов ($10,0 \text{ км}^3 > W_0 > 1,0 \text{ км}^3$) относятся около 4 % (Карасор, Селетынгиз, Каргайчик), к категории очень больших

озер ($100 \text{ км}^3 > W_0 > 10 \text{ км}^3$) относится также около 4 % водоемов (Жукей, Айдабуль, Жамантуз).

Удельные водосборы озер изменяются от 0,89 для озера Калатуз до 295 для озера Копа. По классификации С.В. Григорьева около 29 % исследованных озер имеют малые удельные водосборы ($K < 10$). Более половины объектов (69 %) относится к категории со средним удельным водосбором ($10 < K < 100$) и только около 2 % – к категории с большим удельным водосбором ($100 < K$).

Поскольку диапазоны изменения характеристик сильно варьировали, то возникла необходимость их предварительного «нормирования». Для этого вместо исходной характеристики x_i рассматривается нормированная характеристика $q_i = q_i(x_i)$, где q_i – некоторая монотонная (возрастающая или убывающая) функция, такая, что $0 \leq q_i \leq 1$, $i = 1, \dots, m$. При этом указанная нормирующая функция q_i может быть интерпретирована как отдельный показатель или критерий интенсивности внешнего водообмена озер. Так, например, в нашем случае, $q_1 = 0$ (нормированная площадь водосбора) соответствует практически бесприточному озеру, а $q_1 = 1$ – сточному. Аналогично интерпретируются и другие отдельные характеристики водообмена. В результате нормирования исходных морфометрических характеристик для j -й озерной системы был получен вектор $q^{(j)} = (q_1^{(j)}, \dots, q_5^{(j)})$ отдельных показателей $q_1, \dots, q_5$, каждый из которых оценивает внешний водообмен озера с точки зрения соответствующей исходной характеристики. Иными словами, вектор $q^{(j)} = (q_1^{(j)}, \dots, q_5^{(j)})$ есть *многокритериальная оценка* особенностей внешнего водообмена, определяемых морфометрией.

Для таких исходных характеристик, как $F_{\text{вдсб}}$, K , $H_{\text{абс}}$ была выбрана простейшая линейная возрастающая нормирующая функция. Для показателей W_0 и C_1 использовался другой вид зависимости – линейная убывающая функция вида. Для озер, расположенных в одинаковых по увлажненности условиях, при прочих равных условиях водообмен будет тем больше, чем водосборная площадь, с которой собирается поверхностный и подземный приток. С увеличением удельного водосбора при прочих равных условиях увеличивается доля притока и стока в водном балансе озера, а следовательно, возрастает и внешний водообмен. Водообмен озер при одинаковых значениях удельного водосбора уменьшается при изменении формы котловины от усеченного конуса к цилиндру. При увеличении высоты озера над уровнем моря увеличивается количество осадков и уменьшается температура воздуха, а следовательно, увеличивается внешний водообмен.

При расчетах было учтено, что сводный показатель есть линейная функция. Также были заданы четыре варианта дополнительной экспертной информации I о сравнительной значимости отдельных морфометрических показателей внешнего водообмена озер. Получены четыре набора оценок $Q^{(j)}(I) = MM^{(j)}$, $j = 1, \dots, N$, где N – количество озерных систем, и четыре набора значений $S^{(j)}(I)$ точности этих оценок. Значения весовых коэффициентов, использованные для их расчета, даны в табл. 1.

Таблица 1

Оценки весовых коэффициентов $\tilde{w}_i$ при расчете морфометрического индекса внешнего водообмена озер

Дополнительная экспертная информация (вариант расстановки приоритетов)	$M_{\tilde{w}_i} \pm S_{\tilde{w}_i}$				
	$F_{\text{вдсб}}$	$H_{\text{абс}}$	K	C_1	W_0
$K=F_{\text{вдсб}}=W_0>C_1>H_{\text{абс}}$	$0,27 \pm 0,02$	$0,27 \pm 0,02$	$0,05 \pm 0,04$	$0,15 \pm 0,04$	$0,27 \pm 0,02$
$K=F_{\text{вдсб}}=W_0>C_1=H_{\text{абс}}$	$0,3 \pm 0,0$	$0,3 \pm 0,0$	$0,05 \pm 0,0$	$0,05 \pm 0,0$	$0,3 \pm 0,0$
$K>F_{\text{вдсб}}=W_0>C_1=H_{\text{абс}}$	$0,18 \pm 0,07$	$0,54 \pm 0,18$	$0,05 \pm 0,05$	$0,05 \pm 0,05$	$0,18 \pm 0,07$
$K>F_{\text{вдсб}}>W_0>C_1>H_{\text{абс}}$	$0,28 \pm 0,05$	$0,46 \pm 0,1$	$0,01 \pm 0,03$	$0,08 \pm 0,04$	$0,17 \pm 0,04$
$K=F_{\text{вдсб}}>W_0>C_1>H_{\text{абс}}$	$0,34 \pm 0,07$	$0,34 \pm 0,07$	$0,03 \pm 0,05$	$0,14 \pm 0,05$	$0,14 \pm 0,05$

Распределение по территории морфометрических индексов водообмена озер MM для пяти различных вариантов дополнительной экспертной информации отличается несущественно. Поэтому для анализа был выбран первый вариант распределения MM для территории Северного Казахстана, представленный на рис. 2.

Высокий морфометрический индекс водообмена MM характерен для озерных систем возвышенных районов территории Северного Казахстана: горы Южного Урала, Зауральское плато, Тургайское плато, Кокшетауская возвышенность, север Казахского мелкосопочника. Низкий индекс наблюдается в пределах Тургайской ложбины, Северо-Казахстанской равнины, южной части Ишимской равнины, частично захватывает западные части Барабинской низменности и Кулундинской равнины.

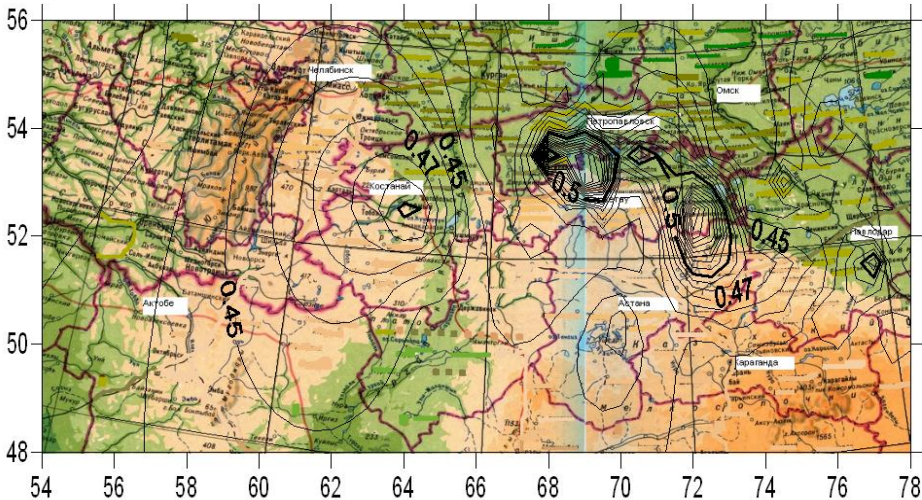


Рис. 2. Распределение морфометрического индекса внешнего водообмена озер Северного Казахстана

Таким образом, по величине морфометрического индекса внешнего водообмена озер на рассматриваемой территории можно выделить два района. Пер-

вый район включает возвышенную часть гор Южного Урала. Второй район находится чуть южнее и охватывает территорию северной части Казахского мелкосопочника.

Картирование значений MM , рассчитанных при четырех других вариантах расстановки приоритетов, показало, что границы выделенных районов принципиально не меняются.

Это свидетельствует об устойчивости полученных оценок сводного морфометрического индекса водообмена и о правомерном задании априорной информации. Ведущими морфометрическими параметрами озерных систем целесообразно считать K , $F_{\text{вдсб}}$, W_0 , а второстепенными $H_{\text{абс}}$ и C_1 . Перестановка приоритетов в пределах этих групп принципиально не влияет на конечный результат.

Кластерный анализ озер в пространстве отдельных морфометрических показателей и коэффициентов внешнего водообмена позволил объединить все озера в четыре класса (табл. 2). В качестве меры сходства использовалось евклидово расстояние между объектами в 6-мерном призначном пространстве. Объединение объектов в кластеры выполнялось по средним расстояниям. Учитывалось, что ведущими морфометрическими показателями являются удельный водосбор, площадь водосбора и объем водной массы. Поэтому объективные и взаимно увязанные шкалы приводятся только для этих характеристик. Выделенные классы озер достаточно обширны, для каждого из них при необходимости может быть сформирована обучающая выборка и с помощью дискриминантного анализа построено решающее правило отнесения неизученных и слабо изученных озер к известному классу.

Таблица 2

Морфометрические характеристики	Многомерные классы озерных систем			
	Классы			
	I	II	III	IV
Умеренный водообмен ($0,1 < K_B < 1,0$)				
K	1–20 (30)	> 10	>20	>30
$F_{\text{вдсб}}, \text{ км}^2$	10–100	100–500	500–5000	>5000
$W, \text{ км}^3$	0,001–0,01	0,01–0,1	0,1–1,0	1,0–10,0

Климатический индекс внешнего водообмена озер CL определяется с учетом основных факторов увлажнения территории средней многолетней температуры воздуха (T) и средней многолетней суммы атмосферных осадков (P), отнесенных к центру тяжести озерной системы. Для нормирования исходной характеристики T применяется линейная убывающая функция, а для характеристики P – линейная возрастающая нормирующая функция. Такой вид нормирующих функций задан с учетом следующих предпосылок. Внешний водообмен озер в первую очередь определяется зональной величиной увлажнения бассейна. При увеличении количества выпадающих на водосбор осадков и уменьшении температуры воздуха и соответственно испарения увеличивается модуль стока, а, следовательно, и приток воды в озеро, что приводит к увеличению внешнего водообмена озер.

Оценки весовых коэффициентов, использованные для расчета индексов CL , даны в табл. 3. При построении индексов CL использованы три набора экспертной информации I .

Таблица 3

Оценки весовых коэффициентов $\tilde{w}_i$ при расчете климатического индекса внешнего водообмена озер

Дополнительная экспертная информация (вариант расстановки приоритетов)	$M_{\tilde{w}_i} \pm S_{\tilde{w}_i}$	
	T	P
$T = P$	$0,5 \pm 0,0$	$0,3 \pm 0,0$
$T > P$	$0,78 \pm 0,14$	$0,23 \pm 0,14$
$T < P$	$0,5 \pm 0,3$	$0,5 \pm 0,3$

Сопоставление распределения по территории индексов CL , рассчитанных при разных вариантах задания дополнительной экспертной информации, с распределением многолетнего модуля стока q ($л \cdot с / км^2$) показало, что в условиях современного аридного климата следует отдавать предпочтение третьему варианту расстановки приоритетов ($T < P$) в группе климатических характеристик.

Значения CL заметно меняются по территории, как это видно на рис. 3. При этом прослеживается определенная географическая закономерность в их распределении. Высокий климатический индекс озерных систем характерен для северных границ территории ($> 0,5$). Высокие значения индекса CL для территории Южного Урала и южной части Ишимской равнины и западных частей Барабинской низменности и Кулундинской равнины обусловлены низкими величинами температуры воздуха и достаточным количеством осадков. В пределах этого района средние многолетние значения суммы атмосферных осадков меняются от 300 до 380 мм, а средней многолетней температуры воздуха от $0,3$ до $1,3$ °C.

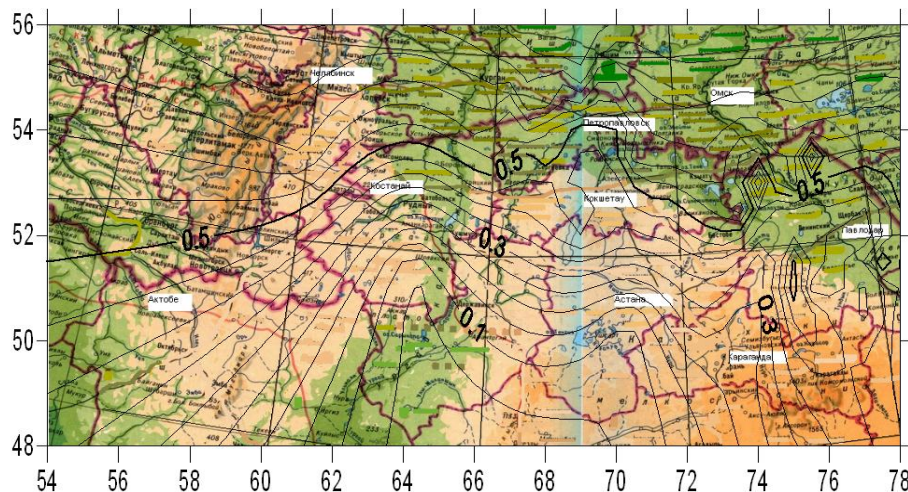


Рис. 3. Распределение климатического индекса внешнего водообмена озер Северного Казахстана

Низкий индекс ($<0,5$) характерен для южной части территории, где сосредоточены возвышенности Тургайского плато и Казахского мелкосопочника. Здесь низкие значения индекса CL обусловлены высокими величинами температуры воздуха. В пределах этого района средние многолетние значения температуры воздуха меняются от $1,8$ до $2,5$ °C, а средние многолетние суммы атмосферных осадков – от 300 до 250 мм.

Сопоставление климатического индекса внешнего водообмена CL с индексом Де Мартона, традиционно используемым для характеристики увлажненности территории, показывает их хорошую согласованность (рис. 4).

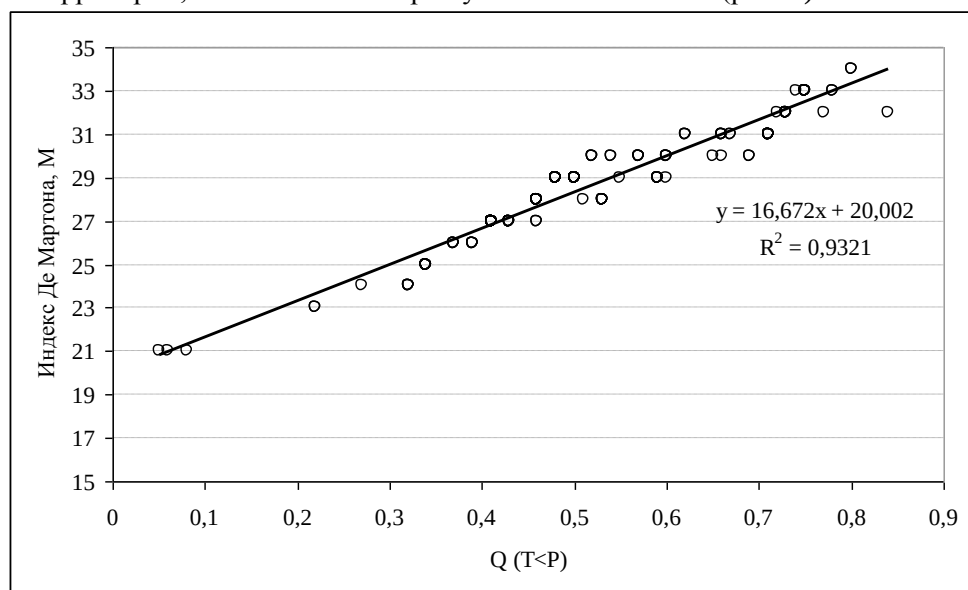


Рис. 4. Зависимость сводного индекса (температура и количество осадков) от индекса Де Мартона для озер Северного Казахстана

Литература

1. Атлас мирового водного баланса Земли. – Л.: Гидрометеиздат, 1974.
2. Богословский Б.Б., Филь С.А. Классификация водоемов по внешнему водообмену // Географо-гидрологический метод исследования вод суши. – М.: Изд. АН СССР. Географич. об-во СССР, 1984, с. 54-60.
3. Догановский А.М., Мякишева Н.В. Построение комплексных индексов внешнего водообмена озер в условиях неопределенности и дефицита гидрологической информации // Водные ресурсы, 2002, т. 29, № 3, с. 284-291.
4. Мировой водный баланс и водные ресурсы Земли (Атлас). – Л.: Гидрометеиздат, 1974.
5. Мякишева Н.В. Внешний водообмен озер зоны избыточного и достаточного увлажнения / Рос. гос. гидромет. ун-т. – СПб., 2001. – 195 с. – Деп. в ВИНТИ 28.02.01, № 533-B2001.
6. Мякишева Н.В., Хованов Н.В. Моделирование индекса увлажненности озерных бассейнов в условиях неопределенности и дефицита исходной информации // Уч.зап. РГГМУ, 2010, № 16, с. 5-15.
7. Сорокин И.Н. Внешний водообмен озер СССР. – Л.: Наука, 1988. – 144 с.

А.Н. Павлов

ОПЫТ ГРУБОЙ ОЦЕНКИ ЭНТРОПИИ РЕЧНОГО БАССЕЙНА

A.N. Pavlov

EXPERIENCE OF THE ROUGH ASSESSMENT OF RIVER BASIN ENTROPY

Показана возможность энтропийного описания речного бассейна как развивающейся парагенетической системы.

Ключевые слова: энергия существования пород, модуль эрозии, бассейны рек, энергетическая энтропия, информация, фрактальность.

Possibility of the entropy description of the river basin as a developing paragenetic system is demonstrated.

Key words: energy of the existence of rocks, erosion module, river basins, energetic entropy, information, fractality.

Концентрация и рассеяние твёрдого стока ... подлежат изучению на базе современных процессов, протекающих в гигантской лаборатории земной поверхности.

А.В. Волин



Развитие речной сети приводит к непрерывной деградации площади её водосбора. Первородная целостность этой территории разрушается и дробится под действием всё возрастающего количества притоков. Этот процесс связан с разрушением горных пород. Для общей оценки этого явления целесообразно оперировать понятием *энергетической энтропии*, в данном случае для водосборного бассейна. Готовых схем для решения этой задачи нет. Правда, есть обстоятельная монография С. Федосина [13], в которой дано *энергетическое определение* энтропии. Она описывается довольно сложной формулой

$$S = - \int \frac{r \nabla(u + L - P_0) dV}{T} + \text{const}, \quad (1)$$

где u – плотность энергии поля, связанной с системой, в том числе за пределами тела; $L = - \int \frac{P}{\rho} d\rho$ – функция, зависящая от давления p и плотности вещества ρ ; r – элемент объёма, радиус-вектор; P_0 – давление в покоящейся системе отсчёта; V – объём системы; T – температура как *функция местоположения элемента объёма*.

Здесь энтропия пропорциональна отношению упорядоченной энергии, которая обеспечивает целостность и неизменность системы, к хаотической энер-

гии движения. Для нашей задачи важно, что под упорядоченной энергией понимается потенциальная (структурная) энергия вещества в гравитационном и электромагнитных полях. По существу, это энергия существования.

Автор показывает, что при длительном воздействии на систему механической работы система может разрушиться из-за недостаточности своей структурной энергии – переходит в состояние с новым положением равновесия. Это происходит из-за уменьшения градиентов поля и изменения потоков вещества (при малом оттоке энергии).

Определение С. Федосина является хорошей постановкой задачи. Однако её решение для речного бассейна получить проблематично.

На мой взгляд, существует путь, который, хотя и в грубой форме, можно реализовать. Предлагается получить изменение энтропии бассейна на основе феноменологической формулы энергосодержания пород (E), рассчитываемой по известной её массе m , петрографическому составу n_i , минералогическому составу p_j и энергии кристаллических решёток минералов U_{pj} [5, 7]:

$$E = \sum m n_i p_j U_{pj} / N_{pj} \quad (2)$$

где N_{pj} – масса одной грам-молекулы рассматриваемых минералов.

Например, если речь идёт только об одной породе, состоящей из кварца и полевого шпата, то $i = 1$, а $j = 2$, что соответствует кварцу с N_{p1} , U_{p1} и полевоому шпату с N_{p2} , U_{p2} . Поскольку расчёт ведётся для одной породы, $n_1 = 1$. Если в ней содержится кварца, скажем 30 %, а полевого шпата 70 %, то $p_1 = 0,3$, $p_2 = 0,7$.

Очевидно, что величина m может быть вынесена за знак суммы:

$$E = m \sum n_i p_j U_{pj} / N_{pj} . \quad (3)$$

Нетрудно понять, что E представляет собой средневзвешенную по составу пород энергию кристаллической решётки, которой обладает рассматриваемая породная с массой m . Она характеризует данную породу как гарант существования. Иными словами, E – это *энергия существования породы или комплекса пород как геологического массива, блока, какого-то тела и т.д.*

В физике среди различных видов энергии (тепловой, механической, электрической и т.д.) известна энергия покоя частицы, описываемая известной формулой А. Эйнштейна

$$\varepsilon = m C^2 . \quad (4)$$

Это энергия, которой обладает частица *просто в силу своего существования.*

Входя в область догадок [14], по аналогии с (4), перепишем (3) в следующем виде:

$$E = m V^2 . \quad (5)$$

Тогда получим, что

$$V^2 = \sum n_i p_j U_{pj} / N_{pj} . \quad (6)$$

Это должна быть некая предельная скорость, за которой порода как элемент Земли или Солнечной системы перестаёт существовать.

Из феноменологической формулы (3) вытекает, что $\sum n_i p_i$ – коэффициент, отражающий средний минералогический состав рассматриваемой массы пород, а $\sum n_i p_i U_{pi}/N_{pi}$ – их среднее энергосодержание **на единицу массы** (при условии $m = 1$).

Пример вычисления величины V^2 (6) для изверженных, пород [средний состав пород взят по Р. Гаррелсу и Ф. Маккензи [2] (табл. 1)]:

$$\begin{aligned} V_m^2 &= (0,06 \cdot 4808/132 + 0,07 \cdot 4022/100 + 0,03 \cdot 3941/116 + 0,18 \cdot 10372/278 + \\ &+ 0,28 \cdot 11473/262 + 0,119 \cdot 11495/278 + 0,03 \cdot 3419/160 + 0,16 \cdot 3109/60) \cdot 4,1868 \cdot 10^6 = \\ &= (2,18 + 2,82 + 1,02 + 6,72 + 12,26 + 7,86 + 0,64 + 8,29) \cdot 4,1868 \cdot 10^6 = \\ &= 174,97 \cdot 10^6 \text{ м}^2/\text{с}^2. \end{aligned}$$

Здесь $4,1868 \cdot 10^6$ Дж/кг – переводной коэффициент.

Аналогичный расчёт для осадочных пород даёт величину $V_{ос}^2 = 167,44 \cdot 10^6 \text{ м}^2/\text{с}^2$ (табл. 2). Средний состав осадочных пород также взят из работы Гаррелса и Маккензи [2] (табл. 2).

Таблица 1

Расчётные параметры для магматических пород

Минерал	p_i , %	U_{pi} , ккал/моль	N_{pi} , моль [12]
Ферросилит FeSiO_3	6	4804 [Сауков, 1966]	132
Энстатит MgSiO_3	7	4022 [Щербина, 1972]	100
Волластонит CaSiO_3	3	3941 [Щербина, 1972]	116
Анортит $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$	18	10372 [Щербина, 1972]	278
Альбит $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$	28	11473 [Щербина, 1972]	262
Калиевый полевой шпат KAlSi_3O_8	19	1495 [Щербина, 1972]	278
Гематит Fe_2O_3	3	3419 [Мамулов, 1961]	160
Кварц SiO_2	16	3109 [Щербина, 1972]	60

Примечание. Здесь и далее в таблицах: источники [Мамулов, 1961, Щербина, 1972] – экспериментальные данные; источник [Сауков, 1966] – вычислено по экам Е. Ферсмана [7].

Таблица 2

Расчётные параметры для осадочных пород

Минерал	p_i , %	U_{pi} , ккал/моль	N_{pi} , моль [12]
Альбит $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$	6	11473 [Щербина, 1972]	262
Калиевый полевой шпат KAlSi_3O_8	6	1495 [Щербина, 1972]	278
Гематит Fe_2O_3	4	3419 [Мамулов, 1961]	160
Кварц SiO_2	35	3109 [Щербина, 1972]	60
Кальцит CaCO_3	7	648 [Сауков, 1966]	100
Доломит $(\text{Ca,Mg})\text{CO}_3$	4	1386 [Сауков, 1966]	184
Иллит $[\text{K}_{0,6}\text{Mg}_{0,3}\text{Al}_{2,2}\text{Si}_{3,5}\text{O}_{10}(\text{OH})_{0,2}]$	27	25423 [Сауков, 1966]	578
Хлорит $[\text{Mg}_2\text{Fe}_2\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_8]$	7	16559 [Сауков, 1966]	554
Монтмориллонит $[\text{Na}_{0,33}\text{Al}_{2,33}\text{Si}_{3,6}\text{O}_{10}(\text{OH})_2]$	3	31695 [Сауков, 1966]	809

Темп разрушения горных пород, слагающих речной бассейн, принято оценивать через модуль эрозии $M_э$. Его обычно выражают на основании твёрдого стока реки (при возможности учитывается и растворённая составляющая), нор-

мированного на единицу площади бассейна и единицу времени. Иногда его показывают в миллиметрах слоя (по аналогии с водным стоком).

Надо понимать, что модуль эрозии отражает *потерю системой бассейна внутренней энергии его существования как геологического тела*. Используя формулу (6), можно выразить потери в веществе (горных пород) как *потерю запаса их внутренней энергии существования* (ΔE):

$$\Delta E = M_3 \cdot V^2, \text{ Дж/}(\text{км}^2 \cdot \text{год}). \quad (7)$$

Параметр V^2 следует считать с учётом геологического строения бассейна. Если он сложен преимущественно осадочными породами, надо использовать значение $V^2_{\text{ос}} = 167,44 \cdot 10^6 \text{ м}^2/\text{с}^2$ (см. табл. 2); если в бассейне преобладают магматические (изверженные) породы, то $V^2_{\text{м}} = 174,97 \cdot 10^6 \text{ м}^2/\text{с}^2$ (см. табл. 1). Иногда необходимо брать средние величины (по площади распространения). В работе [7] приведено и значение V^2 и для метаморфических пород. Разумеется, что необходимо внимательно относиться к размерностям при переходе от системы СИ к модульным нормировкам, принятым в гидрологии.

Величина ΔE показывает уменьшение энергии существования бассейна стока под действием внешних сил, поскольку *бассейн является открытой системой*. Внешние силы – это метеогенные факторы, энергетической основой которых является солнечное тепло. Здесь полезно привести схему теплового баланса, принятую в современной геофизике (рис. 1).

В соответствии с этой схемой полное тепловое излучение поверхности Земли составляет 396 Вт/м^2 (по принятой в гидрологии нормировке около $1,25 \cdot 10^{14} \text{ Дж/км}^2 \cdot \text{год}$). Это тепло, теряемое Землёй как системой. Оно, безусловно, включают в себя и те затраты энергии, которые идут на формирование эрозионного стока рек. Эту долю можно оценить.

Приведём несколько примеров. Расчётные параметры для них взяты из работы А.В. Волина [1]. Заметим, что эрозия любой территории может быть сведена к совокупности эрозии находящихся в ней речных бассейнов.

1. Русская платформа

У А.В. Волина [1] приводится общий модуль эрозии $68\text{--}70 \text{ т/км}^2 \cdot \text{год}$. Принимая во внимание, что Русская платформа сложена осадочным комплексом пород, следует принять величину $V^2_{\text{ос}} = 167,44 \cdot 10^6 \text{ м}^2/\text{с}^2$. Получим

$$\Delta E = 70 \cdot 10^3 \text{ кг/км}^2 \cdot \text{год} \cdot 167,44 \cdot 10^6 \text{ м}^2/\text{с}^2 = 1,17 \cdot 10^{13} \text{ Дж/}(\text{км}^2 \cdot \text{год}),$$

что составит от полного теплового излучения поверхности Земли около 9 %.

2. Реки полугорных областей

Здесь А.В. Волин не даёт обобщённых показателей. Наиболее надёжные данные приводятся лишь для бассейнов рек Колорадо, По и по Армянскому нагорью:

Р. Колорадо.

$M_3 = 357 \text{ т/км}^2 \cdot \text{год}$ (по взвешенным, растворённым и донным). В этом бассейне развиты преимущественно осадочные породы. В результате получим

$\Delta E = 6 \cdot 10^{13}$ Дж/(км²·год), что составит около 48% от общих тепловых потерь.

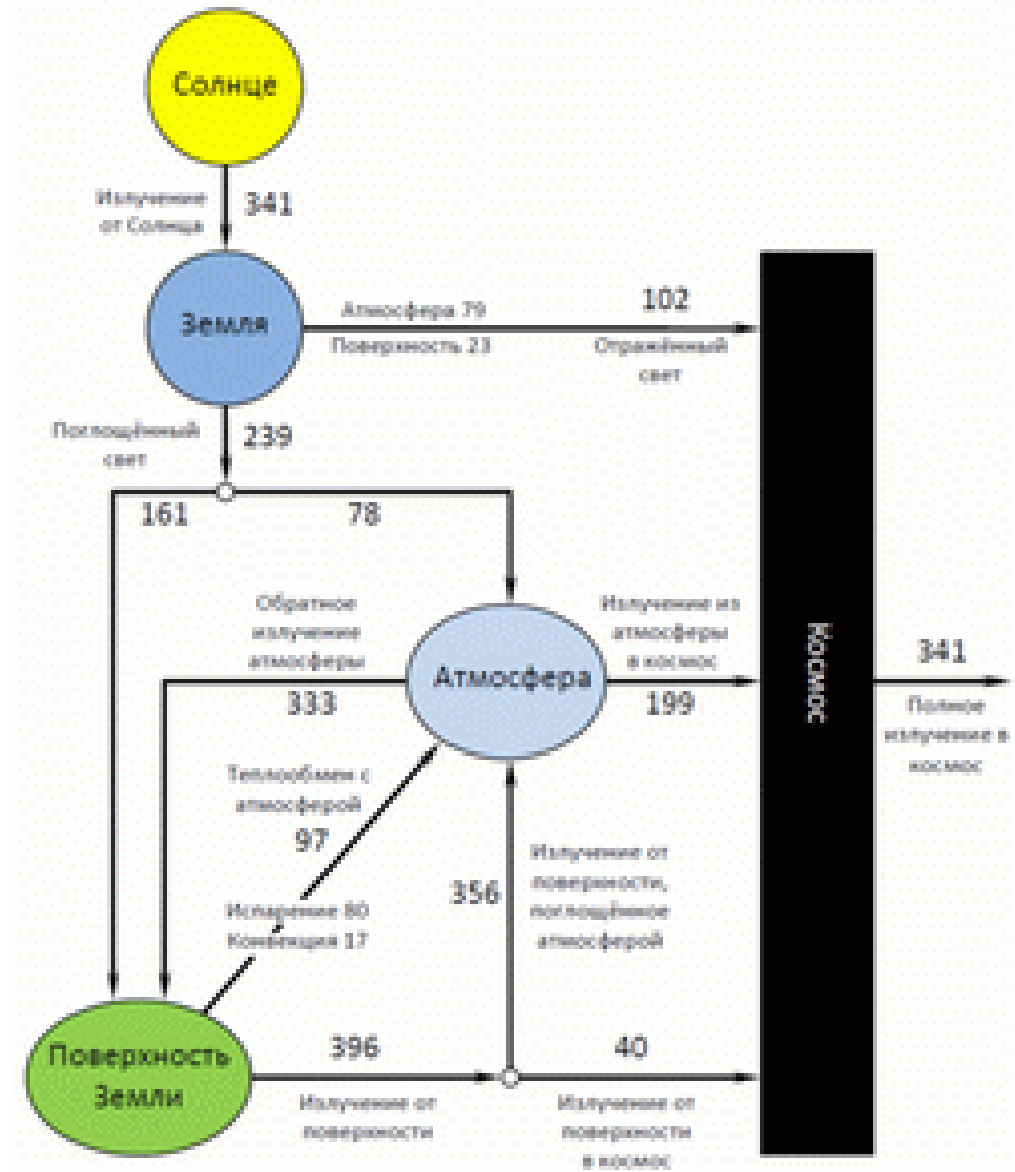


Рис. 1. Тепловой баланс Земли (март 2000 – май 2004). [Trenberth K.,...2009]

Р. По.

$M_3 = 327$ т/км²·год (по всем видам эрозии). Примем, что в этом бассейне также развиты в основном осадочные породы. В результате получим $\Delta E = 5,5 \cdot 10^{13}$ Дж/(км²·год) (около 44,5% от общих тепловых потерь).

Армянское нагорье.

В этом регионе модуль эрозии имеет более сложную структуру. Помимо взвешенных, растворённых и донных наносов ($238 \text{ т/км}^2 \cdot \text{год}$) здесь существуют ещё и селевые выносы ($100 \text{ т/км}^2 \cdot \text{год}$). С их учётом общий $M_3 = 383 \text{ т/км}^2 \cdot \text{год}$. Без большой ошибки можно принять, что главными породами в этом регионе являются магматические ($175 \cdot 10^6 \text{ м}^2/\text{с}^2$). Тогда $\Delta E = 6,7 \cdot 10^{13} \text{ Дж/(км}^2 \cdot \text{год)}$ (около 54 % от принятой цифры общих потерь). Если же исключить селевой сток, то аналогичный расчёт даст заметно меньшую величину – 40 %.

3. Бассейны горных рекРеки Большого Кавказа.

Общий модуль эрозии для рек Большого Кавказа с учётом селей $M_3 = \text{год}$ $1211 \text{ т/(км}^2 \cdot \text{год)}$ (селевой сток – $150 \text{ т/км}^2 \cdot \text{год}$). В рамках границ региона здесь в значительной мере развиты осадочные породы ($V_{\text{ос}}^2 = 167,44 \cdot 10^6 \text{ м}^2/\text{с}^2$).

Принимая во внимание общий модуль эрозии, получим $\Delta E = 2,02 \cdot 10^{14} \text{ Дж/(км}^2 \cdot \text{год)}$ (162 % общих тепловых потерь Земли). Очевидно, что это парадоксальная ситуация. Причина её может быть связана с существенными величинами селевых потоков, появление которых может иметь другую энергетику (предположительно гравитационного характера). Кроме того, видимую абсурдность полученной цифры можно рассматривать и как локальный эффект. Ведь общие тепловые потери Земли взяты как средняя величина для планеты. Региональное же её распределение может быть довольно пёстрым и, конечно, от средней величины существенно отличаться.

Оценим энергетическое значение модуля эрозии для региона Большого Кавказа без селевого стока. В этом случае $M_3 = 1061 \text{ т/(км}^2 \cdot \text{год)}$, $\Delta E = 1,77 \cdot 10^{14} \text{ Дж/(км}^2 \cdot \text{год)}$ (141 % общих тепловых потерь). Так что, скорее всего, такая аномалия носит региональный характер. Хотя в этом случае можно предположить и завышенность значений исходных параметров.

Заилийский Ала-тау.

Общий модуль эрозии с селевыми потоками $M_3 = 730 \text{ т/км}^2 \cdot \text{год}$. $\Delta E = 1,28 \cdot 10^{14} \text{ Дж/(км}^2 \cdot \text{год)}$ (102 %). Без учёта селей $M_3 = 410 \text{ т/км}^2 \cdot \text{год}$. $\Delta E = 0,717 \cdot 10^{14} \text{ Дж/(км}^2 \cdot \text{год)}$ (57 %).

Чтобы от потерь энергии (ΔE) перейти к энтропийной характеристике необходимо знать снижение температуры системы. По оценкам метеорологов полное тепловое излучение от поверхности Земли (396 Вт/м^2 , см. рис. 1) соответствует средней тепловой температуре 288 К (15°C).

Известно, что в тропосфере температура по мере удаления от поверхности Земли уменьшается и на верхней границе (тропопаузе) в среднем достигает минус 65 (на полюсах) – минус 70° (на экваторе) по Цельсию. Таким образом, разница температур на границах тропосферы составляет порядка 80° . Принимая эту величину за ΔT , можно оценить изменение энтропии (ΔS), связанной *эрозионной деградаций речного бассейна или их совокупности* (в модульном выражении). Для этого достаточно величины ΔE разделить на $\Delta T = 80$.

Для приведённых примеров получим:

1. Русская платформа. $\Delta S = 1,46 \cdot 10^{11}$ Дж/(км²·год·град).
2. *Р. Колорадо*. $\Delta S = 7,5 \cdot 10^{11}$ Дж/(км²·год·град)
3. *Р. По*. $\Delta S = 6,8 \cdot 10^{11}$ Дж/(км²·год·град)
4. *Армянское нагорье*. $\Delta S = 8,37 \cdot 10^{11}$ Дж/(км²·год·град)
Без учёта селей $\Delta S = 6,19 \cdot 10^{11}$ Дж/(км²·год·град)
5. *Реки Большого Кавказа*. $\Delta S = 2,53 \cdot 10^{12}$ Дж/(км²·год·град)
Без учёта селей $\Delta S = 2,21 \cdot 10^{12}$ Дж/(км²·год·град)
6. *Заильский Ала-тау*. $\Delta S = 1,6 \cdot 10^{12}$ Дж/(км²·год·град).
Без учёта селей $\Delta S = 8,96 \cdot 10^{11}$ Дж/(км²·год·град).

Приведённые результаты хорошо согласуются с выводами Л.В. Пустовалова [10]: по мере старения реки и сглаживания ею рельефа суши меняется её транспортирующий характер от передвижения весьма грубых дисперсных систем в стадии молодости и до переноса коллоидальных и молекулярно- (ионно-) дисперсных систем в стадию старости.

В соответствии со вторым законом термодинамики природа развивается асимметрично: если в одном месте из хаоса возникает порядок, то где-то в другом порядка становится настолько же меньше и наоборот. Общий запас энергии в природе сохраняется, только качество её ухудшается.

Возможность связи энтропии (S) и информации (H) давно привлекала внимание учёных. В немалой степени этому способствовала тождественность их математических выражений.

Н. Винер (1958 г.) и Л. Бриллюэн (1960 г.) считали, что по своему существу они обозначают одно и то же. Это позволило трактовать информацию как отрицательную энергию (по Н.Винеру) или «негэнтропию» (по Л. Бриллюэну).

Д. Пирс (1967 г.) рассматривал понятия S и H как совершенно не связанные между собой, а тождественность их математических выражений считал случайным совпадением.

Я. А. Виньковецкий (1971 г.) пришел к выводу, что тождественность математического оформления понятий S и H – *факт фундаментального значения*, отражающий структурно-динамическое единство мира. Он предложил рассматривать вероятности, входящие в известные уравнения Л. Больцмана и К. Шеннона, как характеристики, относящиеся к событиям разных классов – соответственно, энергетическим и структурным (рис. 2).

Величины S и H отражают именно такое положение вещей и через их взаимоотношения мы можем воспринимать структурно-энергетическую устойчивость мира:

$$S_3 \cdot S_C = S \cdot H = D = \text{const.} \quad (8)$$

Таким образом, по Я. В. Виньковецкому $S \equiv S_3$ – энергетическая энтропия, $H \equiv S_C$ – структурная энтропия. Эти величины у Я. А. Виньковецкого являются сопряжёнными, но не аддитивными, т.е. их нельзя сложить или вычесть одну из

другой, чтобы получить общую энтропию замкнутой системы в какой-то миг её эволюции. Связь S_Z и S_C Я.А. Виньковецкий воспринимал как равнобочную гиперболу (см. рис. 2).

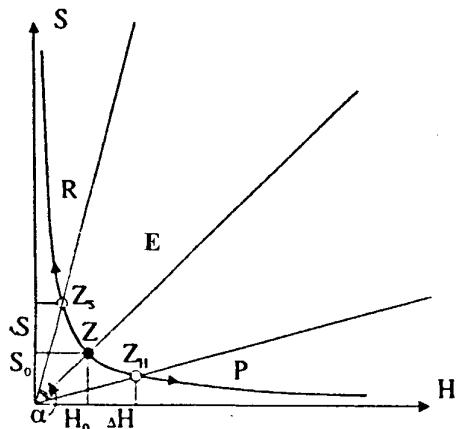


Рис. 2. Схема распределения хаоса и порядка (раздвоение точки **Z – ZERO**) [6].

R – область регрессивной эволюции;
P – область прогрессивной эволюции;
 S_0, H_0 – начальные условия, $Z(S_0, H_0)$;
E – область, возникающая в результате эволюции (здесь речного бассейна);
 $\rightarrow$ направления сопряженных составляющих эволюции;
 α – угол расхождения точки **ZERO**, после её раздвоения.

В соответствии с современными представлениями [4] *речной бассейн* рассматривается как сложная ландшафтная структура, получившая название – **бассейновая парагенетическая система**. Эти три слова отражают идею целостности речного бассейна, проявляющуюся в генетическом единстве составляющих её элементов (через их взаимодействие). Таким образом, дезинтеграция водосборной площади, по существу, не может рассматриваться вне формирования речной сети, как некой информационной составляющей парагенетического толка. Вот тут-то и проявляется второй, главный, смысл константы D .

А. Павлов [6] показал, что величина D это своего рода **квант действия по производству информации**.

$$D = 0,956 \cdot 10^{-23} \text{ Дж.бит/град.} \quad (9)$$

Одна молекула производит больцмановскую порцию $1,38 \cdot 10^{-23}$ джоуля тепла при уменьшении температуры на один градус.

Это тепло затрачивается на создание новых структур (у нас речной сети), но не полностью (по второму закону термодинамики всё тепло превратить в работу нельзя), а с определенным коэффициентом полезного действия (к.п.д.). Для условий точки **ZERO** к.п.д. оказался равным

$$\text{к.п.д.} = \sum P_i \cdot \ln 1/P_i = \sum 0,5 \cdot \ln 2 = 0,69. \quad (10)$$

Применительно к рассматриваемой задаче величину D следует привязать к модульным значениями энтропийных изменений (ΔS). Известно, что число Авогадро определяет количество молекул в одном моле (или кмоле и т.п.) для всех веществ ($N_A = 6,023 \cdot 10^{26}$ кмоль $^{-1}$). Тогда для одного кмоля

$$D = 5,75 \cdot 10^3 \text{ Дж.бит/град.} \quad (11)$$

Очевидно, чтобы воспользоваться полученными ранее значениями ΔS , необходимо (11) связать с веществом, создающим эрозионный сток.

Из таблиц 1 и 2 видно, что в составе эродируемых пород преобладают алюмосиликаты. Поэтому не будет большим «грехом» при переходе от кмолей в (11) к массовым единицам (в СИ) свести вещественный состав к иллитах (см. табл.2). Взяв за основу его химическую формулу, не составит труда осуществить эту процедуру. Получим молярную массу – 351 кг (соответственно для кмольа $3,51 \cdot 10^5$ кг). Тогда

$$D = 2,0 \cdot 10^9 \text{ Дж.бит/град.} \quad (12)$$

Полученные в примерах значения ΔS колеблются от $1,46 \cdot 10^{11}$ Дж/(км²·год·град) до $2,53 \cdot 10^{12}$ Дж/(км²·год·град).

Используя (8), получим соответствия:

$$\Delta H = 1,37 \cdot 10^{-2} \text{ бит} \cdot \text{км}^2 \cdot \text{год} \text{ и } \Delta H = 7,9 \cdot 10^{-2} \text{ бит} \cdot \text{км}^2 \cdot \text{год}.$$

Здесь изменение информации выражено как **квант действия**. Это означает, что при эрозионной деградации каждый квадратный километр (км²) водосборной площади за год как бы передаёт речной сети порцию структурной энергии (в битах). Чтобы иметь о ней полное представление, необходимо полученные цифры умножить на площадь водосборной территории (F) и на время формирования речной сети.

Покажем это для Русской платформы. Поскольку при получении величины ΔS числовые характеристики брались по А. Волину [1], то и величину площади возьмём из его работы ($F = 1,76 \cdot 10^6$ км²). Время же формирования речной сети, скорей всего, следует отсчитывать от последнего крупного оледенения (Московское оледенение – $125 \cdot 10^3$ лет назад).

В результате получим:

$$\Delta H = 1,37 \cdot 10^{-2} \cdot 1,76 \cdot 10^6 \cdot 1,25 \cdot 10^5 = 3 \cdot 10^9 \text{ бит},$$

что составит около **0,4 гигабайт (ГБ)**.

Это почти в 100 раз меньше оперативной памяти самого мощного современного компьютера. *На Земле таких природных «компьютеров» много – это совокупность речных сетей разных масштабов и возрастов.* Объём их «оперативной» памяти ограничивается площадями водосборных бассейнов и временем существования речных сетей.

Хорошей иллюстрацией степени эрозионной деградации речного бассейна и параллельного ей развития речной сети может служить р. Терёшка, геоинформационное моделирование которой было успешно выполнено в Саратовском университете [8]. Не исключено, что изучение фрактальной размерности речных бассейнов позволит получить важную дополнительную информацию для создания энтропийных моделей их развития (рис. 3).

Здесь обогащают выводы Ю.Г. Пузаченко [9]: ...величина фрактальной размерности является хорошей мерой сложности и содержит прямую информацию о форме рельефа и вообще о пространственной структуре любого компонента.

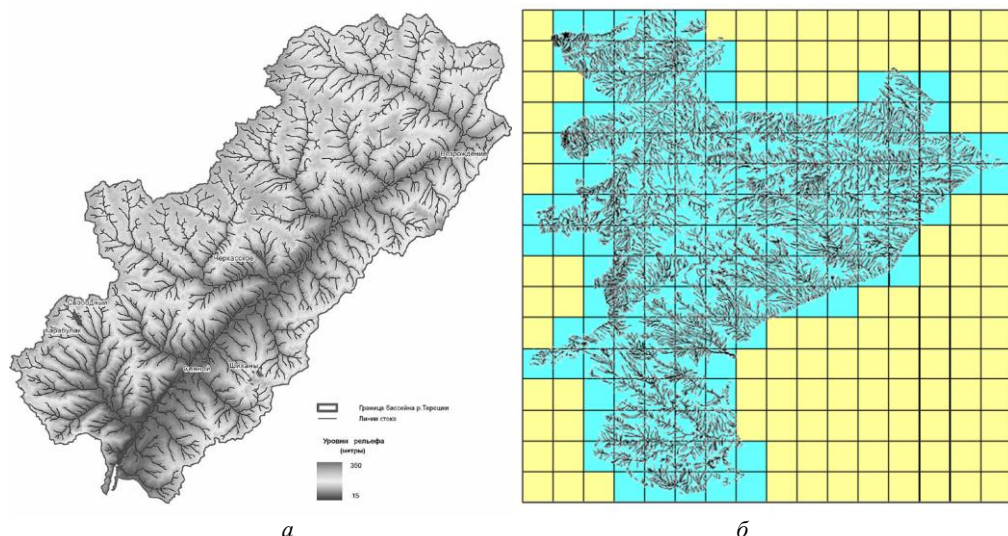


Рис. 3. Гипсометрическая карта речного бассейна.

а – р. Терёшки [8]; *б* – фрагмент фрактального анализа эрозионной сети [3]

Основная трудность, с которой, вероятно, придётся столкнуться, будет связана с получением исходных морфометрических материалов. Однако со временем она будет устраняться по мере накопления спутниковой информации.

Литература

1. Волин А.В. Твердый сток и сток эрозии // Изв. АН СССР, сер. геогр. и геоф., т. X. 1946.
2. Гаррелс Р., Маккензи Ф. Эволюция осадочных пород. – М.: Мир, 1974. – 225 с.
3. Комплексный геоэкологический анализ / Под ред. А.И. Иванова. – Саратов: изд-во Саратов. ун-та, 2003. – 248 с.
4. Мильков Ф.Н. Бассейн реки как парадинамическая ландшафтная система и вопросы природопользования // География и природные ресурсы, 1981, № 4, с. 11-18.
5. Павлов А.Н. Квантовые принципы развития Земли – новая парадигма геологии // Принципы развития и историзма в геологии и палеобиологии. – Новосибирск: Наука, 1990, с. 115-122.
6. Павлов А.Н. Основы экологической культуры. – СПб.: Политехника, 2004. – 334 с.
7. Павлов А.Н. Методологические основания современной геологии. – СПб.: РГГМУ, 2009. – 113 с.
8. Павлов А.Н. Квант действия по производству информации // Уч. зап. РГГМУ, 2009, № 10, с. 146-154.
9. Пузаченко Ю.Г. Приложение теории фракталов к изучению структуры ландшафтов // Изв. РАН. Сер.геогр., 1977, № 2, с. 24-40.
10. Пустовалов Л.В. Петрография осадочных пород, ч. I. – М.: Гостоптехиздат, 1940. – 476 с.
11. Справочник физических величин / Под ред. проф. Г.А. Рябина. – СПб.: Лениздат, 2001. – 160 с.
12. Справочник физических констант горных пород. – М.: Мир, 1969. – 543 с.
13. Федосин С. Физика и философия подобия от преонов до метagalactic. – Пермь: Стиль-МГ, 1999, с. 544.
14. Фейнман Р. Характер физических законов. – М.: Наука, 1987. – 160 с.
15. Trenberth K., Fasullo J., Kiehl J. March 2009: Earth's global energy budget. – Bulletin of American Meteorological Society, 90, 311–323.

Е.Н. Смирнова

**АБИОТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ОБИТАНИЯ СНЕТКА
В ПСКОВСКО-ЧУДСКОМ ВОДОЕМЕ, ВЛИЯЮЩИЕ
НА КОЛЕБАНИЯ ЗАПАСОВ ДВУХ ЕГО ПОПУЛЯЦИЙ**

E.N. Smirnova

**ABIOTIC HABITAT CONDITIONS OF LAKE SMELT
IN CHUDSKO-PSKOVSKIY RESERVOIR, INFLUENCING CHANGE
OF ITS TWO POPULATIONS' STOCK**

На основе анализа данных осенних ихтиологических съёмок в Чудско-Псковском водоеме и наблюдений на гидрологическом посту о. Залита установлена зависимость урожайности чудского снетка от температур воды предшествующего летнего периода. Рекомендовано статистически надёжное уравнение для определения запасов снетка в Чудском озере. Показано, что загрязнение южной части водоёма – Псковского озера – отрицательно влияет на выживаемость псковского снетка и нарушает связь его запасов с термическим фактором.

Ключевые слова: снеток, сеголетки, улов на усилие, урожайность снетка, сумма градусо-дней, регрессионные зависимости, цветение воды, заморные условия.

The analysis of data of autumn ichthyological surveys and the gauging station on the island of Zalita in Chudsko-Pskovskoye Lake was carried out. The dependence between the water temperature of the previous summer period and abundance of Chudskoye Lake smelt has been revealed. Statistically significant equation for estimating its stock is recommended. Pollution of the southern part of the reservoir has a negative impact on survivability of Pskovskoye Lake smelt and affects the relationship between its stock and thermal factor.

Key words: lake smelt, underyearlings, catch per unit effort, lake smelt abundance, sum of degree-days, regression dependence, water bloom.

Снеток (лат. *Osmerus eperlanus eperlanus m. Spirinchus Pallas*) – представитель короткоцикловых видов рыб, характерной особенностью которых является высокая чувствительность к внешним воздействиям, что приводит к существенным колебаниям его запасов в водоёме. Воздействия могут носить как биотический (пресс хищников, кормовая база и т.д.), так и абиотический характер (температура, уровень, химический состав воды).

Специалисты, занимающиеся изучением снетка Псковско-Чудского водоёма, выделяют две его разновидности (популяции) – снеток Псковского озера и снеток Чудского озера. Снеток Псковского озера живёт всего один год из-за быстрого достижения половозрелости и отличается от снетка Чудского озера того же возраста более крупными размерами. Популяция псковского снетка представлена, таким образом, всего одним поколением, что делает её ещё более уязвимой по отношению к внешним воздействиям. Тогда как популяция чудского снетка более устойчива, потому что в ней выявляются два, а иногда даже три поколения.

Ускоренные темпы роста снетка (как и других гидробионтов) в Псковском озере обусловлены более высоким уровнем трофии этой части водоёма, а значит – более богатыми пищевыми ресурсами для рыб [1].

Таблица 1

Диапазон колебаний (в числителе) и средние (в знаменателе) гидрохимические показатели вод Псковского и Чудского озёр в летний период 1989–1998 гг. (поверхностный горизонт)

Озеро	рН	БПК ₅ , мг/л	O ₂		NH ₄ ⁺ , мг/л
			мг/л	% нас.	
Псковское	<u>7,40-9,36</u>	<u>0,21-13,44</u>	<u>4,64-20,56</u>	<u>49-212</u>	<u>0,000-4,360</u>
	8,16	5,00	10,04	105	0,325
Чудское	<u>7,58-8,60</u>	<u>0,48-9,07</u>	<u>6,24-12,16</u>	<u>63-120</u>	<u>0,000-2,690</u>
	8,11	2,86	9,37	96	0,110

Более высокий уровень трофии Псковского озера связан, в частности, со сравнительно небольшими глубинами – до 5 м [9]. Это приводит к тому, что среднесезонная температура воды летних месяцев в Псковском озере (19,5 °С) на 1,5 °С выше, чем в Чудском, в котором преобладают глубины 10 м. В Псковском озере чаще наблюдается температура воды выше 20 °С, что, с одной стороны, способствует бурному развитию кормовой базы, однако, с другой – оказывает негативное воздействие на молодь рыб и снетка, как представителя оксифильного, холодолюбивого комплекса рыб. Более интенсивный прогрев воды в Псковском озере приводит к массовому развитию сине-зелёных водорослей, которые в процессе дыхания и разложения уменьшают количество растворённого кислорода, особенно в придонных горизонтах, выделяют токсины.

Вопросам взаимосвязи абиотических факторов среды с количественными показателями снетка в Псковско-Чудском водоёме уделяли внимание многие исследователи [10, 13, 15, 5, 2, 4].

Согласно исследованиям [11, 16], уровень пополнения снетка Псковско-Чудского озера, в отличие от корюшки восточной части Финского залива, не зависит от величины родительского стада, что позволяет увязывать его динамику с изменениями условий обитания.

С целью выяснения степени влияния термических и уровенных условий водоёма на запасы как псковского, так и чудского снетка был применён метод корреляционного анализа данных за 14 лет (1985–1988, 1990–1995, 1997–2000 гг.) [14].

Как известно, снеток большую часть жизни проводит в открытой части водоёма, поэтому для него наиболее значимыми являются условия водной среды пелагической части озёр: Псковского – для псковского снетка и Чудского – для чудского снетка, соответственно. Регулярные наблюдения за уровенным и термическим режимом Псковского озера ведутся на водомерном посту Росгидромета, расположенном на острове Залита в центральной части акватории. Тогда как в Чудском озере равноценные наблюдения невозможны из-за отсутствия центрально расположенных островов. Имеющийся на озере водомерный пост (д. Раскопель) расположен на восточном берегу озера и не может в полной мере характе-

ризовать пелагические условия. Поэтому определение степени влияния абиотических факторов на чудского снетка велось также с использованием наблюдений на острове Залита, что может быть оправдано тождественностью колебаний уровней и термических характеристик пелагиали этих двух частей водоёма.

Основу для расчётов коэффициентов корреляции между абиотическими факторами и количеством псковского и чудского снетка составили, таким образом, среднесуточные уровни и температуры воды, центральной части Псковского озера. На основании их значений были рассчитаны характеристики, участвующие в последующем поиске корреляционных связей. В частности, были найдены средние уровни за апрель – май и за год. Для характеристики термического режима водоёма предварительно вычислялись суммы градусо-дней (суммы среднесуточных температур) за разные периоды. В том числе – от даты устойчивого перехода температуры воды через 15 °C весной до даты устойчивого перехода температуры воды через 15 °C осенью (за весь летний период). Отдельно суммировались среднесуточные температуры от 15 до 20 °C (оптимальные для нагула снетка), а также – температуры воды выше 20 °C. В расчётах участвовала также средняя температура воды за апрель–май (периода нереста, инкубации икры и раннего постэмбрионального развития молоди), а также другие характеристики водной среды.

В качестве показателя запасов псковского и чудского снетка была принята попытка использования данных о вылове промысловыми организациями. Однако такой подход результатов не дал, что может быть объяснено слишком большим числом факторов, влияющих на промысел (наличие промысловой базы, погодные условия во время промысла и т.п.). Поэтому для поиска достоверных зависимостей были использованы результаты ежегодных ихтиологических съёмок на борту научно-исследовательского судна СРБ-11 Псковского отделения ГосНИОРХ.

Так как запасы формируются отдельными поколениями, то их состояние может быть охарактеризовано данными о ежегодном пополнении или количеством сеголеток, выживших в каждый конкретный год. В качестве показателя пополнения запасов (урожайности) были использованы средние уловы на усилие (одно поднятие научно-исследовательского трала) сеголеток снетка в осенний период. Поиск достоверных статистических зависимостей производился, таким образом, между результатами ежегодных осенних съёмок на борту научно-исследовательского судна под руководством Козлова В.А. с 1986 по 1993 г. и Тараканова В.В. с 1994 по 2001 г., с одной стороны, и данными гидрологического поста на о. Залита, предоставленными Псковским ГМЦ – с другой.

Были рассмотрены 22 показателя абиотических воздействий, которые априорно могли бы влиять на урожайность снетка в Чудском озере: 14 показателей термического и 8-уровенного режима.

Результаты расчётов показали, что довольно сильное влияние на урожайность *чудского снетка* оказывают температуры воды выше 20 °C и, как следо-

вало ожидать в случае с холодолюбивым видом, влияние это отрицательно ($r = -0,77 \pm 0,18$). Зависимость, соответственно, носит обратный характер (рис. 1).

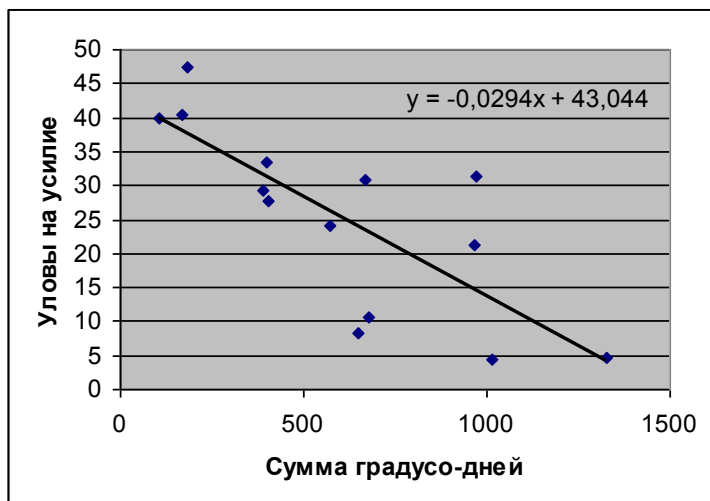


Рис. 1. Зависимость средних за съёмку осенних уловов на усилие сеголеток снетка от суммы градусо-дней с температурой воды выше 20 °С в летний период

Регрессионная зависимость имеет вид:

$$Y = -0,0294 X_1 + 43,044, \quad (1)$$

где Y – средний улов на усилие сеголеток снетка в осенний период, кг/(трал·ч); X_1 – сумма градусо-дней с температурой воды > 20 °С.

Ещё более значимым фактором, влияющим на биомассу сеголеток чудского снетка, как показали расчёты, является сумма градусо-дней оптимальных температур в период нагула ($t = 15\text{--}20$ °С). Именно в этом интервале температур молодь снетка, с одной стороны, обеспечена пищевыми ресурсами в виде зоопланктона, с другой – не испытывает угнетающего воздействия перегрева воды и сопутствующих ему негативных явлений. Коэффициент корреляции между урожайностью снетка и суммой градусо-дней в этом интервале температур воды составил $r = 0,84 \pm 0,15$. Было установлено, что данная зависимость носит прямолинейный характер (рис. 2).

Регрессионная зависимость имеет вид:

$$Y = 0,0394 X_2 - 22,539, \quad (2)$$

где Y – средний улов на усилие сеголеток снетка в осенний период, кг/(трал·ч); X_2 – сумма градусо-дней с температурой воды в диапазоне 15–20 °С.

Дисперсионный анализ подтвердил существенность влияния на урожайность снетка диапазонов температур 15–20 °С и > 20 °С. Это дало основание предложить общую для вышеуказанных факторов зависимость:

$$V = 0,020 X_1 - 0,015 X_2 + 10,25, \quad (3)$$

где V – средний улов на усилие сеголеток снетка в осенний период, кг/(трал·ч); X_1 – сумма градусо-дней в диапазоне температур 15–20 °С; X_2 – сумма градусо-дней с температурой > 20 °С.

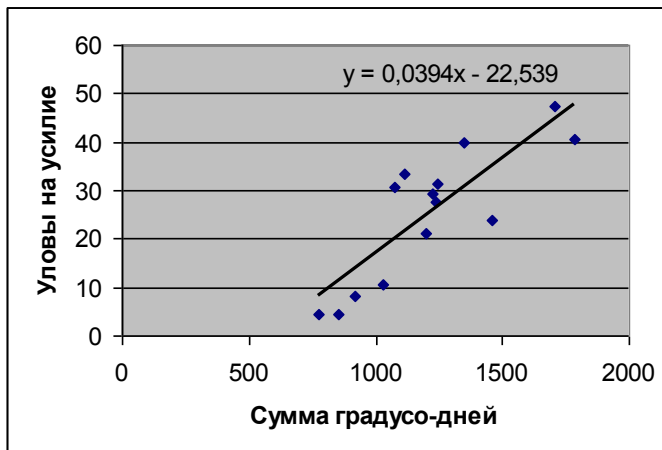


Рис. 2. Зависимость средних за съёмку осенних уловов на усилие сеголеток снетка от суммы градусо-дней с температурой воды 15–20 °С в летний период

Проверка корректности полученной формулы проведена путём сравнения эмпирических и вычисленных данных с помощью критериев Стьюдента и χ^2 (“хи-квадрат”) Пирсона. Результаты проверки позволяют утверждать, что вычисленные по приведённой формуле величины урожайности снетка достаточно хорошо согласуются с фактическими данными – результатами ихтиологических съёмок. Таким образом, можно сделать вывод, что полученное в результате статистического анализа данных уравнение (3) не только является статистически значимым, но достаточно объективно отражает существующие закономерности формирования урожайности снетка в Чудском озере и может быть рекомендовано к использованию при расчетах запасов этого вида рыб.

Для *псковского снетка* подобной зависимости выявить не удалось. Псковское озеро отличается от Чудского лучшим прогревом водной толщи, более высокой трофностью, а также наличием самого крупного притока Псковско-Чудского водоёма – р. Великой.

Анализ условий обитания в Псковском озере в период нагула снетка позволил связать снижение его численности в отдельные годы с ухудшением кислородного режима и высокой температурой воды. Такие условия наблюдались летом 1959 и 1972 гг., вызвав заморы псковского снетка [12, 3]. Резкое снижение запасов снетка отмечалось в указанные годы и в других водоёмах Северо-Запада России [8].

Однако резкое ухудшение условий обитания снетка в Псковском озере может быть вызвано не только усиленным прогревом воды, обусловленным срав-

нительно небольшими глубинами, но и поступлением в него загрязнённых вод р. Великой.

Так, в 1992 г в низовьях реки была зафиксирована высокая концентрация биогенных элементов. В черте г. Пскова наблюдалась вспышка «цветения». Вода в реке приобрела нехарактерный для неё, интенсивный зелёный цвет. Согласно многолетним данным [18], такое явление наблюдалось впервые, видовой состав водорослей был необычным. Значения многих важнейших гидрохимических показателей летом и осенью данного года оказались максимальными за период 1989–1999 гг. (табл. 2).

Таблица 2

Максимальные (в числителе) и средние (в знаменателе) значения гидрохимических показателей воды р. Великой в 1992 г (поверхностный горизонт)

Показатели	1992 г.		Среднемноголетние (1989–1999 гг.)	
	Лето	Осень	Лето	Осень
pH	<u>8,58</u> 8,06	<u>8,23</u> 7,82	<u>8,58</u> 7,80	<u>8,23</u> 7,69
O ₂ , мг/л	<u>14,56</u> 10,91	<u>14,40</u> 12,52	<u>14,56</u> 8,72	<u>14,40</u> 9,85
O ₂ , % нас.	<u>159</u> 118	<u>146</u> 116	<u>159</u> 93	<u>146</u> 87
БПК ₅ , мгО/л	<u>13,12</u> 8,51	<u>12,08</u> 6,36	<u>13,12</u> 4,81	<u>12,08</u> 2,11
NO ₂ ⁻ , мг/л	<u>0,090</u> 0,032	<u>0,006</u> 0,005	<u>0,096</u> 0,018	<u>0,095</u> 0,018
NH ₄ ⁺ , мг/л	<u>0,374</u> 0,242	<u>0,626</u> 0,518	<u>1,116</u> 0,269	<u>0,626</u> 0,320
NO ₃ ⁻ , мг/л	<u>3,500</u> 1,177	<u>0,206</u> 0,103	<u>3,500</u> 0,557	<u>0,680</u> 0,284
P _{мин.} , мг/л	<u>0,038</u> 0,024	<u>0,056</u> 0,052	<u>0,038</u> 0,009	<u>0,060</u> 0,017

Высокие величины pH содержания растворённого кислорода в дневные часы в поверхностном слое воды свидетельствовали о бурном развитии фитопланктона, которое могло быть спровоцировано поступлением в воду большого количества органических веществ антропогенного происхождения. Это предположение подтвердилось превышением рыбохозяйственных предельно допустимых концентраций (см. табл. 2) по БПК₅ (ПДК = 2,00 мг/л), NO₂⁻ (ПДК = 0,020 мг/л), NH₄⁺ (ПДК = 0,39 мг/л), высокими величинами концентрации нитрат-ионов, минерального фосфора.

Распространение загрязнённых органическими веществами вод по акватории Псковского озера вызвало также и в нем вспышку «цветения» нехарактерными видами фитопланктона, продолжавшуюся до октября. Значение pH в осенний период оказалось даже выше летнего (табл. 3).

Наибольшие за открытый период величины БПК₅, NH₄⁺, обусловленные массовой деструкцией планктонных водорослей, наблюдались, как и в р. Великой, осенью, в условиях сравнительно низких температур, а не как обычно летом.

Таблица 3

Максимальные (в числителе) и средние (в знаменателе) значения некоторых гидрохимических показателей воды Псковского озера летом и осенью 1992 г (поверхностный горизонт)

Показатели	Лето	Осень
pH	$\frac{8,58}{8,35}$	$\frac{8,65}{8,14}$
БПК ₅ , мгО/л	$\frac{6,54}{4,37}$	$\frac{9,84}{4,49}$
NH ₄ ⁺ , мг/л	$\frac{0,542}{0,148}$	$\frac{1,240}{0,359}$

По всей видимости, обострению ситуации в этот период способствовало не только наличие большой биомассы разлагающихся водорослей, но и отсутствие сколько-нибудь значительных осадков: уровень воды озера, начиная с мая, продолжал снижаться (табл. 4).

Таблица 4

Среднемесячные уровни воды Псковско-Чудского водоёма в 1992 г.
по данным водомерного поста на о. Залита

Название месяцев	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь
Значения уровней воды, см	272	251	217	187	168	160

Минерализация большого количества органических веществ, выделявшихся в водную толщу при массовом отмирании водорослей в летние и осенние месяцы, не могла не сопровождаться значительным расходом растворённого в воде кислорода, создавая заморные условия для молоди различных видов рыб и снетка, особенно в ночные часы. Это могло вызвать ухудшение физиологического состояния представителей популяции псковского снетка (снижение, в частности, их двигательной активности), превратив их в лёгкую добычу для хищников. Действительно, к осени было отмечено резкое уменьшение численности псковского снетка. Если весной 1992 г. в авандельте и в русле р. Великой были обнаружены значительные скопления половозрелого снетка, мигрирующего на нерест [6], то осенью того же года снеток в Псковском озере практически отсутствовал. Средний улов сеголеток снетка на усилие научно-исследовательским тралом осенью 1992 г. составил всего 0,35 кг/трал, тогда как в Чудском озере уловы на усилие были значительно выше – 128 кг/трал.

Таким образом, необычайно бурное развитие фитопланктона в Псковском озере и его крупнейшем притоке летом и осенью 1992 г. было связано с ухудшением ряда гидрохимических показателей, что, в свою очередь, по-видимому, способствовало резкому снижению запасов псковского снетка.

Можно предположить, что загрязняющие вещества р. Великой не только отрицательно влияют на выживаемость псковского снетка, но и способны нарушить зависимость его урожайности от термического фактора. В менее загрязнённом Чудском озере такая зависимость, статистически значимая, была установлена.

Для сохранения устойчивости биоценозов Псковско-Чудского водоёма представляется крайне необходимой модернизация системы мониторинга био-

генной нагрузки, особенно со стороны основного притока – р. Великой. Специалисты, занимающиеся данным вопросом, отмечают, что сетевые наблюдения редки и нерегулярны [17]. Кроме того, отсутствие достоверных данных о поступлении биогенных веществ от источников загрязнения на водосборе крайне затрудняет решение задачи по научно-обоснованному выбору путей снижения биогенной нагрузки, верификации и калибровки разрабатываемых расчетных методов и математических моделей, связывающих нагрузку от различных источников на водосбор с нагрузкой на водоем, а затем с показателями качества его вод и экологического состояния [7].

Литература

1. *Афанасьев Е.А., Антипова Л.Ф., Концевая Н.Я., Мельник М.М., Михайлов А.Е., Тарасова С.Г., Смирнова Е.Н., Ястремский В.В.* Современное состояние экосистемы Псковско-Чудского озера // Северо-Запад России: проблемы экологии и устойчивого развития. – Псков, 1997, с. 144–159.
2. *Бессонов Н.М., Смирнов Н.П., Дорожкина Т.Я.* Многолетние колебания климатических факторов и их влияние на вылов рыбы в Псковско-Чудском водоёме // Лимнология Северо-Запада СССР, ч. 1. – Таллин, 1973, с. 55–58.
3. *Дорожкина Т.Я.* Биология и состояние запасов снетка Псковско-Чудского озера // Науч. труды Псковск. отд. ГосНИОРХ, 1975, т. 1, с. 108–113.
4. *Дорожкина Т.Я.* Причины колебаний уловов псковского и чудского снетка // Науч. труды ГосНИОРХ, 1985, вып. 236, с. 98–109.
5. *Ефимова А.И.* Метод прогнозирования уловов снетка Псковско-Чудского водоёма // Изв. ГосНИОРХ, 1967, т. 62, с. 226–235.
6. *Козлов В.А.* Снеток // Раздел в отчёте «Разработать прогноз вылова рыбы в Псковско-Чудском озере и малых озёрах Псковской области». – Псков, 1993, с. 53–59.
7. *Кондратьев С.А., Мельник М.М., Шмакова М.В., Маркова Е.Г., Ульянова Т.Ю.* Метод расчёта внешней нагрузки на Чудско-Псковское озеро с Российской территории водосбора // Общество. Среда. Развитие (Terra Humana). 2010, вып 1, с. 183–197. Интернет-ресурс. Режим доступа: http://www.terrahumana.ru/arhiv/10_01/10_01_32.pdf
8. *Кудерский Л.А., Фёдорова Г.В.* Снижение запасов снетка в больших водоёмах Северо-Запада Европейской части СССР в 1973–1975 гг. // Информ. бюлл. ГосНИОРХ, 1977, № 20, с. 3–8.
9. Чудско-Псковское озеро. Эстонское УГМС. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 162 с.
10. *Петров В.В.* Снеток Псковско-Чудского водоёма // Изв. ВНИОРХ, 1940, т. XXIII, с. 47–76.
11. *Попов А.Н.* Воспроизводство запасов корюшки восточной части Финского залива // Науч. труды ГосНИОРХ, 1979, вып. 141, с. 8–14.
12. *Семёнова Н.И.* Причины гибели снетка в Псковском озере в августе 1959 года // Научн.-техн. бюлл. ГосНИОРХ, 1960, № 10, с. 23–24.
13. *Сорокин С.М.* Биология снетка Псковского озер // Отчёт. Фонды ГосНИОРХ, 1951. – 27 с.
14. *Смирнова Е.Н., Михайлов А.Е.* Статистический анализ влияния абиотических факторов на урожайность снетка Чудского озера // Науч. тр. Пермск. отд. ГосНИОРХ, «Оценка запасов и проблемы регулирования рыболовства на внутренних водоёмах России», 2003, т. 5, с. 206–212.
15. *Тюрин П.В.* Влияние климатических условий на периодические колебания запасов промысловых рыб в озёрах Ладожском, Ильмень, Псковско-Чудском и Белом // Тр. ВНИРО, 1967, т. LXII, с. 268–310.
16. *Шаров А.Ф., Криксунов Е.А.* Результаты математического моделирования динамики популяций снетка и ряпушки Псковско-Чудского озера // Биологич. ресурсы водоёмов басс. Балт. моря. Мат-лы 22-й науч. конф. по изучению водоёмов Прибалтики). – Вильнюс, 1987, с. 214–215.
17. *Шелутко В.А., Смыжова Е.С.* Динамика стока биогенных веществ по реке Великая в Псковско-Чудское озеро // Уч. зап. РГГМУ, 2010, вып. 13, с. 89–104.
18. *Ястремский В.В.* «Цветение» воды в водоёмах Псковской области // Краеведение и охрана природы. – Псков, 1993, с. 86–88.

МЕТЕОРОЛОГИЯ

К.Л. Восканян, А.Д. Кузнецов, О.С. Сероухова, А.С. Солонин

К ВОПРОСУ О МЕТОДИКЕ РАДИОЛОКАЦИОННОГО ИЗМЕРЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ

K.L. Voskanyan, A.D. Kuznetsov, O.S. Seroukhova, A.S. Solonin

ON THE TECHNIQUES OF RADAR MEASUREMENT OF ATMOSPHERIC PRECIPITATION INTENSITY

В работе анализируется методика дистанционного измерения интенсивности атмосферных осадков радиолокационными методами и пути повышения точности таких измерений.

Ключевые слова: дистанционное зондирование, метеорологическая радиолокация, атмосферные осадки.

The paper discusses the techniques of remote measurement of atmospheric precipitation intensity using radar methods, as well as ways to improve accuracy of these measurements.

Key words: remote sensing, meteorological radar methods, atmospheric precipitation.

Одним из путей повышения качества гидрометеорологического обслуживания является совершенствование материально-технического оснащения наблюдательной сети страны. Последнее позволяет улучшить анализ состояния системы «подстилающая поверхность–атмосфера», необходимого, в частности, для выявления опасных и особо опасных явлений погоды и их прогнозирования. Одним из направлений совершенствования средств контроля за атмосферными процессами является использование дистанционных методов зондирования атмосферы, к которым относится метеорологическая радиолокация. В системе метеорологической службы радиолокация является основным средством получения информации об облачности и осадках в трехмерном пространстве. Опасные явления, связанные с конвективной облачностью развиваются чрезвычайно быстро, поэтому конечная практическая цель радиолокационных наблюдений не только обнаружить и оценить стадию развития его, но и обеспечить передачу информации потребителю за самое короткое время для принятия своевременных мер защиты, важно также своевременно оповестить население о чрезвычайной ситуации. Методы радиолокации используются для штормового оповещения в сложных погодных условиях населения, коммунальных служб, авиации, органов МЧС и др. [1–4].

Эффективность работы современных метеорологических радиолокаторов определяется как их техническими характеристиками, так и тем математическим обеспечением, которое используется для обработки, анализа и представления в удобной форме потребителю результатов радиолокационных наблюдений [1, 5–8]. Из радиолокационного сигнала сантиметрового диапазона, отраженного от облаков и осадков, можно извлечь большое количество метеорологической информации. Мощность отраженных от метеообразований сигналов на фиксированной дальности пропорциональна отражаемости метеообразований Z . Величина Z реагирует на рост размеров отражающих частиц гидрометеоров и их концентрацию, которые, в свою очередь, растут по мере увеличения степени опасности явления (ливни, грозы, град) [9–12].

До настоящего времени в нашей стране в основном использовались весьма разреженная сеть метеорадиолокаторов, состоящая из отечественных некогерентных радиолокаторов МРЛ-2 и МРЛ-5 (рис. 1) [13, 14].

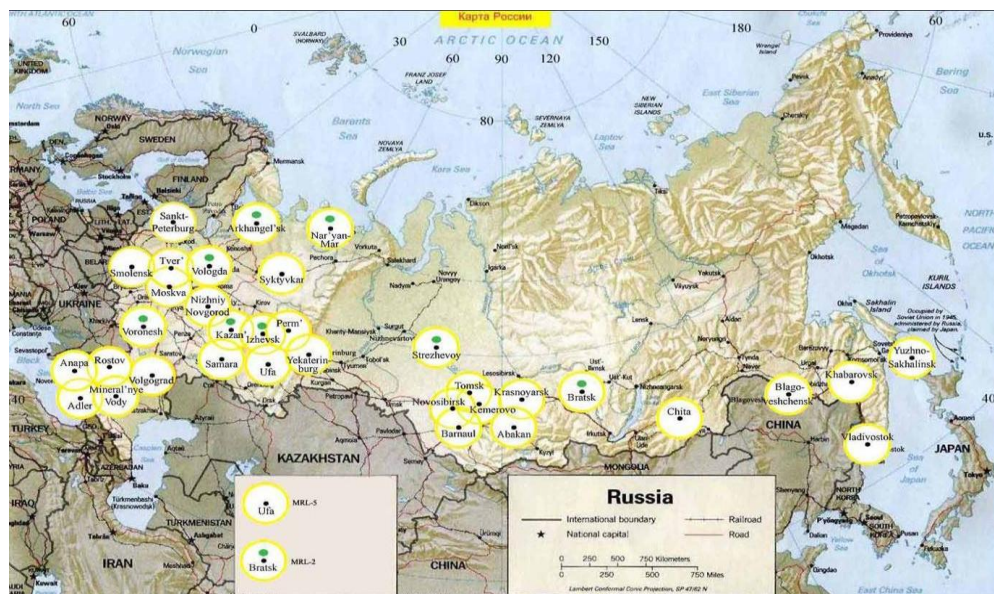


Рис. 1. Карта современной сети метеорологических радиолокационных станций на территории России

Эффективность использования в оперативной практике метеорологической радиолокации значительно повышается применением доплеровских радиолокаторов (ДМРЛ). Когерентными метеорадарами дополнительно (по сравнению с некогерентными радарными) идентифицируются следующие явления погоды: зоны сильного ветра, мезоциклоны (торнадо), фронты порывистости, области сдвига ветра, зоны повышенной турбулентности, микрошквалы. Средняя скорость межимпульсного изменения фазы отраженных от метеообразований сигналов пропорциональна доплеровской частоте сигнала и через нее – средней ради-

альной скорости метеообразований v_p . Ширина энергетического спектра отражений пропорциональна дисперсии скоростей метеообразования σ_v [3, 5, 7, 15, 16].

Летом 2006 года в истории отечественных метеорологических радиолокационных наблюдений произошло важное событие: в аэропорту Пулково г. Санкт-Петербурга был смонтирован и введен в эксплуатацию первый в нашей стране доплеровский метеорологический радиолокатор. Им стал автоматизированный метеорологический радиолокационный комплекс (АМРК) «Метеор-МетеоЯчейка», который представляет собой серийно выпускаемый в Германии ДМРЛ «Метеор 500С», работающий с программным обеспечением рабочей станции метеоролога АМРК «МетеоЯчейка», серийно выпускаемый Институтом радарной метеорологии [5].

В настоящее время близки к массовому внедрению в оперативную работу многопараметрические (поляризационные) радиолокаторы [5, 15, 17]. Их применение позволяет существенно расширить число радиолокационных параметров по сравнению с использованием только радиолокационной отражаемости Z . Такими дополнительными параметрами являются:

- дифференциальная отражаемость – отношение мощностей отраженного сигнала в горизонтальной и вертикальной поляризации Z_{DR} ;
- дифференциальный фазовый сдвиг между ортогональными поляризациями Φ_{DR} ;
- линейное деполяризационное отношение L_{DR} ;
- модуль коэффициента кросскорреляции и др.

Использование этих дополнительных поляризационных параметров совместно с радиолокационной отражаемостью Z позволяет:

- определять микрофизическую структуру метеообъекта (форму, фазовое состояние частиц гидрометеоров, их преимущественную ориентацию в пространстве), выделяя сухой град или снег, мокрый град, слабый, средний или сильный дождь, ливень;
- идентифицировать скопления насекомых, местники;
- существенно повысить точность определения интенсивности осадков (оценки показывают, что при точности измерения ZDR 0,1 дБ точность измерения интенсивности осадков увеличивается примерно в 3 раза) [5].

Важным шагом на пути повышения информативности радиометеорологических наблюдений является создание автоматизации сети МРЛ с выдачей композитных («сшитых», «состыкованных», «мозаичных») карт радиолокационного зондирования на больших территориях [1, 18]. Оперативное создание таких композитных карт существенно повышает ценность радиолокационной информации как для анализа, так и для текущего прогноза атмосферных процессов [5, 18, 20].

Технические возможности существующих автоматизированных комплексов позволяют создавать единые сети, в том числе и с зарубежными странами, существенно возрастает при объединении данных нескольких радиолокаторов и

построении “сшитых” (композитных) карт. В этом случае появляется возможность оперативного слежения за развитием процессов синоптического масштаба (атмосферные фронты, линии шквалов, зоны осадков) с периодом обновления информации порядка 10–180 мин и использования радиолокационной метеоинформации при подготовке сверхкраткосрочных прогнозов и штормовых предупреждений об опасных явлениях погоды, связанных с кучево-дождевой облачностью (Cb) и полями осадков [5]. На рис. 2 представлена карта размещения перспективной сети доплеровских метеорадиолокаторов на территории России, где плотность их расположения уже вполне позволяет создать композитную карту для значительной территории нашей страны.

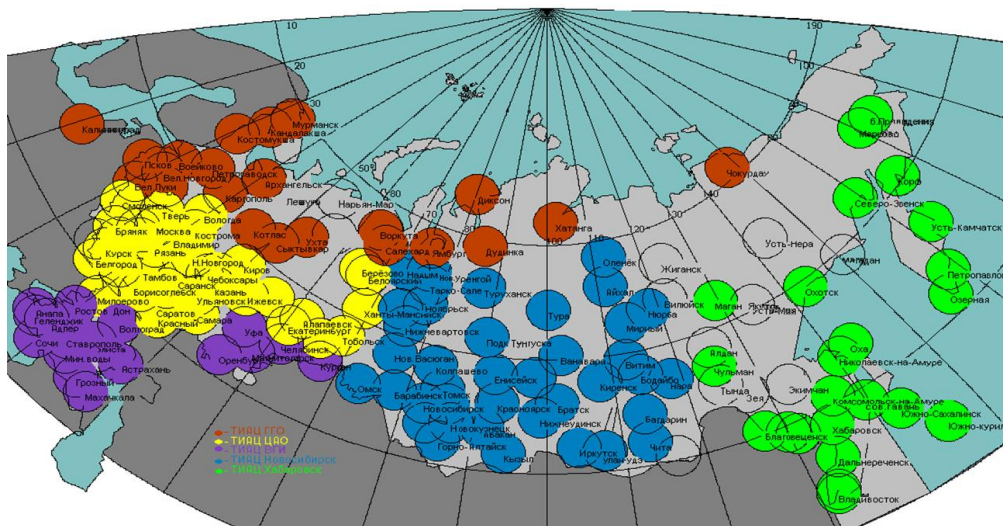


Рис. 2. Карта размещения перспективной сети доплеровских метеорадиолокаторов на территории России

Для сравнения с рис. 2 на рис. 3 представлена карта распределения ДМРЛ WSR-88D на территории США. Данная сеть была создана в относительно короткий срок (1991–1997). В её состав входят 138 радаров в 48 штатах континентальной части США, а также 13 радаров на Аляске, в Пуэрто-Рико и на Гавайских островах. Система обеспечивает передачу базовых данных и продуктов наблюдения всех радаров в национальные центры метеослужбы в Вашингтон, Канзас-Сити и Майами для составления каждые 30 мин стыкованной карты с радиолокационной информацией по территории США [2, 8].

Метеорологическая информация, извлеченная из отраженного радиолокационного сигнала от метеообъектов, только тогда заслуживает внимания и уважения синоптиков и специалистов по чрезвычайным ситуациям в оперативном режиме их работы, когда полностью соблюдаются процедуры обеспечения ее качества. Явления погоды и формы облачности определяются по заданным алгоритмам распознавания. Алгоритмы настраиваются отдельно для каждого

пункта установки по результатам сопоставления радиолокационной и наземной информации. Основная настройка алгоритмов выполняется в течение первого года эксплуатации. В процессе дальнейшей эксплуатации МРЛ оценивает качество распознавания и выполняют при необходимости корректировку алгоритмов. Контроль оправдываемости распознавания опасных явлений погоды выполняется путем сопоставления радиолокационной и наземной информации. Следовательно, для успешного функционирования радиометеорологической сети необходимо совершенствовать и наземные метеорологические станции и посты. В противном случае, без адекватного контроля качества распознавания явлений по данным МРЛ, усилия по созданию сети МРЛ могут быть сведены на нет. Рассмотрим важность такого совместного использования радиометеорологических и наземных данных на примере измерения интенсивности осадков радиометеорологическим методом [5].

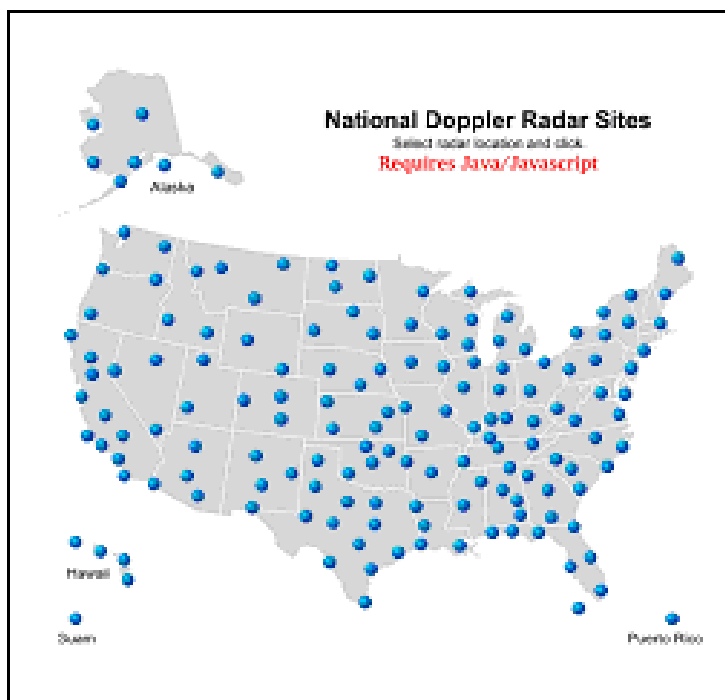


Рис. 3. Карта размещения метеорадиолокаторов сети NEXRAD территории США

Атмосферные осадки является одной из важнейших метеорологических величин. В детальной оперативной информации об осадках, их интенсивности, общем количестве и пространственном распределении заинтересованы многие отрасли. Отсутствие этих данных могут приводить к катастрофическим последствиям, свидетелями которых в последнее время мы стали. Прогноз осадков занимает одно из важных мест при прогнозировании погоды, как по своему практическому значению, так и по сложности их составления. В то же время полу-

чение информации об осадках является очень сложной задачей, прежде всего в силу их высокой пространственно-временной изменчивости [9, 20–23].

Традиционные методы измерения количества осадков, основанные на организации наземной осадкомерной сети, существуют уже более века и точность измерений количества выпавших осадков этими методами и в настоящее время все еще остается достаточно высоким (при толщине слоя осадков в 25 мм ошибка составляет 5 %, при слабых осадках, менее 3 мм, – 12 %, а в среднем оценивается в 9–10 %) [20–22]. В то же время отдельный осадкомер не является в полной мере репрезентативным даже на небольшой территории в силу того, что площадь сечения для накопления осадков на несколько порядков меньше, чем расстояние между приборами. Таким образом, чтобы не пропустить через "сито" сети ни одного случая с осадками, особенно летом в условиях конвекции, необходима очень большая плотность сети. Так, при достаточно большом количестве осадков (около 10 мм) и плотности сети 250 км²/осадкомер ошибка составляет около 8 %, а при густоте 1035 км²/осадкомер – уже 20 %. Для надежного обнаружения (более 90 %) интенсивных осадков, более 13 мм, необходима плотность сети 570 км²/осадкомер, а при слабых осадках, 0.25–1.3 мм, сеть должна уже иметь разрешение 65 км²/осадкомер. Только для обнаружения осадков конвективного типа на площади 600 км² в условиях континентального климата требуется плотность осадкомерной сети 1 прибор на 10 км², т.е. осадкомеры должны стоять примерно через каждые 3 км (подобная плотность измерений может быть достигнута лишь на специально оборудованных научно-исследовательских полигонах, но никак не повсеместно) [19].

В связи с отмеченными недостатками в функционировании осадкомерной наземной сети вполне понятно то большое внимание, которое уделяется разработке альтернативных методов измерений. Одним из таких методов оперативного получения информации о зонах осадков и их интенсивности в настоящее время можно считать радиолокационный метод измерений. Радиолокационный метод позволяет с успехом избежать ряд перечисленных недостатков, что, прежде всего, связано с возможностью получения и обработки информации об осадках по большой территории (порядка 100 000 км²) за короткий промежуток времени (дискретность по времени радиолокационных наблюдений в настоящее время составляет 10–15 мин). При этом радиолокационная информация наиболее достоверна в пределах "эффективного радиуса обнаружения" МРЛ, где с высокой степенью вероятности (90–100 %) обнаруживаются зоны осадков, грозы, град. Летом "эффективный радиус" обнаружения этих явлений погоды составляет 150–200 км, зимой – 50–90 км [1, 3, 5, 7, 8, 22].

Эффективность работы современных метеорологических радиолокаторов во многом определяется не только их техническими характеристиками, но и тем математическим обеспечением, которое используется для обработки, анализа и представления в удобной форме потребителю результатов радиолокационных наблюдений, а также достоверностью полученных данных [5].

Для практических целей радиолокационной метеорологии наиболее важной характеристикой осадков является их интенсивность I . Для установления связи между радиолокационной отражаемостью и интенсивностью осадков часто используют упрощенную модель структуры осадков. В наиболее простом случае, когда осадки стационарны и состоят из капель одинаковых размеров при постоянной концентрации, а вертикальные движения воздуха отсутствуют, используется линейная связь между радиолокационной отражаемостью Z и интенсивностью осадков I , которая имеет следующий вид [5, 10, 7, 8]:

$$Z = \alpha I^b. \quad (1)$$

В результате модельных расчётов с использованием распределения частиц осадков по размерам Маршаллом и Пальмером были получены следующие значения коэффициентов в формуле (1): для жидких осадков $\alpha = 200$, $b = 1,6$; для снега $\alpha = 1780$, $b = 221$ [5, 10, 21].

Однако характеристики осадков (интенсивность осадков, спектр размеров дождевых капель, скорость воздушных потоков и т. д.) изменяются во времени и в пространстве в достаточно больших пределах, следствием чего является и изменение эмпирических параметров α и b в соотношении (1). Об этом свидетельствуют многочисленные экспериментальные данные непосредственных одновременных измерений интенсивности осадков и спектров капель. После обработки большого количества экспериментального материала по разным типам осадков оказалось, что вариации α и b настолько велики даже в одной и той же местности, что трудно было указать, какие из этих значений коэффициентов необходимо использовать для каждого конкретного случая. Различие в величине коэффициентов для формулы (1), полученных различными авторами на основе определения эмпирических связей между интенсивностью осадков I и радиолокационной отражаемостью Z путем сопоставления радиолокационных и осадкомерных измерений, показывает большой разброс параметров α и b , связанный с сезонной и региональной изменчивостью микрофизических и других характеристик атмосферных осадков. Вследствие этого одной и той же может соответствовать различная радиолокационная отражаемость Z . Величина коэффициента α может варьировать в пределах от 3,44 до 630, а величина b изменяться от 1,16 до 2,87 [23].

Отмеченная неоднозначность перехода от радиолокационной отражаемости к величине интенсивности осадков делает актуальным при развертывании отечественной радиолокационной сети создание реперных наземных осадкомерных постов, предназначенных для верификации радиолокационной информации как об интенсивности атмосферных осадков, так и об их интегральных характеристиках.

Литература

1. Горбатенко В.П., Слуцкий В.И., Бычкова Л.Н. Метеорологический радиолокатор МРЛ-5: производство наблюдений. Диагноз и прогноз опасных явлений погоды. – Томск: Томский ун-т, 2010. – 120 с.

2. *Serafin R. J., Wilson J. W.* Operational weather radar in the U.S.: progress and opportunity. – COST 75, 1998, p. 35-61
3. *Щукин Г.Г., В.Д. Степаненко, Снегуров А.В.* Перспективные направления радиолокационных наблюдений за атмосферой // Труды ГГО, 2010, вып. 561, с. 223-241.
4. *Колосков Б.П., В.П. Корнеев, В.В. Петров, Б.Г. Данелян, Г.П. Берюлев, Г.Г. Щукин.* Оценка результатов работ по метеозащите крупных городов // Метеорология и гидрология, 2011, № 2, с. 69–73.
5. Автоматизированные метеорологические радиолокационные комплексы «Метеоячейка» / Под ред. Н.В. Бочарникова, А.С. Солонина. – СПб.: Гидрометеиздат, 2007. – 236 с.
6. Метеорологические автоматизированные радиолокационные сети / Коллективная монография ИРАМ. – СПб.: Гидрометеиздат, 2002. – 332 с.
7. Радиолокационные метеорологические наблюдения. Том I: Научно-методические основы / Под ред. А.С. Солонина. – СПб.: Наука, 2010. – 311 с.
8. Радиолокационные метеорологические наблюдения. Т. II: Вопросы практического применения радиолокационной метеорологической информации / Под ред. А.С. Солонина. – СПб.: Наука, 2010. – 517 с.
9. *Шуляцкий А. Б.* Радиолокационное измерение интенсивности и некоторых других характеристик осадков. – М.: Гидрометеиздат, 1960. – 132 с.
10. *Степаненко В. Д.* Радиолокация в метеорологии (радиометеорология). 2-е изд. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – 343 с.
11. *Довиак Р., Зрнич Д.* Доплеровские радиолокаторы и метеорологические наблюдения. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 512 с.
12. *Калинин Н.А.* Исследование атмосферы с помощью импульсных метеорологических радиолокаторов. – Пермь, 2000, с. 103.
13. Руководство по производству наблюдений и применению информации с неавтоматизированных радиолокаторов МРЛ-1, МРЛ-2, МРЛ-5: Руководящий документ Б2.04.320-91. – СПб.: Гидрометеиздат, 1993. – 310 с.
14. *Абшаев М.Т., Бурцев И.И., Ваксенбург С.И., Шевела Г.Ф.* Руководство по применению радиолокаторов МРЛ-4, МРЛ-5 и МРЛ-6 в системе градозащиты / Под ред. О. В. Лапина. – Л.: Гидрометеиздат, 1980. – 230 с.
15. *Вовшин Б.М., Вылегжанин И.С., Жуков В.Ю., Пушков А.А., Щукин Г.Г.* Теория и практика поляризационных измерений в метеорологической радиолокации // Труды V Всеросс. науч. конф. «Радиофизические методы в дистанционном зондировании сред», Муром, 26–28.06.2012, с. 49-54.
16. *Мельничук Ю.В., Губарчук В.Н., Павлюков Ю.Б., Серебряник Н.И.* О перспективе создания системы радиолокационного мониторинга опасных явлений погоды на юге западной Сибири // Актуальные вопросы геологии и географии Сибири. Мат-лы науч. конф., Томск, 1998, т. 4. с. 127-130.
17. *Стасенко В.Н., Мельничук Ю.В., Абшаев М.Т., Шаповалов А.В., Вовшин Б.М., Вылегжанин И.С., Ефремов В.С., Жуков В.Ю., Щукин Г.Г.* Когерентный метеорологический радиолокатор с поляризационной селекцией сигнала для оснащения сети Росгидромета // Труды XXVII Всероссийского симпозиума «Радиолокационное исследование природных сред», вып. 6. Т. 2. – СПб., 2012, с. 212-220.
18. Метеорологические автоматизированные радиолокационные сети / Под ред. Г.Б. Брылева. – СПб.: Гидрометеиздат, 2002. – 331 с.
19. *Кузнецов А.Д.* Текущее прогнозирование на основе цифровой обработки изображений. – СПб.: РГГМИ, 1997. – 167 с.
20. *Корольков А. М.* Восстановление поля осадков по радиолокационным и наземным данным: Автореф. ... канд. геогр. наук. – М.: изд. ООО "Макс Пресс", 2001. – 23 с.
21. *Шуляцкий А.Б.* Радиолокационное измерение интенсивности и некоторых других характеристик осадков. – М.: Гидрометеиздат, 1960. – 132 с.
22. *Боровиков А.М. и др.* Радиолокационные измерения осадков. – Л.: Гидрометеиздат, 1967. – 142 с.
23. *Заболоцкая Т.Н., Мучник В.М.* О связи между радиолокационной отражаемостью и интенсивностью дождя // Труды УкрНИИ. 1967, вып. 67, с. 66-76.

А.Д. Егоров, И.А. Потапова, Ю.Б. Ржонсницкая, Н.А. Саноцкая

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК РАССЕЯНИЯ
ИЗЛУЧЕНИЯ ЧАСТИЦАМИ АТМОСФЕРНОГО АЭРОЗОЛЯ**

A.D. Egorov, I.A. Potapova, Yu.B. Rzhonsnitskaya, N.A. Sanotskaya

**MODELING OF SCATTERING CHARACTERISTICS
OF ATMOSPHERIC AEROSOLS PARTICLES**

Выполнено моделирование рассеивающих свойств аэрозольных частиц. Получено адекватное описание процесса рассеяния с использованием модели неоднородной частицы. Для этой модели могут иметь место существенные ошибки в оптическом определении размеров частиц.

Ключевые слова: атмосферный аэрозоль, рассеяние света частицами, структура, моделирование, адекватное описание.

It was carried out modeling of scattering characteristics of atmospheric aerosols particles. Adequate description of scattering process was obtained using model of inhomogeneous particle. Essential errors can take place in coarse particle optical sizing for this model.

Key words: atmospheric aerosols, light scattering by particles, structure, modeling, adequate description.

Разработка методов лидарного зондирования атмосферы, важных для целей экологического мониторинга, предполагает решение ряда научных проблем, включая задачу интерпретации лидарной информации. Существенно усложняют проблему неопределенность лидарного уравнения, обращение которого лежит в основе интерпретации результатов, и математическая некорректность обратной задачи. Эти особенности негативно сказываются на достоверности определения искомых величин. Для повышения достоверности определения оптических характеристик атмосферного аэрозоля в работах [1, 2, 3] развиты интегральные методы многопозиционного зондирования атмосферы.

В условиях лидарного зондирования слабо рассеивающей атмосферы, зондирования атмосферного аэрозоля, выполняемого на значительных расстояниях от приемопередатчика, возрастает значение случайной и систематической погрешности измерений, в том числе, погрешности из-за неточного знания фоновой засветки, как это показано в работе [2].

В случае неоднородной непрозрачной атмосферы необходимо учитывать конечность длительности зондирующего импульса. Анализ результатов работы [2] показывает, что погрешности искомых величин, связанные с конечностью длительности импульса, находящаяся в данном случае в пределах 10 %. При произвольной длительности зондирующего импульса задача решается методом последовательных приближений.

По оптическим характеристикам можно определить характеристики микроструктуры аэрозольных частиц. В частности, коэффициент ослабления оказался

связанным с концентрацией атмосферного аэрозоля. При этом коэффициент ослабления определялся лидарами, трансмиссометрами, а концентрация частиц – оптическими счетчиками. Однако результаты измерений размеров частиц оптическими счетчиками зависят от рассеивающих свойств частиц, поэтому проблема изменчивости рассеивающих свойств частиц, рассматриваемая в работе, является достаточно интересной как составляющая проблемы интерпретации данных лидарного зондирования.

1. Результаты анализа данных аэрозольных экспериментов

Необходимость параметризации оптико-микроструктурных свойств аэрозольных частиц связана с определением характеристик микроструктуры аэрозоля, в том числе по коэффициенту ослабления частиц. Выполнение такой параметризации осложняется из-за существования различных аэрозольных фракций, найденных в работе [4].

Среди других факторов, усложняющих задачу, можно выделить значительную изменчивость рассеивающих характеристик частиц, не укладывающуюся в рамки теории рассеяния света однородной частицей. В связи с этим осуществляется моделирование рассеивающих свойств атмосферного аэрозоля с учетом данных эксперимента. В процессе выполнения совместных лидарных, трансмиссометрических и фотоэлектрических измерений была установлена корреляция между коэффициентом ослабления и концентрацией частиц. В частности, оказалось, что существует тесная связь между коэффициентом ослабления и интегральной счетной концентрацией частиц. Найденную связь можно использовать для определения содержания аэрозоля в воздухе. Она оказалась стабильной в серии выполненных экспериментов.

Для объяснения экспериментальных фактов рассматривается оптическая модель частиц, основанная на данных выполненных экспериментов, и полученное в них распределение частиц по размерам, т.е. факторы, которыми определяется коэффициент ослабления аэрозоля. При этом учитываются результаты фильтровых измерений, выполненных одновременно с фотоэлектрическими измерениями. Принимается во внимание, что между результатами, найденными фотоэлектрическим и фильтровым методами, имело место удовлетворительное согласие в п. Воейково в условиях замутненной атмосферы, в Репетеке, а также в Абастумани в эксперименте АФАЭКС-79. Важным для обоснования модели является факт существенного различия этих результатов в п. Воейково.

Известно, что в атмосфере наблюдаются частицы, состоящие из ядра и оболочки, обладающие разными оптическими свойствами. Примером могут служить обводненные частицы аэрозоля. Рассмотрим зависимость отношений размеров частиц $D(OC)$, $D(FU)$, найденных, соответственно, оптическим счетчиком ОС и фильтровым устройством ФУ от коэффициента ослабления $\sigma \text{ км}^{-1}$ в п. Воейково, представленную на рис. 1.

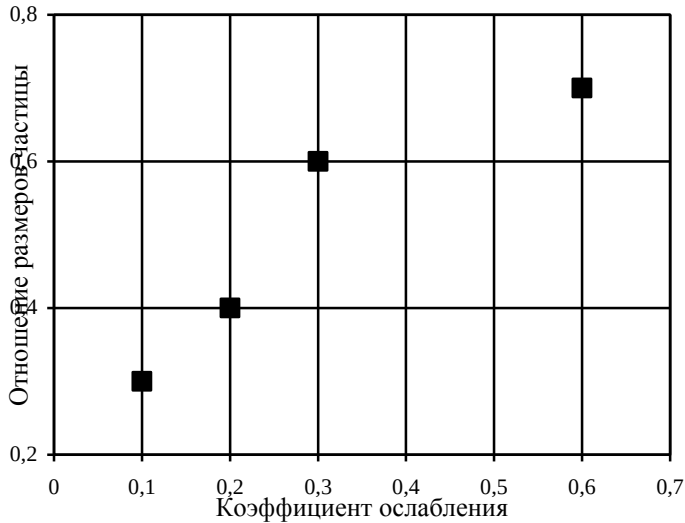


Рис. 1. Результаты сравнительного анализа размеров частиц, измеренных ОС и ФУ

Представленные результаты показывают, что размеры частиц, полученные оптическим счетчиком, меньше размеров частиц, полученных фильтровым аспирационным устройством. Это означает, что индикатриса рассеяния под прямым углом, пропорциональная квадрату размера частицы, у натуральных частиц меньше индикатрисы рассеяния градуировочных частиц, причем различие, достигая в среднем порядка величины, может значительно превышать порядок величины. Следует обратить внимание на то, что этот факт относится, в основном, к частицам грубодисперсной фракции, размеры которых существенно превышают 1 мкм.

2. Результаты моделирования характеристик рассеяния излучения частицей

Для детального анализа данных натуральных измерений рассматривается модель неоднородной частицы с радиально изменяющимся показателем преломления в оболочке, покрывающей однородное ядро. Результаты расчетов для частицы с ядром из сажи, показатель преломления которой $1,82 - 0,64i$, представлены на рис. 2.

Здесь $IR(1)/IR(1,33)$ – относительная индикатриса рассеяния. Угол рассеяния 90° выбран для моделирования процесса рассеяния в фотоэлектрическом счетчике частиц, $IR = I(L)/I(0)$, $L = \rho_1 - \rho_0$ – безразмерная толщина покрытия,

$$IR(1,33): \quad m = (0,98 - 1,28i)/(1 + d) + 0,84 + 0,64i; \quad (1)$$

$$IR(1): \quad m = (1,64 - 1,28i)/(1 + d) + 0,18 + 0,64i, \quad (2)$$

где $d = (\rho - \rho_0)/(\rho_1 - \rho_0)$, $\rho = \rho_0 (1 + 0,01k)$. Величина $(1 + 0,01k)$ представляет собой отношение размера частицы, включая покрытие, к размеру ее ядра. Формула (1) моделирует неоднородное покрытие из сажи с водой. Формула (2) моделирует неоднородное покрытие из сажи без воды. На рис. 2 приведены зависимости величины $IR(1)/IR(1,33)$ от величин ρ_0 , k и хорошо видна область минимумов отношений $IR(1)/I(1,33)$. На рис. 3 представлено значение G величины k , соответствующее минимуму относительной индикатрисы рассеяния при наличии увлажненного покрытия.

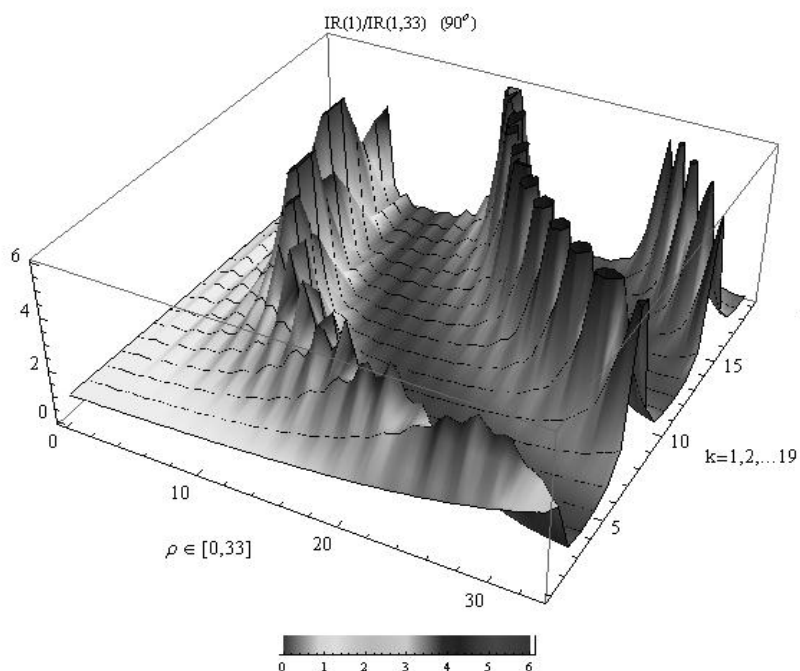


Рис. 2. Зависимость относительной индикатрисы рассеяния от структуры и размера частицы

На рис. 4 представлен минимум относительной индикатрисы рассеяния для разных размеров частиц, факт существования которого негативно сказывается на достоверности результатов оптических измерений аэрозольных характеристик.

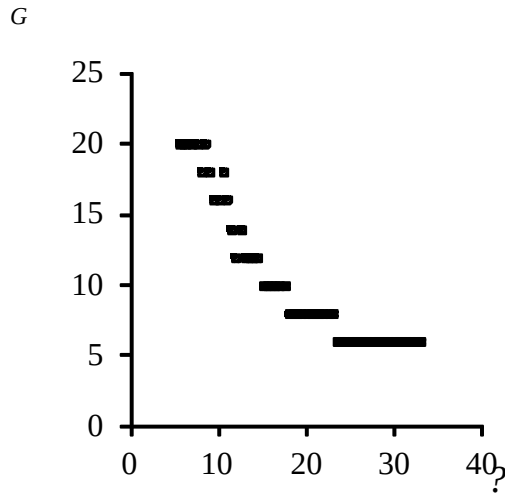


Рис. 3. Значение величины k , соответствующее минимуму индикатрисы

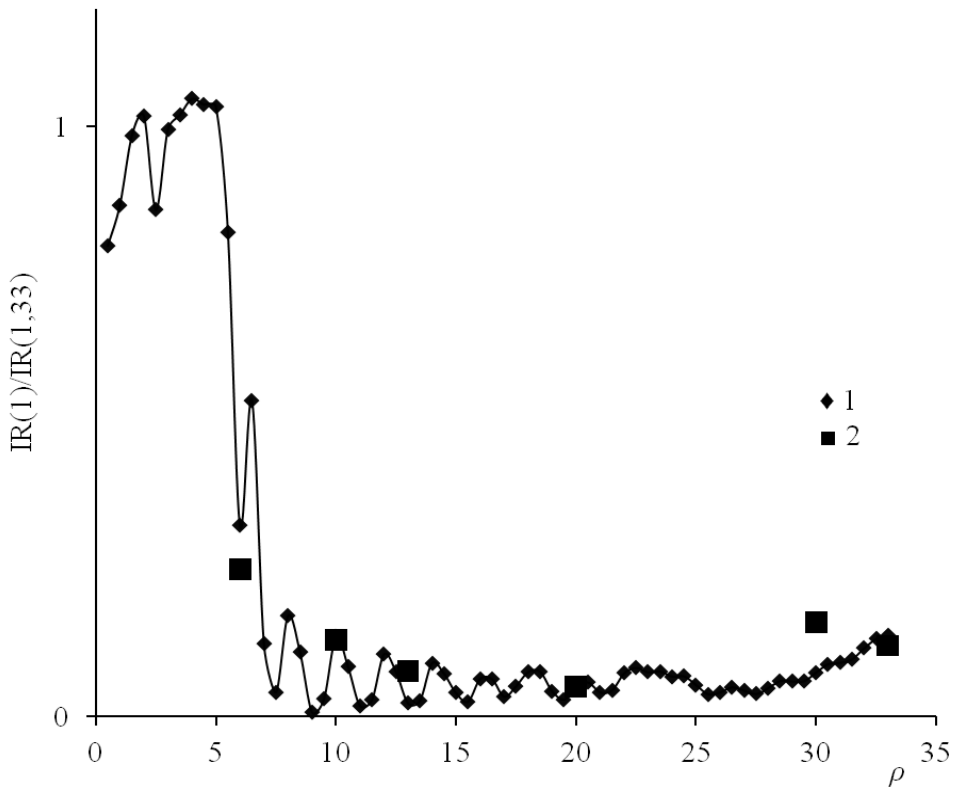


Рис. 4. Минимум относительной индикатрисы рассеяния при наличии увлажненного покрытия. Результаты измерений (1) и расчетов (2)

Приведенные данные согласуются с экспериментальными результатами, показывающими существенное уменьшение индикатрисы рассеяния, которое объясняется структурированностью частицы. Расчеты показывают, что проинтегрированный по углам и при углах рассеяния, меньших 30° , эффект уменьшения индикатрисы рассеяния за счет структурированности частицы выражен значительно слабее.

Таким образом, разработана модель сферически неоднородной рассеивающей частицы, включающей однородное ядро и оболочку с радиально-переменным показателем преломления, отличающаяся диапазоном отношений оболочка/ядро, что позволило достаточно адекватно описать данные эксперимента.

Заключение

Для целей определения микроструктурных характеристик по результатам оптических измерений разработана модель сферически неоднородной рассеивающей частицы, включающей однородное ядро и оболочку с радиально-переменным показателем преломления, отличающаяся диапазоном отношений оболочка/ядро, адекватно описывающая данные эксперимента. Установлено слабое влияние структурированности малых частиц на их рассеивающие свойства, что повышает точность оптических измерений их микроструктурных характеристик.

Литература

1. Егров А.Д., Потапова И.А., Ржонсницкая Ю.Б., Саноцкая Н.А. Определение оптических и микроструктурных характеристик атмосферного аэрозоля // Уч. зап. РГГМУ, 2009, № 11, с. 71-79.
2. Egorov, A.D., Potapova, I.A., Rzhonsnitskaya, Yu.B. Atmospheric aerosols measurements and reliability problem/ International Journal of Remote Sensing, 2008, 29, p. 2449-2468.
3. Egorov, A.D., Potapova, I.A., Rzhonsnitskaya, Yu.B. The treatment of low-power lidar signals // J. Opt. Technol., 2007, 74, 665-668.
4. Whitby, K.T. (1978). The Physical Characteristics of Sulfur Aerosols // Atmos. Environ. Vol. 12, p. 135-159.

Работа выполнена в рамках мероприятия 1.2.2 Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы (государственный контракт № П1037 от 31 мая 2010 г.) по направлению «Физика атмосферы».

М.Д. Геня, А.Д. Кузнецов, И.Н. Мельникова, Ч. Гатебе

**РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАБОТКИ САМОЛЕТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ
ИНТЕНСИВНОСТИ РАССЕЯННОЙ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ
В ОБЛАЧНОЙ АТМОСФЕРЕ**

M.J. Genya, A.D. Kuznetsov, I.N. Melnikova, Ch. Gatebe

**RESULTS OF PROCESSING AIRBORNE OBSERVATION OF
SCATTERED SOLAR RADIATION IN CLOUDY ATMOSPHERE**

В работе рассматриваются результаты решения обратной задачи на основе самолетных измерений США (НАСА) с учетом погрешностей измерений и восстановления параметров. В данной работе анализируется влияние погрешностей измерений, расчета угловых функций и решения обратной задачи на точность результатов и выполняется регуляризация решения.

Ключевые слова: солнечная радиация, интенсивность рассеянной радиации, погрешности измерений, обратная задача, регуляризация решения, оптические параметры облака.

Results of the inverse problem solution on the base of airborne radiative observation (NASA, USA and SPbSU, Russia) are considered. Here observational and processing uncertainties are taken into account for result regularization.

Key words: solar radiation, intensity, radiation field, inverse problem, cloud optical parameters, regularization of solution.

Введение

Получены результаты обработки данных измерений (оптическая толщина и альбедо однократного рассеяния), выполненных в самолетных экспериментах NASA, Goddard Space Flight Center в облачной атмосфере в соответствии с алгоритмом решения обратных задач оптики облаков, предложенным ранее [8, 14]. В статье описываются экспериментальные данные, использованные для решения обратной задачи, и кратко изложен аналитический метод решения обратной задачи оптики облаков. В статье приведены основные формулы для обработки экспериментальных данных, полученных из измерений над, под облачным слоем и внутри него [10, 21, 22], и полученные результаты. Представленный метод можно считать наиболее успешным и обеспечивающим результат адекватный реальной природе, так как он не требует априорных ограничений и наложения связей на искомые параметры, в отличие от методов, применявшихся другими авторами [1, 11, 12, 22].

Большое внимание уделено анализу влияния погрешностей измерений и восстановления параметров на полученные результаты. В конце статьи проводится сравнение оптических параметров, полученных в самолетных радиационных измерениях НАСА и России. Представлены также результаты расчетов коротковолнового лучистого притока, скорости нагревания облачного слоя атмосферы и оценка водозапаса слоя облаков.

Данные наблюдений

Рассматриваемые данные NASA получены с помощью прибора Cloud Absorption Radiometer (CAR) [3, 4] над, под и внутри облачного слоя в рамках программы «Южно-африканская региональная научная инициатива 2000» 13 сентября 2000 г., у побережья Южной Африки на широте $20,0\text{--}21,7^\circ$ с.ш. и долготе $13,0\text{--}13,7^\circ$ в.д. (рис. 1, а). Высота полета менялась в диапазоне от 354 до 1170 м, как показано на рис. 1, б. При этом высота уровней полета под облачным слоем была от 343 до 404 м, внутри облака 405–790 м и над облаком 800–1178 м. Геометрическая толщина слоя облаков составила 400 м. Радиационный эксперимент длился 1 ч, среднее значение зенитного угла солнца $\theta_0 = 37,6^\circ$ ($\mu_0 = \cos\theta_0$).

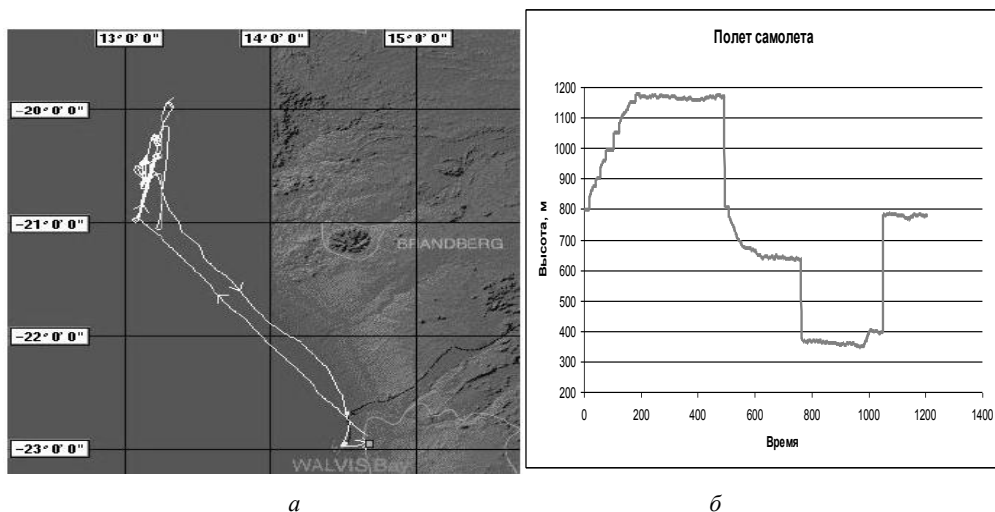


Рис. 1. Самолетный эксперимент 13.09.2000 с прибором CAR:

а – карта полета, б – схема полета

Радиометр CAR измерял интенсивность рассеянной солнечной радиации в зенитных углах визирования θ_i от зенита ($\theta_1 = 0^\circ$) до надира ($\theta_{180} = 180^\circ$) с шагом 1° в 8-ми спектральных каналах: 340; 381; 472; 682; 870; 1,035; 1,219; 1,273 нм. Запись данных в одном спектральном канале во всех углах визирования и на всех уровнях по высоте соответствует одному файлу данных.

Файл состоит из сканов. Один скан содержит географические координаты места наблюдения, местное время, зенитный угол солнца, азимутальный угол визирования относительно солнца, высоту наблюдения и 182 значения излучения I_i рассеянной солнечной радиации в относительных единицах потока от солнца на верхней границе атмосферы в зенитных углах визирования θ_i , показанные на рис. 2 для двух спектральных каналов. Таким образом, восходящая и нисхо-

дящая интенсивности измерены в 90 направлениях визирования. При обработке выбиралось по 70 направлений от надира и зенита, чтобы удовлетворить принятой модели плоского слоя. Параметры прибора CAR представлены в табл. 1.

Таблица 1

Параметры прибора CAR и спецификация интегрирующих сферических источников, применяемых для калибровки

Диапазон углового сканирования	190°
Мгновенное поле зрения	17,5 мрад (1°)
Количество пикселей в скане	382
Скорость сканирования	1,67 скан/с
Спектральные каналы, мкм (ширина)	14 каналов: 0,340 (0,009), 0,381 (0,006), 0,472 (0,021), 0,682 (0,022), 0,870 (0,022), 1,036 (0,022), 1,219 (0,022), 1,273 (0,023), 1,556 (0,032), 1,656 (0,045), 1,737 (0,040), 2,103 (0,044), 2,205 (0,042), 2,302 (0,043)
Выходные каналы	9 каналов по 16 бит
Скорость регистрации данных	61,85 Мбит/ч
Вес прибора	42 кг
Радиометрическая калибровка	Интегральные по спектру источники: Hardy: диаметр 1,83 м, спектральный диапазон 0,4–2,3 мкм, внутреннее покрытие BaSO ₄ , число ламп 16 по 200 Вт/лампа, ток 6,51 А, стабильность <0,05 %. Slick: диаметр 1,22 м, спектральный диапазон 0,4–2,3 мкм, внутреннее покрытие спектралон, число ламп 16 по 45 Вт/лампа, ток 6,60 А, стабильность <0,03 %. Uncle: диаметр 0,51 м, спектральный диапазон 0,23–0,40 мкм, внутреннее покрытие BaSO ₄ , число ламп 4 по 150 Вт/лампа, ток 6,60 А, стабильность <0,03 %

Измерения внутри облака были произведены довольно близко к верхней границе облачности (высота уровней измерений от 800 до 600 м), где не установился, так называемый, диффузный режим поля радиации, что видно на рис. 2 по явно выраженным максимумам в солнечном ореоле на уровнях измерений внутри облачного слоя. Тем не менее, сделана попытка восстановления оптических параметров из измерений внутри облака для направлений визирования, близких к надиру и зениту, которая оказалась успешной для большинства подслоев между уровнями измерений.

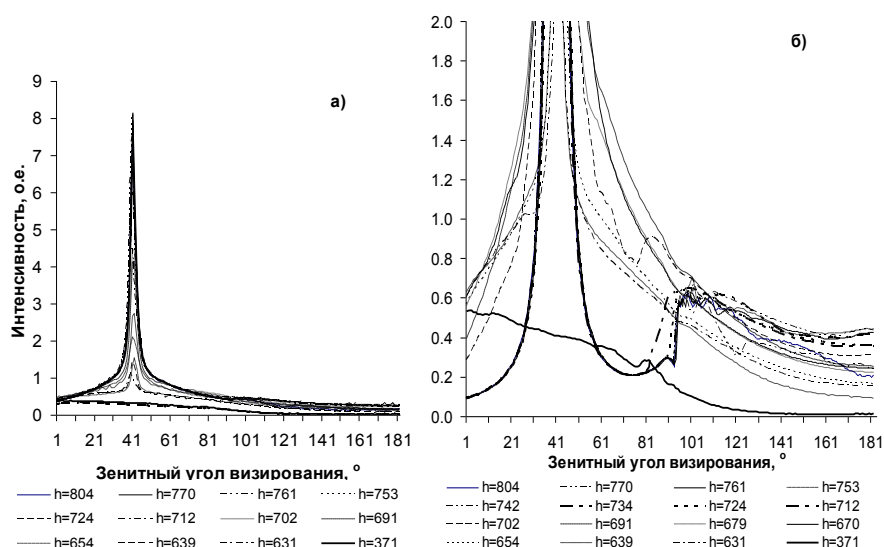


Рис. 2. Угловые зависимости интенсивности рассеянного солнечного излучения в относительных единицах над облаком, внутри и под облаком в спектральных каналах: а – 342 нм и б – 1273 нм. Внизу на рисунках указаны высоты уровней измерений

Погрешности измерений

Прибор CAR был тщательно калиброван по эталонным источникам яркости с использованием интегрирующих сферических систем [10]. Зависимости погрешностей прибора от угла визирования в лабораторных условиях не обнаружено. В работе [21] представлен анализ точности прибора CAR по сравнению с прибором MODIS при исследовании подстилающей поверхности. Результаты этого анализа характеризуют погрешности наблюдения подстилающей поверхности, но они показывают наличие влияния угла визирования на погрешность измерений прибором CAR с борта самолета.

Дело в том, что в условиях полета положение самолета определяется углами крена, тангажа и рыскания. Даже при стабильном полете эти углы подвержены случайным вариациям, что и определяет случайные погрешности измерения интенсивности рассеянной радиации в зависимости от направления визирования. Эти погрешности мы смогли оценить благодаря регистрации на каждой высоте полета по несколько сканов (от 4 до 10). В алгоритме обработки рассчитывалось среднее квадратичное значение интенсивности для каждого направления визирования по всем имеющимся сканам на данной высоте, затем вычислялись средние квадратичные отклонения от среднего значения, которые и принимались за случайные ошибки измерения интенсивности. Таким же образом оценивались средние отклонения значений зенитного угла солнца и угла азимута визирования. Подобная процедура проводилась на каждой высоте измерений, которые участвовали в дальнейшей обработке.

На рис. 3 показаны зависимости погрешностей измерения интенсивности от угла визирования по измерениям отраженной радиации над облаком (top) и пропущенной радиации под облаком (base).



Рис. 3
top

Занам:
OM

Метод обработки экспериментальных данных

Ранее ряд авторов (например, [11, 12, 22]) предлагали разные подходы для получения оптических параметров облака (оптической толщины τ_0 , альbedo однократного рассеяния α_0 , коэффициентов рассеяния α и поглощения κ). Однако эти подходы (как и многие другие, здесь не упомянутые) предполагали значительные ограничения на восстанавливаемые искомые параметры: полубесконечную оптическую толщину, равенство альbedo однократного рассеяния единице (консервативное рассеяние), отсутствие спектральной зависимости оптической толщины и др., и восстанавливали только один оптический параметр (или оптическую толщину, или альbedo однократного рассеяния). Здесь использован метод, подробно описанный в работах [3, 15–18], который не ставит таких ограничений, позволяет получить оба оптических параметра для каждой длины волны независимо и уже был применен к данным спутниковых и наземных наблюдений интенсивности и самолетных измерений потоков отраженной и пропущенной солнечной радиации. В настоящей статье для решения задачи используются данные измерений на верхней и нижней границах облака отдельно и совместно, а также данные измерений внутри облака. Алгоритм решения задачи представлен в работах [4, 7, 19]. Непосредственно определяются из измерений следующие оптические параметры облака: $s^2 = (1 - \alpha_0) / [3(1 - g)]$ — параметр подобия и $\tau' = 3(1 - g)\tau_0$ — приведенная оптическая толщина [15–17]. С учетом геометрической толщины всего облака или толщины подслоев между уровнями измерений легко перейти к объемным коэффициентам рассеяния $\alpha = \tau_0 / \Delta z$ и поглощения $\kappa = s^2 \tau / \Delta z$.

1. *Измеренные над облаком* многоугловые данные отраженной радиации на верхней границе облака дают интенсивность в относительных единицах ρ_i в углах визирования $\theta_i = \arccos \mu_i$. Рассматривается отношение двух разностей $[\rho_\infty(\mu_1, \mu_0, \varphi) - \rho_1] / [\rho_\infty(\mu_2, \mu_0, \varphi) - \rho_2]$, где ρ_1 и ρ_2 – наблюдаемые интенсивности в двух углах визирования $\arccos \mu_1$, $\arccos \mu_2$ и $\rho_\infty(\mu_i, \mu_0, \varphi)$ – коэффициент отражения полубесконечной консервативной атмосферы ($\tau_0 = \infty$, $\alpha_0 = 1$), который может быть рассчитан с использованием аппроксимаций [20]. После алгебраических преобразований были получены выражения для параметра подобия [16] и приведенной оптической толщины [11]:

$$s^2 = \frac{[\rho_0(\varphi, \mu_1, \mu_0) - \rho_1]K_0(\mu_2) - [\rho_0(\varphi, \mu_2, \mu_0) - \rho_2]K_0(\mu_1)}{[\rho_0(\varphi, \mu_2, \mu_0) - \rho_2]K_0(\mu_1) \left(\frac{K_2(\mu_1)}{K_0(\mu_1)} - \frac{K_2(\mu_2)}{K_0(\mu_2)} \right) - \frac{1,91a_2(\mu_0)K_0(\mu_1)K_0(\mu_2)}{2q'(1+g)}[\mu_1 - \mu_2]},$$

$$\tau' = (2s)^{-1} \ln \left\{ \frac{m\bar{l}K(\mu_1)K(\mu_0)}{\rho_\infty(\varphi, \mu_1, \mu_0) - \rho_1} + \bar{l} \right\}, \quad (1)$$

где $q' = 0,714$; константы m и l определяются свойствами рассматриваемой среды и рассчитываются по известным формулам [3, 15–18] после определения параметра s ; $K(\mu)$, $K_0(\mu)$ и $K_2(\mu)$ – функция выхода и коэффициенты ее разложения по малому параметру s ; $\alpha_2(\mu)$ – это второй коэффициент в разложении функции плоское альбедо. Вид этих функций известен и значения для известных углов солнца и визирования можно найти в таблицах или рассчитать по аппроксимационным формулам [20].

2. *Наблюдения под облаком*. Аналогичные выражения для случая многоугловых данных пропущенной интенсивности солнечной радиации под облаком получены в работе [16]:

$$s^2 = \left[\frac{\sigma_1 \bar{K}_0(\mu_2)}{\sigma_2 \bar{K}_0(\mu_1)} - 1 \right] \frac{1}{\frac{\bar{K}_2(\mu_1)}{\bar{K}_0(\mu_1)} - \frac{\bar{K}_2(\mu_2)}{\bar{K}_0(\mu_2)}},$$

$$\tau' = s^{-1} \ln \left[\frac{\sqrt{\bar{l} + r^2} + r}{\bar{l}} \right], \quad r = \frac{m\bar{K}(\mu_{1,2})K(\mu_0)}{2\sigma(\tau, \mu_{1,2}, \mu_0)}. \quad (2)$$

Черта сверху над обозначением функции $\bar{K}(\mu)$ и величины $\bar{l}$ указывает на учет альбедо подстилающей поверхности A .

3. *Совместные наблюдения над и под облаком*. Результаты совместных наблюдений над и под облаком также дают возможность получить s и τ' [4]:

$$s^2 = \frac{\bar{K}_0(\mu)^2(\rho_0 - \rho)^2 - K_0(\mu)^2\sigma^2}{\bar{K}_0(\mu)^2 \left[16K_0^2(\mu)K_0^2(\mu_0)s^2 - \frac{a_2(\mu)a_2(\mu_0)}{6q'}(\rho_0 - \rho) + (\rho_0 - \rho)^2 \left(2\frac{K_2(\mu)}{K_0(\mu)} - 9q'^2 \right) \right] - \sigma^2 K_0^2(\mu)G},$$

$$G = 27\bar{q}'^2 + \frac{2}{\bar{K}_0(\mu)} \left[\frac{A}{1-A} \left(12\bar{K}_0(\mu)\bar{q}' + 12q' \frac{A}{1-A} + a_2(\mu) + n_2 \right) + \bar{K}_2(\mu) \right],$$

$$\tau' = 3(1-g)\tau = \frac{1}{2s} \ln \left\{ I^2 \left(1 + \frac{2K_0(\mu)K_0(\mu_0)s(4-9s^2)}{(\rho_\infty - \rho)} \right) \left(1 - \frac{8As}{1-Aa^\infty} \right) \right\}. \quad (3)$$

Анализ области применимости используемого метода и формулы для погрешностей, которые используются для выполнения регуляризации полученных результатов, детально рассмотрены в [4, 7].

Надо отметить, что при учете альбедо подстилающей поверхности A возникает трудность получить его величину из измерений. Альбедо определено в терминах потоков, в нашем случае наблюдения включают в себя интенсивности радиации. Однако ранее было получено соотношение $A = I(48^\circ)/I(132^\circ)$ [19], которое используется здесь для определения альбедо подстилающей поверхности из измерений. При этом используются измерения, выполненные под облаком. Рассчитывается среднее значение альбедо по всем сканам на выбранной высоте 370 м, и оценивается среднее квадратичное отклонение определения альбедо поверхности. В табл. 2 представлены полученные значения альбедо и СКО в разных спектральных каналах.

Таблица 2

Значения альбедо подстилающей поверхности и СКО,
полученные из измерений прибором CAR

λ , мкм	0,340	0,381	0,472	0,682	0,870	1,035	1,219	1,273
A_s	0,0674	0,0706	0,0511	0,0464	0,0437	0,0422	0,0409	0,0441
СКО	0,0036	0,015	0,0012	0,0012	0,0012	0,0012	0,0010	0,0012

Приведем формулы для определения оптических параметров из измерений внутри облака.

Для верхнего подслоя, примыкающего к верхней границе:

$$s^2 = \frac{9\mu^2(\rho_0 - \rho)^2 - 4J_1^2 K_0^2(\mu)}{9\mu^2 \left\{ 16K_0^2(\mu_0)K_0^2(\mu) + (\rho_0 - \rho)^2 \left(2\frac{K_2(\mu)}{K_0(\mu)} - \frac{a_2(\mu_0)a_2(\mu)}{6q'(\rho_0 - \rho)} - 9q'^2 - 9\mu^2 \left(1 - \frac{4I_1^\uparrow I_1^\downarrow}{J_1^2} \right) \right) \right\}},$$

$$\tau' = 3\tau(1-g) = \frac{1}{2s} \ln \left[I \frac{\left[I_1^\downarrow(1-6\mu s + 18\mu^2 s^2) - I_1^\uparrow \right] (\rho^\infty - \rho) + 4K_0(\mu_0)K_0(\mu)s + \frac{a_2(\mu_0)a_2(\mu)}{12q'} s^2}{\left[I_1^\downarrow - (1-6\mu s + 18\mu^2 s^2)I_1^\uparrow \right] (\rho^\infty - \rho) - 4K_0(\mu_0)K_0(\mu)s + \frac{a_2(\mu_0)a_2(\mu)}{12q'} s^2} \right]. \quad (4)$$

Обозначая $J_i = I_i^\downarrow - I_i^\uparrow$, имеем для внутренних подслоев облака:

$$s^2 = \frac{(J^2(\tau_i) - J^2(\tau_{i-1}))J^2(\tau_i)J^2(\tau_{i-1})}{36\mu^2[J^2(\tau_{i-1})I(\mu, \tau_i)I(-\mu, \tau_i) - J^2(\tau_i)I(\mu, \tau_{i-1})I(-\mu, \tau_{i-1})]},$$

$$\tau'_i - \tau'_{i-1} = 3(\tau_i - \tau_{i-1})(1-g) =$$

$$= \frac{1}{2s} \ln \left[\frac{[J(\tau_{i-1}) - 6I(\mu, \tau_{i-1})\mu s(1-3\mu s)]}{[J(\tau_{i-1}) + 6I(-\mu, \tau_{i-1})\mu s(1-3\mu s)]} \right] + \frac{1}{2s} \ln \left[\frac{[J(\tau_i) + 6I(-\mu, \tau_i)\mu s(1-3\mu s)]}{[J(\tau_i) - 6I(\mu, \tau_i)\mu s(1-3\mu s)]} \right]. \quad (5)$$

Для нижнего подслоя, примыкающего к нижней границе:

$$s^2 = \frac{9\mu^2\sigma^2 - 4\bar{K}_0^2(\mu)J_{n-1}^2}{9\mu^2\sigma^2 \left\{ 27q'^2 + \frac{2}{\bar{K}_0(\mu)} \left[\frac{A}{1-A} \left(a_2(\mu) + n_2 + 12 \left(\bar{K}_0(\mu)\bar{q}' + \frac{q'A}{1-A} \right) \right) + K_2(\mu) \right] \right\} - 9\mu^2J_{n-1}^2(I_{n-1}^\downarrow + I_{n-1}^\uparrow)^2},$$

$$\tau'_n - \tau'_{n-1} = 3(\tau_n - \tau_{n-1})(1-g) = \frac{1}{2s} \ln \left[\frac{2}{3\mu\sigma} \frac{I_{n-1}^\downarrow - I_{n-1}^\uparrow(1-6\mu \cdot s + 18\mu^2s^2)}{1-3\mu s + 9\mu^2s^2} \right] +$$

$$+ \ln \left[K_0(\mu)(1-3q's) + K_2(\mu)s^2 + \frac{A}{1-A} (1-3q's + n_2s^2)(1-4K_0(\mu)s + a_2(\mu)s^2) \right]. \quad (6)$$

Аналитическое представление решения обратной задачи позволяет получить формулы для погрешностей, вызванных предложенной процедурой обработки данных [4,7]. Они весьма громоздки, и приводить их здесь не будем. Погрешности, рассчитанные по этим формулам, используются для регуляризации окончательных результатов в алгоритме программы.

Учет горизонтальной неоднородности облачного слоя

Горизонтальная неоднородность верхней границы облака приводит к увеличению доли диффузной радиации, освещающей облако, которую необходимо учитывать при вычислении функций, определяющих геометрию задачи $K(\mu)$, $K(\mu_0)$, $\alpha_2(\mu)$, $\alpha_2(\mu_0)$, $\rho_0(\mu, \mu_0)$ [19]:

$$\rho(\mu, \mu_0) = \rho(\mu, \mu_0)(1-r) + ra(\mu),$$

$$K(\mu_0) = K(\mu_0)(1-r) + rn,$$

$$a(\mu_0) = a(\mu_0)(1-r) + r\alpha^\infty, \quad (7)$$

где сферическое альbedo α^∞ , плоское альbedo $\alpha(\mu_0)$ и величина n определяются как средневзвешенные по косинусу угла визирования μ , величины соответствующих функций.

Для определения параметра горизонтальной неоднородности верхней границы облака r рассчитывается оптическая толщина в предположении консервативного рассеяния, что предусмотрено в алгоритме обработки данных. Параметр неоднородности вычисляется по формуле

$$r = \frac{1}{N\bar{\tau}} \sqrt{\sum_{i=1}^N |\tau_i - \bar{\tau}|^2}, \quad (8)$$

где N – число рассматриваемых направлений визирования, а оптическая толщина получена в предположении консервативного рассеяния на первом этапе обработки. Среднее по углам визирования значение консервативной оптической толщины и параметр r приведены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты определения оптических параметров облака
из самолетных радиационных наблюдений над и под облаком

λ , мкм	0,340	0,381	0,472	0,682	0,870	1,035	1,219	1,273
τ Conserv	Base	28,0	18,2	21,84	13,0	11,1	11,7	13,9
	Top	9,8	11,7	16,4	22,3	23,8	36,5	20,0
	Top+Base	13,2	11,3	16,1	28,9	14,1	18,44	13,8
τ	Base	41,9	33,9	34,0	29,6	25,4	27,4	21,1
	Top	10,0	11,9	16,8	23,3	25,2	10,30	5,62
	Top+Base	24,6	28,2	29,7	26,5	16,6	18,8	24,0
MSD τ		0,002	0,003	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
σ , км ⁻¹	Base	104,8	84,6	85,0	72,29	63,6	68,5	67,0
	Top	25,2	29,7	42,0	58,3	63,0	91,2	52,7
	Top+Base	61,5	70,5	74,2	66,3	41,5	47,0	60,0
r	Base	0,067	0,064	0,066	0,063	0,053	0,061	0,053
	Top	0,009	0,01	0,004	0,006	0,007	0,012	0,010
	Top+Base	0,0150	0,015	0,015	0,017	0,022	0,060	0,0155
ω_0	Base	0,996964	0,996529	0,996435	0,996194	0,996004	0,995422	0,995393
	Top	0,999796	0,999733	0,999718	0,999670	0,999624	0,999632	0,999621
	Top+Base	0,970319	0,989642	0,996325	0,99649	0,99786	0,99683	0,999555
$1 - \omega_0$	Base	0,003036	0,003581	0,003565	0,003806	0,003996	0,004578	0,004607
	Top	0,000264	0,000267	0,000282	0,000330	0,000376	0,000368	0,000379
	Top+Base	0,029681	0,010358	0,003675	0,00361	0,00214	0,33134	0,000445
κ , км ⁻¹	Base	0,3182	0,3031	0,3029	0,2813	0,2541	0,3135	0,3086
	Top	0,0066	0,0079	0,0118	0,0192	0,0240	0,0336	0,0200
	Top+Base	0,9813	0,2931	0,2726	0,1687	0,0937	0,1196	0,0267
MSD ω		0,0008	0,009	0,004	0,004	0,004	0,004	0,006

Регуляризация решения

Напомним, что в эксперименте измеряются интенсивности рассеянной солнечной радиации. Поэтому, как уже было сказано выше, случайные вариации углов, определяющих полет самолета, влияют на погрешности измерений и провоцируют угловую зависимость погрешностей. Вычисление этих погрешностей облегчается 6–10-кратным повторением регистрации сканов на каждом

уровне измерений. На рис. 3 представлены СКО интенсивности, измеренной на высоте 800 м над облаком (top) и 370 м под облаком (base). Полученные погрешности были использованы при проведении регуляризации результатов с учетом неравноточности процедуры измерения и восстановления по вышеприведенным формулам. При этом применялась формула [2]:

$$x = \frac{\sum_i x_i \frac{1}{(\Delta x_i)^2}}{\sum_i \frac{1}{(\Delta x_i)^2}}, \quad (9)$$

где x_i – искомый параметр для i -го значения угла визирования; Δx_i – рассчитываются по формулам для косвенных погрешностей, получаемым на основе соответствующих формул для восстановления искомого параметра.

На рис. 4 показаны нерегуляризованные результаты восстановления оптической толщины и параметра s^2 в зависимости от угла визирования.

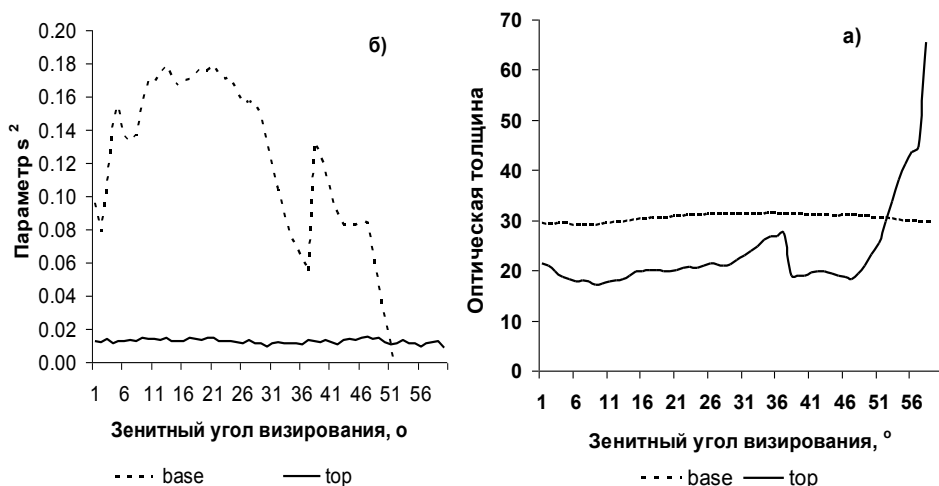


Рис. 4. Оптические параметры, восстановленные для разных углов визирования: *а* – оптическая толщина, *б* – параметр подобия s^2 ; top – полученные из измерений над облаком, base – из измерений под облаком

Видно, что только оптическая толщина, восстановленная из измерений под облаком (рис. 4, *а*, base) практически не зависит от угла визирования (как и должно быть в идеальном случае). Регуляризация в данном примере дает для параметра s^2 значения 0,011652, в то время как простое усреднение без учета зависимости погрешностей от угла визирования приводит к значению 0,013034. Разница оказывается довольно существенной: соответствующие величины доли поглощенной радиации (лучистого притока) в слое оцениваются как 0,217 и 0,237.

Полученные результаты

Два параметра (параметр подобия s^2 и приведенная оптическая толщина τ') для всего облака в целом восстановлены с применением вышеприведенных формул для наблюдений над облаком (top) на высоте 800 км, под облаком (base) на высоте 370 км и для совместных данных (top+base). В случаях обработки измерений над или под облаком в отдельности значения s^2 находятся последовательным перебором всех возможных пар измерений интенсивности радиации в двух углах визирования. Анализируются данные измерений в диапазоне зенитных (для пропущенной радиации) и надирных (для отраженной радиации) углов визирования от 0 до 70°. Более близкие к горизонту значения углов визирования не рассматриваются из-за увеличения погрешностей применения модели плоского слоя. В процессе обработки рассматриваются только те пары углов визирования, которые отвечают требованиям близости значений оптической толщины, определенной в приближении консервативного рассеяния (с точностью 0,5 %) и отклонения косинусов углов визирования в паре на 0,1. Несмотря на ограничения, количество пар очень большое для 70 направлений, поэтому применена случайная выборка из пар, обеспечивающая наименьшую погрешность. Далее полученные значения искоемых параметров усредняются по всем рассматриваемым парам с весом, равным обратной величине погрешности восстановления для регуляризации решения. В алгоритме обработки предусмотрена оценка среднеквадратических отклонений (СКО) результатов. Полученные результаты представлены в табл. 2.

Следует отметить некорректность предположения о консервативности рассеяния света в коротковолновом диапазоне при определении оптической толщины, которое часто используется в коротковолновой области спектра для облака другими авторами [11, 12, 22], очевидную при сравнении значений τ , полученными без (консервативное рассеяния) и с учетом поглощения света в облаке.

Для получения альбедо однократного рассеяния α_0 , оптической толщины τ_0 и коэффициента рассеяния α спектральные значения параметра асимметрии g были приняты согласно [6, 23].

На рис. 5 представлены вертикальные профили оптической толщины и альбедо однократного рассеяния для всех 8-ми спектральных каналов, указанных на рисунке, полученные из анализа данных внутри облака. Надо иметь в виду, что погрешности этих результатов больше, чем при обработке данных, измеренных над или под облаком, вследствие того, что измерения проводились слишком близко к верхней границе облака. С одной стороны, сильные вариации восстановленных величин связаны со значительными погрешностями восстановления, с другой стороны, они в основном повторяются на всех длинах волн, что может указывать на реальную неоднородность облака по вертикали. Окон-

чительно можно заключить, что, по-видимому, необходимо провести некоторую процедуру сглаживания по высоте, которая будет разработана в дальнейших исследованиях.

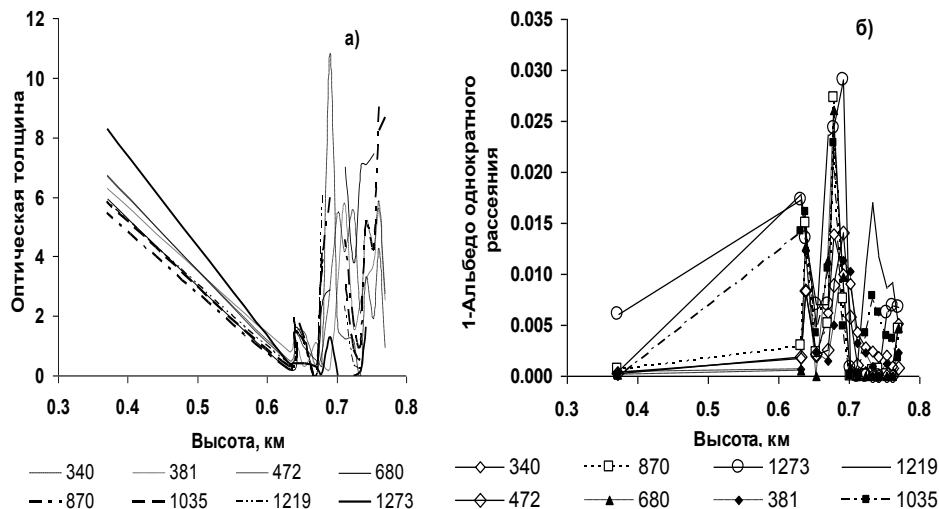


Рис. 5. Вертикальный профиль: а – оптической толщины; б – 1-альбеда однократного рассеяния для 8 спектральных каналов (указаны на рисунке)

Анализ полученных оптических параметров облака

Для коэффициента объемного поглощения имеем простое соотношение $\kappa = s^2 \tau' / \Delta z$, где Δz – это геометрическая толщина между уровнями наблюдения, параметр индикатрисы рассеяния не требуется для получения значения κ . Объемный коэффициент рассеяния определяется выражением $\alpha = \tau'(3 - 3g) / \Delta z - \kappa$ и необходимо задать параметр индикатрисы [6, 23].

Видно, что полученные значения оптической толщины и альбеда однократного рассеяния различаются при обработке данных над облаком и под облаком, что с одной стороны, отражает вертикальную неоднородность облачного слоя, но с другой стороны – влияние погрешности измерений. Над облаком сильнее влияет неоднородность верхней границы облачного слоя, а под облаком больше сказывается болтанка самолета. Заметим, что результаты обработки самолетных измерений NASA выявили явную спектральную зависимость коэффициента рассеяния и оптической толщины, которые отмечались по результатам обработки измерений другими приборами и методами [3, 15–18].

На рис. 6, а показана спектральная зависимость оптической толщины, полученная из российских самолетных спектральных измерений, выполненных в 1974 г. в рамках международной научной программы GATE [13] в слоистых облаках над Атлантикой у берегов Северо-Западной Африки (сплошные и пунктирные линии) [9] и результаты, полученные из наблюдений НАСА (тре-

угольники). Видно хорошее согласие значений, и спектральной зависимости результатов, полученных из измерений разных радиационных характеристик, проведенных в разное время и разными приборами.

На рис. 6, б представлены спектральные значения величины единица минус альbedo однократного рассеяния ($1 - \alpha_0$), полученные в результате обработки данных упомянутых выше российских экспериментов. Следует упомянуть, что наблюдения по программе GATE проводились после сильного выноса песка из Сахары в результате пыльной бури [13], поэтому поглощение в облаке в 2 раза больше, чем в случае наблюдений НАСА в 2000 г.

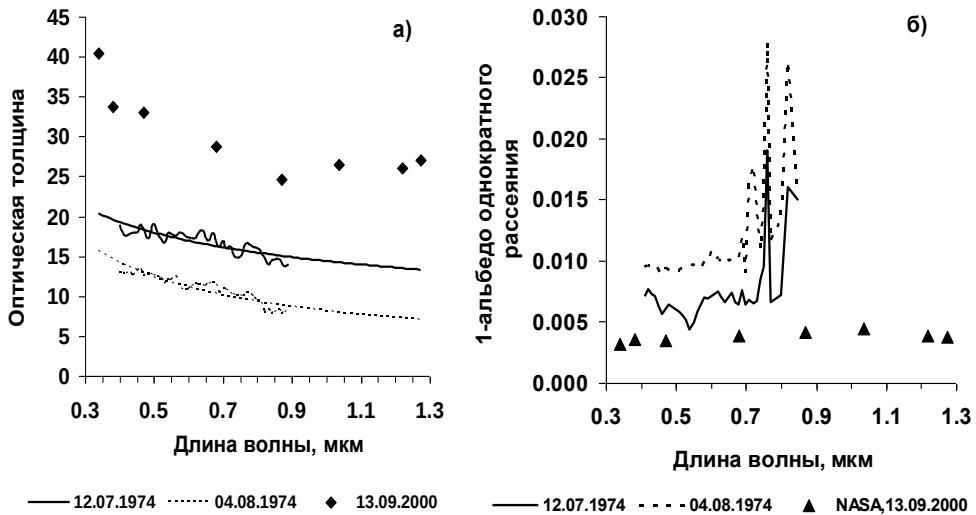


Рис. 6. Спектральные значения: а – оптической толщины и б – величины 1-альbedo однократного рассеяния слоистого облака, полученных из самолетных измерений у западного берега Африки: а – Северо-запад 1974 г. и б – Юго-запад 2000 г.

Другие характеристики облака

Альbedo подстилающей поверхности представлено на рис. 7, а вместе с результатами, полученными в эксперименте по программе GATE-1974 и измерениями над Ладожским озером в 1985 г. [15, 17] над водной поверхностью. Подчеркнем, что в УФ интервале все представленные результаты демонстрируют влияние подоблачного слоя атмосферы в УФ области, связанное с релеевским рассеянием. Спектральная зависимость в случае GATE-1974 указывает на влияние подоблачного слоя атмосферы также и в полосе поглощения кислорода 0,762 мкм.

Измерения над океаном и в 1974, и в 2000 гг. выполнялись на высоте 400–500 м, и величина альbedo на нижнем уровне измерения характеризует альbedo системы поверхность – подоблачный слой атмосферы. Нижний уровень измерений в 1985 г. находился ниже, на высоте 100 м, поэтому подоблачная атмо-

сфера влияет значительно слабее и почти не увеличивает альbedo поверхности. Высокое содержание пылевого аэрозоля в эксперименте «12 July 1974» спровоцировало сильное рассеяния света и более высокое значение альbedo системы подстилающая поверхность – подоблачный слой. Обратим внимание на практически совпадающие результаты альbedo поверхности океана в случае измерений над Атлантикой «4 Aug 1974» и «13 Sep 2000».

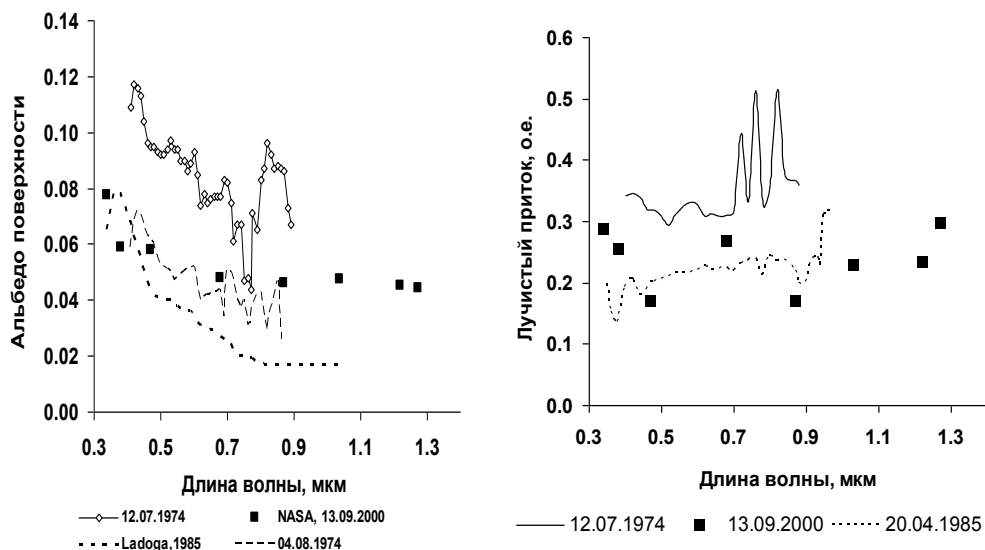


Рис. 7. Спектральная зависимость: а – альbedo водной поверхности и б – лучистого притока солнечной радиации в слое 1 км в относительных единицах от падающего солнечного потока над Атлантическим океаном 1974 и 2000 гг. и Ладожским озером 1985 г.

Полезно для оценки коротковолнового радиационного форсинга рассчитать величину лучистого притока радиации в облачном слое на основе измеренных потоков солнечной радиации по следующей формуле [3,18]:

$$dR(\mu_0) = \left[(F^\downarrow - F^\uparrow)_{top} - (F^\downarrow - F^\uparrow)_{base} \right] / \Delta z, \quad (10)$$

где $F^\downarrow$ и $F^\uparrow$ – нисходящий и восходящий полусферические потоки на верхней и нижней границе облака соответственно.

При измерениях полусферических потоков солнечной радиации на верхней и нижней границах слоя можно прямо применить уравнение (10) к измеренным характеристикам, что и было сделано для наблюдений «12 Jul 1974» (толщина облака 0,9 км) и «Ladoga 1985» над Ладожским озером (толщина облака 1,1 км). Соответствующие результаты представлены на рис.7б сплошной и пунктирной линиями. В случае наблюдений НАСА лучистый приток рассчитывался методом Эддингтона на основе полученных оптических параметров облака и обозначен на рисунке черными квадратами.

Определение оптической толщины позволяет оценить водность облака, что важно для прогноза количества осадков. Известно простое соотношение между этими величинами [5, 9]:

$$W = \frac{Q10^3}{\Delta z} = \frac{\tau r \rho}{1,5 \Delta z}, \quad (11)$$

где W – водность облака, г/м³; Q – водозапас, кг/м²; Δz – геометрическая толщина облака; r – средний эффективный радиус капли; ρ – плотность воды. Поскольку определение оптической толщины из измерений под облаком имеет наименьшую погрешность и почти не зависит от угла визирования (как и должно быть в идеальном случае), то выберем значение оптической толщины на длине волны 1 мкм $\tau = 25$. Средний размер капель в облаке зависит от температуры нижней границы облака (°C) и от высоты над нижней границей (км), его можно оценить по аппроксимирующей формуле [9]:

$$r = 5(1 + 4,8 \cdot 10^{-2} \theta + 2 \cdot 10^{-2} \theta^2)(1 + 0,165z + 1,105z^2). \quad (12)$$

Принимая температуру нижней границы облака 15 °C и учитывая, что высоты нижней и верхней границ облака равны 400 и 800 м соответственно, получим для среднего радиуса $r = 9,1$ мкм. Так как толщина облака $\Delta z = 400$ м и плотность воды 1 г/см³, имеем для водности $W = 0,375$ г/м³, а для водозапаса облака $Q = 0,15$ кг/м². Оценки по формуле, приведенной в [9],

$$Q = 1,13(1 + 3,7 \cdot 10^{-2} \theta)(1 + 5,0z - 6,0z^2 + 2,1z^3) \quad (13)$$

дают соответственно: $W = 0,358$ г/м³ и $Q = 0,143$ кг/м².

Заключение

Рассматриваемые данные самолетных наблюдений позволяют осуществить всесторонний анализ облака с точки зрения строгой теории переноса излучения. Рассматриваемый эксперимент послужил основой для создания детального алгоритма обработки данных аналогичных измерений. Следует отметить, что измерения интенсивности сильнее подвержены влиянию случайных вариаций ориентации самолета, чем измерения полусферических потоков. Однако регистрация по несколько сканов на каждой высоте позволяет оценить возникающую случайную погрешность, а большое количество направлений визирования позволяет провести регуляризацию результатов. Процедура обработки данных определяется погрешностями измерений и метода решения обратной задачи.

Следует особо подчеркнуть, что аналитический подход для решения обратной задачи (получение оптических параметров облака и их вертикального профиля) имеет преимущества по сравнению с методами решения других авторов. В частности, он не ставит дополнительные ограничения и не накладывает связей на искомые параметры, поэтому обеспечивает результаты более близкие

к реальной природе. Формулы для погрешностей прямо получаются из формул для определения искомых параметров, что позволяет непосредственный анализ устойчивости решения и его регуляризацию.

Результаты, полученные при применении аналитического метода решения обратной задачи к данным измерений NASA, хорошо согласуются с результатами, полученными ранее из данных спектральных измерений полусферических потоков в облаке другим прибором. Совместимость результатов, полученных для разных регионов (Северо-запад и Юго-запад Африки) и в разное время (июль, август 1974 г. и сентябрь 2000 г.) могут указывать на слабую изменчивость основных оптических параметров слоистой облачности в тропиках.

Литература

1. *Алдошкина Е.С., Кузнецов А.Д., Пугачев А.А., Сероухова О.С., Симакина Т.Е., Чукин В.В.* Опыт использования аппарата нейронных сетей для анализа и прогноза временного ряда температуры воздуха // Уч. зап. РГГМУ, 2009, № 11, с. 91-110.
2. *Васильев А.В., Мельникова И.Н.* Методы прикладного анализа результатов натурных измерений в окружающей среде. – СПб.: Изд-во БГТУ «Военмех», 2009. – 370 с.
3. *Васильев А.В., Мельникова И.Н.* Экспериментальные модели атмосферы и земной поверхности. (Учебное пособие). – СПб.: Изд-во БГТУ «Военмех», 2010. – 226 с.
4. *Гения М.Д., Мельников И.Н., Гатебе Ч.* Определение оптических параметров облачной атмосферы из самолетных спектральных измерений интенсивности солнечной радиации // Сб. «Экология и космос». – СПб.-Петродворец. 8–9 февраля, 2010, с. 50-59.
5. *Ивлев Л.С., Мельникова И.Н.* Определение микрофизических параметров слоистого облака. ДАН, т. 350, № 6, 1996, с. 816-818.
6. *Лобанова М.А., Васильев А.В., Мельникова И.Н.* Зависимость параметра индикатрисы рассеяния т характеристик среды // Сб. ИКИ РАН «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса», т. 7, 2010, № 4, с. 147-157.
7. *Мванго Г.Д., Мельникова И.Н., Гатебе Ч.* Аналитическое решение обратной задачи оптики облаков в применении к самолетным измерениям интенсивности рассеянной солнечной радиации // Сб. ИКИ РАН «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса», т. 7, 2010, № 1, с. 99-111.
8. *Мельникова И.Н., Никитин С.А., Гатебе Ч.* Алгоритм восстановления оптических параметров протяженной облачности из самолетных спектральных измерений интенсивности солнечной радиации // Сб. ИКИ РАН «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса», 2009, с. 176-186.
9. *Облака и облачная атмосфера.* Справочник / Под ред. И.П. Мазина, А.Х. Хргиана. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 647 с.
10. *Gatebe C. K., Butle J. J., Cooper J. W., Kowalewski M., King M. D.* Characterization of errors in the use of integrating-sphere systems in the calibration of scanning radiometers // *Applied Optics.*, vol. 46, No. 31, 2007, p. 7640-7651.
11. *King M.D.* Determination of the scaled optical thickness of cloud from reflected solar radiation measurements // *J. Atmos. Sci.*, vol. 44, 1987, p. 1734–1751.
12. *King M.D., L. Radke L, Hobbs P.V.* Determination of the spectral absorption of solar radiation by marine stratocumulus clouds from airborne measurements within clouds // *J. Atmos. Sci.*, vol. 47, 1990, p. 894–907.
13. *Kondratyev K.Ya., Binenko V.I., Vasilyev O.B., Grishechkin V.S.* Spectral radiative characteristics of stratus clouds according CAENEX and GATE data // *Proceedings of Symp. Rad. in Atm. Garmisch-Partenkirchen.* Science Press., 1976, p. 572-577.
14. *Melnikova I., Nikitin S., Gatebe Ch.* The Algorithm of Cloud Optical Parameters Retrieval from Air-

- borne Observations of Solar Diffuse Radiance // Proceedings of the International Symposium on Remote Sensing of Environment. May 4-8. Stresa. Lago Maggiore. Italy, 2009, p. 368-362.
15. *Melnikova I.N., Mikhailov V.V.* Spectral scattering and absorption coefficients in strati derived from aircraft measurements // *J. Atmos. Sci.*, vol. 51, 1994, p. 925-931.
 16. *Melnikova I.N., Domnin P.I., Radionov V.F., Mikhailov V.V.* Optical clouds characteristics derived from measurements of reflected or transmitted solar radiation // *J. Atmos. Sci.*, vol. 57, No. 6, 2000, p. 2135-2143.
 17. *Melnikova I.N., Mikhailov V.V.* Vertical profile of spectral optical parameters of strati clouds from airborne radiative measurements // *J. Geophys. Res.*, vol. 106, No D21, 2001, p. 27465-27471.
 18. *Melnikova I., Vasilyev A.* Short-wave solar radiation in the Earth atmosphere. Calculation. Observation. Interpretation. Springer-Verlag GmbH&Co.KG. Heidelberg, 2004. – 320 p.
 19. *Melnikova I., Genya J.M., Gatebe Ch. K.* Comparing products of processing airborne NASA and Russian cloud data // Proceedings of 34th International Symposium on Remote Sensing of Environment. The GEOSS Era: Towards Operational Environmental Monitoring. Sydney. 10-15 April, 2011, p. 254-255.
 20. *Melnikova I.N., Dlugach Zh.M., Nakajima T., Kawamoto K.* On reflected function calculation simplification in case of cloud layers // *Applied Optics*, vol. 39, 2000, p. 541-551.
 21. *Román M.O., Gatebe C.K., Schaaf C.B., Poudya R., Wan Zh., King M.D.* Variability in surface BRDF at different spatial scales (30 m–500 m) over a mixed agricultural landscape as retrieved from airborne and satellite spectral measurements // *Remote Sensing of Environment*, vol. 115, 2011, p. 2184–2203.
 22. *Rozanov V.V., Kokhanovsky A.A.* Semianalytical cloud retrieval algorithm as applied to the cloud top altitude and the cloud geometrical thickness determination from top-of-atmosphere reflectance measurements in the oxygen A band // *J. Geophys. Res.*, vol. 10, D05202, 2004, p. 27235-27241.
 23. *Stephens G.L.* Optical properties of eight water cloud types // Technical Paper of CSIRO. Atmos. Phys. Division Aspendale. Australia, vol. 36, 1979, p. 1–35.
 24. *Wallace. John M., Hobbs P.V.* Atmospheric Science (an introductory survey). Academic Press., 1977. – 467 p.

В.Н. Боков, В.Н. Воробьев

ВОЗДЕЙСТВИЕ АТМОСФЕРНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ НА НАКЛОНЫ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

V.N. Bokov, V.N. Vorobiev

IMPACT OF ATMOSPHERIC CIRCULATION ON INCLINATIONS OF A TERRESTRIAL SURFACE

Представлен один из случаев совместного анализа изменения атмосферной циркуляции и геофизических измерений в период подготовки умеренного землетрясения. Показано, что изменения атмосферного давления во времени и в пространстве приводит к возникновению наклонов земной поверхности, деформации земной коры, выходу радона и инициирует землетрясение.

Ключевые слова: изменение атмосферного давления, наклоны земной поверхности, землетрясения.

One of cases of the joint analysis of change of atmospheric circulation and geophysical measurements during preparation of a moderate earthquake is presented. It is shown that changes of atmospheric pressure in time and in space leads to emergence of inclinations of a terrestrial surface, crust deformation, an exit of radon and initiates an earthquake.

Key words: change of atmospheric pressure, inclinations of a terrestrial surface, earthquake.

Исследования пространственно-временных вариаций наклонов земной поверхности важны для многих теоретических и прикладных геофизических приложений. Однако измерения тектонических и приливных наклонов затрудняются под влиянием помех в низкочастотной области [5, 6, 12]. Основным источником, вызывающим неприливно-ые наклоны земной поверхности в низкочастотной области, являются вариации атмосферного давления [5, 6]. При этом возникает парадоксальная ситуация. Геофизики отчетливо наблюдают значимую корреляцию между вариациями атмосферного давления и наклонами земной поверхности в синоптическом диапазоне (от 2 до 10 суток) [12], но вариации атмосферного давления относят к помехам. Пространственно-временная изменчивость атмосферных вихрей обуславливает барические вариации, которые создают квазипериодические наклоны и напряжения земной поверхности как за счет вертикальных нагрузок F , так и за счет образующихся в земной коре касательных напряжений τ [1–3, 8, 10].

Представляет интерес выявить влияние пространственно-временной изменчивости атмосферного давления на наклоны земной поверхности не как помеху, а как основной фактор наклонов поверхности.

Напряжения, существующие в верхней части земной коры, обусловлены действием массовых и поверхностных сил [7]. Для внутриплатформенных областей напряженное состояние в земной коре возникает под действие собственного веса и определяется деформированием пород в условиях горизонтального стеснения [7]:

$$\sigma_{zz} = -\gamma H, \quad \sigma_{xx} = \sigma_{yy} = -\frac{\nu}{1-\nu} \gamma H, \quad \sigma_{ij} = 0 (i, j = x, y, z; i \neq j),$$

где ν – коэффициент Пуассона; γ – средний удельный вес колонки горных пород с толщиной H ; ось z направлена вертикально.

Согласно работе [7], вертикальные напряжения сжатия равны весу столба горных пород на данной глубине и являются главными сжимающими напряжениями $\sigma_{zz} = \sigma_3$.

Они являются активными напряжениями, а горизонтальные напряжения – реактивными, сгенерированными боковым стеснением пород, что означает невозможность их свободного деформирования в горизонтальном направлении. Следует подчеркнуть, что условие бокового стеснения для горных пород особенно сильно проявляется при действии массовых сил. Для $\nu = 0,25$ (значение коэффициента в горных породах) вертикальные сжимающие напряжения втрое больше горизонтальных сжимающих напряжений [7]. Следовательно, усиление вертикальной нагрузки является определяющей для возникновения напряжений у земной поверхности.

Влияние изменчивости атмосферного давления на динамические процессы, происходящие у земной поверхности (выделение литосферных газов, увеличение температуры, изменение уровня грунтовых вод и т.д.), было отмечено еще в конце 50-х годов прошлого века [4, 11].

Наклоны земной поверхности, приводящие к деформации участков земной коры, широко используются для попыток прогнозирования землетрясений. На рис. 1, взятом из работы [5], приведены временные ряды изменения наклона земной поверхности в направлении север–юг и вариации атмосферного давления, измеренные на ст. Протвино в августе–сентябре 1997 г. Из рис. 1 достаточно четко прослеживается влияние атмосферного давления на наклоны земной поверхности. В то же время присутствует и неопределенность, связанная с тем, что оценка связей между данными измерениями проводится по амплитуде измерений и не учитывается пространственное влияние (дальние связи) полей атмосферного давления.

Постоянные неудачи в прогнозировании сейсмических явлений убеждают нас в том, что представления сейсмологов о механизме генерации землетрясений достаточно далеки от реального природного процесса. Большинство существующих представлений о процессе подготовки землетрясения взяты из механики прочности природных материалов [9].

Подчеркнем, что прямых наблюдений в земной коре практически нет (только на малых глубинах поверхности коры) и в основе всех моделей генерации землетрясений лежат теоретические представления, основанные на логике процессов изучаемых в механике сплошных сред.

Информация по измерению наклонов демографами на полигоне Северного Тянь-Шаня опубликована в работах Института геофизики УрО РАН [13]. Часть измерений, выполненных на полигоне в первой декаде декабря 2002 г., отраже-

на на рис. 2, в комплексе измерений литосферных газов радона и торона. В этот период во второй половине 4 декабря произошло сейсмическое событие с магнитудой около $M = 4$.

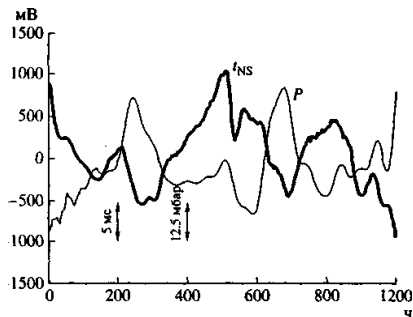


Рис. 1. Временные ряды изменения наклона земной поверхности в направлении север-юг (t_{NS}) и вариации атмосферного давления (P) на ст. Протвино

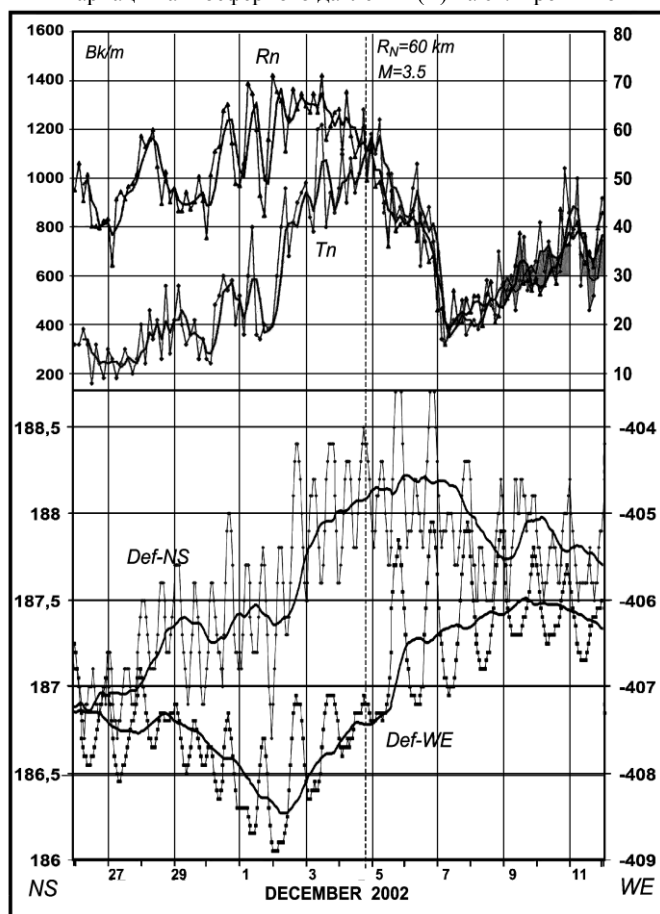


Рис. 2. Временные вариации радона и торона перед сейсмическим событием 5 декабря 2002 г. (верхний). Измерения деформографа перед событием 5 декабря 2002 г. (нижний) [13]

Проведем анализ пространственно-временной изменчивости атмосферного давления относительно точки эпицентра землетрясения и на соседних территориях в предшествующий период этого небольшого землетрясения. На рис. 3 представлены поля атмосферного давления за 2–5 декабря 2002 г. Из рисунков видно, что к северу от эпицентра, который обозначен знаком *, находился центр антициклона, который, усиливаясь, в течение четырех дней смещался с запада на восток. При этом происходило увеличение деформации земной коры как с запада на восток, так и с севера на юг. Эти наклоны, вызванные пространственным изменением атмосферного давления и медленным смещением антициклона от ЮЗ на СВ, четко показывают измерения деформографа, приведенные на рис. 2 (нижний).

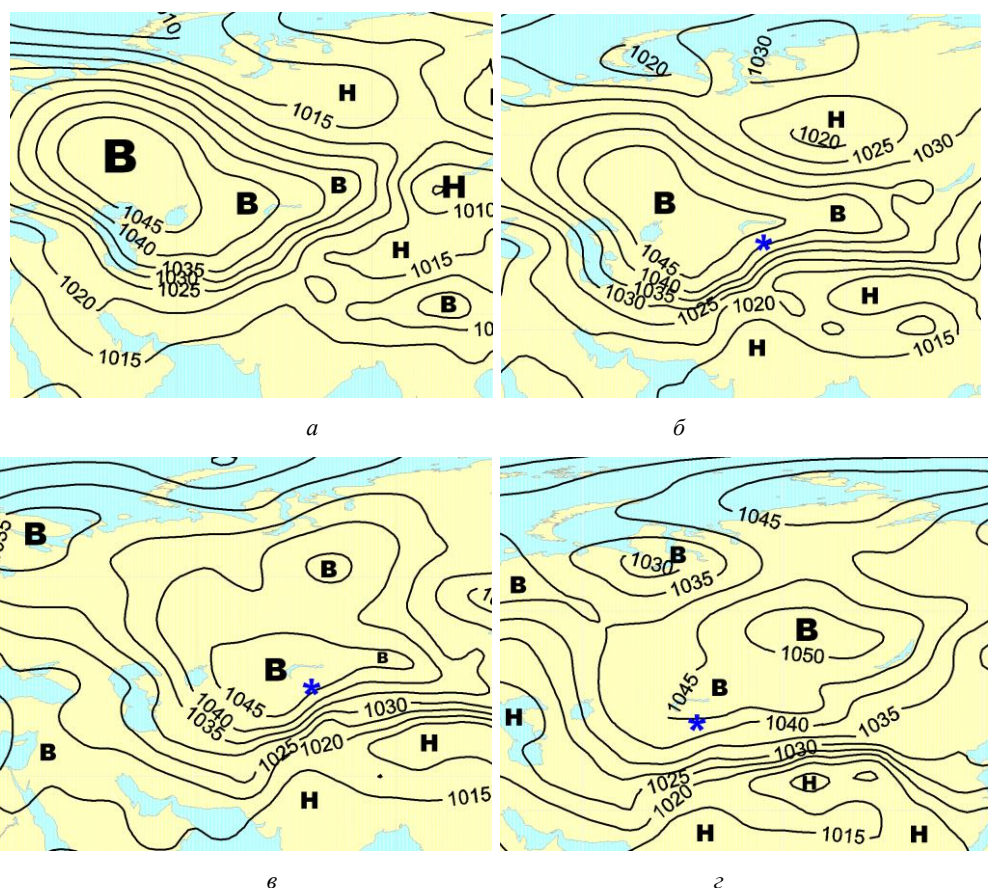


Рис. 3. Поле атмосферного давления над центральной Азией 2 декабря (а), 3 декабря (б), 4 декабря (в), 5 декабря (г) 2002 г.

Наибольшее давление на земную кору было оказано антициклоном в ночь с 4 на 5 декабря (это видно из рис. 3 и рис. 2), что и привело к возникновению

землетрясения. Однако, подчеркнем, что землетрясение произошло уже на спаде концентрации радона, но деформация коры еще продолжала расти, судя по данным деформографов (рис. 2).

Указанные факты позволяют сделать вывод о бесперспективности использования как тепловых аномалий, так и выхода радона при краткосрочном прогнозировании землетрясений, поскольку визуально определить время землетрясения по графикам их измерений нельзя. Данные геофизические измерения могут выполнить предназначенную им прогностическую роль только в случае совместного использования с прогностическими метеорологическими данными. В этом можно убедиться, если проанализировать расчетные значения барических нагрузок $\Delta P(r, t)$, (где r – пространство, t – время) в момент землетрясения.

Рассмотрим рис. 4, на котором представлены поля изменения барических нагрузок за 4 и 5 декабря 2002 г. На карте за 4 декабря нулевая изолиния $\Delta P(r, t)$ проходит с севера на юг и находится немного западнее эпицентра. На карте за 5 декабря нулевая изолиния проходит уже с севера-востока на юго-запад и находится немного восточнее эпицентра. Поскольку сейсмическое событие произошло в вечернее время 4 декабря, а метеорологическая информация имеется только раз в сутки (12 ч), то пришлось использовать две карты пространственного распределения барических тенденций. При наличии более подробной метеорологической информации можно было бы получить более точное пространственно-временное положение нулевой изолинии $\Delta P(r, t)$, указывающее место эпицентра. Приведенное пространственно-временное положение $\Delta P(r, t)$ позволяет уверенно определить время и место предполагаемого землетрясения.

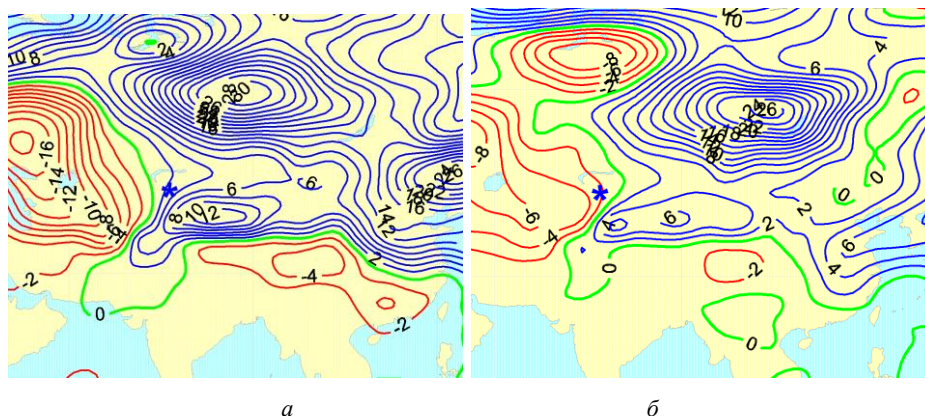


Рис. 4. Поле барических нагрузок над центральной Азией 4 декабря (а) и 5 декабря (б) 2002 г.

Обратившись в свой архив прогнозов, мы обнаружили, что выставляли прогноз рассматриваемого землетрясения за двое суток до его возникновения. Если бы нам в то время были доступны оперативные данные по измерениям концентрации радона и измерения наклонов и деформаций у земной поверхности, то мы могли бы уточнить место эпицентра с еще большей достоверностью.

Таким образом, рассмотренный случай изменения атмосферной циркуляции показал, что изменчивость атмосферного давления во времени и в пространстве, т.е. движение антициклонов и циклонов приводит к возникновению наклонов земной поверхности, деформации земной коры, выходу радона и инициирует землетрясение.

Литература

1. Боков В.Н. Изменчивость атмосферной циркуляции – инициатор сильных землетрясений // Изв. РГО РАН, 2003, т. 135, вып. 6, с. 54-65.
2. Боков В.Н., Воробьев В.Н. О связи сильных землетрясений с атмосферной циркуляцией в сезонном и межгодовом диапазонах изменчивости // Сб. трудов конф. «Юбилейные чтения памяти А.Л. Чижевского, посвященные 110-летию ученого» 27–30 ноября 2007. – СПб.: изд. Политех. ун-та, 2007, с. 51-56.
3. Боков В.Н., Гутшабаш Е.Ш., Потиха Л.З. Атмосферные процессы как триггерный эффект возникновения землетрясений // Уч. зап. РГГМУ, 2011, №18, с. 173-184.
4. Гохберг М.Б. Взаимодействие процессов в литосфере и у земной поверхности с внешними оболочками Земли // Геофизика на рубеже веков: Избранные труды ученых ОИФЗ РАН. – М.: ОИФЗ РАН, 1999, с. 163-169.
5. Латынина Л.А., Васильев И.М. Деформация земной коры под влиянием атмосферного давления // Физика Земли, 2001, № 5, с. 45-54.
6. Перцев Б.П., Ковалева О.В. Оценка влияния колебаний атмосферного давления на наклоны и линейные деформации земной поверхности // Физика Земли, 2004, № 8, с. 79-81.
7. Ребецкий Ю.Л. Механизм генерации тектонических напряжений в областях больших вертикальных напряжений // Физическая мезомеханика, 2008, № 11, с. 66-73.
8. Сидоренков Н.С. Физика неустойчивостей вращения Земли. – М.: Наука, 2002.
9. Соболев Г.А., Пономарев А.В. Физика землетрясений и предвестники. – М.: Наука, 2003. – 270 с.
10. Сытинский А.Д. Связь сейсмичности Земли с солнечной активностью и атмосферными процессами. – Л.: Гидрометеониздат, 1987. – 100 с.
11. Трубицин А.П., Макалкин А.Б. Деформации земной коры под действием атмосферных циклонов // Физика Земли, 1976, № 5, с. 94-96.
12. Широков И.А., Анохина К.М. О связи пространственно-временных вариаций наклонов земной поверхности с вариациями атмосферного давления // Физика Земли, 2003, № 1, с. 84-87.
13. Уткин В.И., Юрков А.К. Динамика выделения радона из массива горных пород как краткосрочный предвестник землетрясения // Докл. РАН, 1998, т. 358, № 5, с. 675-680.

Е.Ю. Титова, В.Ю. Цепелев

**КАЛЕНДАРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СРЕДНЕСУТОЧНОГО ХОДА
ТЕМПЕРАТУРЫ В СЕВЕРО-ЗАПАДНОМ РЕГИОНЕ РФ**

E.Y. Titova, V.Y. Tsepelev

**THE DAILY SURFACE TEMPERATURE CALENDAR FEATURES
IN THE NORTHWEST REGION OF THE RUSSIAN FEDERATION**

В настоящей статье приведены результаты исследования календарных особенностей внутримесячного хода температуры воздуха в четырех географических пунктах Северо-Западного региона РФ для трех календарных месяцев. Особенностью данного исследования является то, что оно проведено по трем выбранным эпохам атмосферной циркуляции, выделенным Вангенгеймом и Гирсом в отдельности. В работе показано, что при переходе от одной циркуляционной эпохи к другой происходит перестройка не только макроциркуляционных механизмов, но и структуры календарных особенностей и закономерности, полученные для одной циркуляционной эпохи нельзя использовать в другой. Основным результатом, полученным в исследовании, является набор календарных особенностей в ходе температуры воздуха, который можно использовать для детализации прогноза температуры на месяц и сезон.

Ключевые слова: долгосрочный прогноз погоды, календарные особенности, эпоха циркуляции, температура воздуха, детализация прогнозов.

In the article, the research results of the calendar features of air temperature trend in the North-West region of Russia presented. The main feature of this research is that it is carried out on atmospheric circulation modes discovered by Vangengeym-Girs. In work it is shown that upon transition from one circulating mode to another there is a reorganization not only atmospheric circulating mechanism, but also structures of calendar features and the characteristic received for one circulating mode can't be used in another. The main result received in research is the set of calendar features of the air temperature trend which can be used for long range weather forecast definition.

Key words: long range weather forecast, calendar features, epoch of atmospheric circulation, air temperature, forecast definition.

Введение

Календарные особенности (КО) – возмущения в многолетнем годовом ходе метеорологического элемента, представленном по многолетним средним за отдельные календарные дни, приходящиеся на определенный день или последовательные дни. Наличие КО говорит об определенных атмосферных процессах, повторяющихся из года в год около определенных календарных дат [5]. Изучение календарных особенностей погоды на земном шаре может способствовать прояснению многих важных сторон общей циркуляции атмосферы. КО проливают свет на характер климата того или иного района и на некоторые закономерности динамики атмосферных макропроцессов. Их изучение может иметь существенное значение для совершенствования методики долгосрочных прогнозов погоды [1].

Целью нашей работы является выявление таких календарных особенностей, которые могут иметь прогностическую ценность для прогноза внутримесячного хода температуры и изучение вопроса сохранения этих КО при смене макроциркуляционных характеристик атмосферы Северного полушария.

В работе было использовано программное обеспечение, разработанное в ФБГУ «Санкт-Петербургский ЦГМС-Р» В.Ю. Цепелевым.

**Исследование календарных особенностей хода
среднесуточной приземной температуры воздуха
в городах Северо-Западного региона РФ**

До настоящего времени календарные особенности обычно изучались на всем доступном ряду наблюдений. Мы решили провести исследование календарных особенностей в ходе приземной температуры воздуха на рядах, разбитых по эпохам атмосферной циркуляции [2, 3]. Необходимость такого подхода связана с различным характером атмосферной циркуляции всего Северного полушария в каждой из циркуляционных эпох. Предполагается, что при переходе от одной циркуляционной эпохи к другой также происходит перестройка структуры КО во внутримесячном ходе приземной температуры воздуха.

Объектом исследования являлись календарные особенности в ходе температуры воздуха в трех календарных месяцах (январь, май, сентябрь), по четырем пунктам Северо-Западного региона РФ, в каждой из трех выбранных эпох атмосферной циркуляции. Исследование КО хода приземной температуры проводилось для следующих географических пунктов - Санкт-Петербурга, Великих Лук, Вологды и Архангельска.

Нами были выбраны выделенные Вангенгеймом и Гирсом следующие эпохи атмосферной циркуляции: 1929–1939 гг. (Е), 1965–1985 гг. (Е) и 1986–2011 гг. (W+C) [3, 4]. В соответствии с некоторыми прогнозами, наступающая эпоха атмосферной циркуляции так же будет иметь форму «Е», а следовательно, найденные нами закономерности можно будет использовать и в ней.

В работе были использованы данные исторического реанализа XX в. NCEP/NCAR. База данных (БД) температуры на уровне земли [6]. Данные были получены в рамках проекта «Twentieth Century Reanalysis Project dataset» начиная с 1900 г. и по настоящий момент. БД содержит объективно проанализированные абсолютные среднесуточные значения температуры воздуха в градусах Кельвина и их неопределенности. Данные находятся в узлах регулярной Гауссовой сетки размерностью 192×94 узла для всей поверхности Земного шара. В каждом узле сетки нами были рассчитаны нормы температуры за период 1900–2010 гг. На основании этих норм были получены аномалии температуры. БД находится в свободном доступе в сети Интернет по адресу: ftp://ftp.cdc.noaa.gov/Datasets/ncep.reanalysis.dailyavgs/surface_gauss/ Для анализа КО в работе был использован каталог макроциркуляционных процессов разработанный и поддерживаемый в ААНИИ.

Для каждого выбранного месяца и географического пункта были построены:

- карты средних, по каждой циркуляционной эпохе, полей аномалий приземной температуры воздуха и приземного давления;
- графики хода средней, за каждую циркуляционную эпоху, приземной температуры воздуха и ее аномалий внутри выбранного календарного месяца.

На оси абсцисс графиков были размещены дни месяца. На графиках абсолютных значений температуры представлены две оси ординат – температура и ее среднеквадратическое отклонение (СКО) в градусах Цельсия. На графиках аномалий температуры представлена вероятность осуществления знака аномалии (ВОЗА), в процентах.

Анализ полученных результатов

В первую очередь, нами был проведен анализ среднемесячных полей приземного давления и температуры для каждой из выбранных циркуляционных эпох. Анализ выявил существенные различия между эпохами. Так, в обе циркуляционные эпохи с преобладанием формы «Е» поля аномалий давления характеризовались преобладанием положительных аномалий в высоких и умеренных широтах Северного полушария во всех трех анализируемых календарных месяцах (рис. 1-1, 1-2, 1-3, 1-4, 1-5, 1-6). В эпоху атмосферной циркуляции формы (W+C), наоборот, в этих широтах наблюдалось преобладание отрицательных аномалий давления (рис. 1-7, 1-8, 1-9). Циклоническая деятельность для последней циркуляционной эпохи сместилась из умеренных широт в высокие, что обусловило там более изменчивый характер погоды. Таким образом, формирование КО, в различные циркуляционные эпохи, происходит на фоне различных макроциркуляционных процессов, а следовательно и структура КО должна изменяться от эпохи к эпохе. В связи с повышенной повторяемостью антициклонического характера погоды в изучаемом регионе, в эпоху циркуляции «Е» 1929–1939 гг. количество КО в ходе приземной температуры воздуха в ней должно быть повышенным, по сравнению с другими эпохами циркуляции, что и подтверждается результатами исследования, представленным в табл. 1.

Изучая ход температуры внутри месяца, мы уделяли основное внимание точкам перелома на графиках. Выявив такие особые точки, мы оценивали для них среднеквадратичное отклонение и вероятность осуществления знака аномалии, чтобы определить, являются ли эти точки значимыми КО во внутримесячном ходе приземной температуры. Необходимым и достаточным условием значимости КО являлось минимальное для данного месяца СКО и превышение значения в 70 % вероятности осуществления знака аномалии. Всего нами было выявлено 27 таких особых точек (табл. 1). Даты формирования таких точек мы принимали за календарные особенности месяца (КО). При прогнозе погоды на месяц именно в эти даты можно с большой степенью вероятности ожидать осуществление аномалий температуры воздуха определенного знака и величины.

Чтобы проследить, как изменялась структура КО в ходе приземной температуры воздуха от эпохи к эпохе, мы сравнивали ход среднесуточной приземной температуры по каждому географическому пункту и месяцу для различных циркуляционных эпох.

Санкт-Петербург

Рассматривая ход приземной температуры в данном пункте, можно заметить, что в январе во все три выбранные эпохи было много резких смен тенденций в ходе приземной температуры. В циркуляционную эпоху «Е» (1929–1939 гг.) были выделены даты КО 8 и 25 января (рис. 2-1а, 2-1б). В эпоху «Е» (1965–1985 гг.) КО не были обнаружены (рис. 2-4а, 2-4б), зато в эпоху «W+C» (1986–2010 гг.) была выявлена КО 16 января (рис. 2-7а, 2-7б).

На майских графиках можно выделить КО в первую эпоху – 21 и 30 мая (рис. 2-2а, 2-2б) и в третью эпоху – 7 мая (рис. 2-5а, 2-5б). Для второй эпохи КО не выделено (рис. 2-8а, 2-8б).

В ходе приземной температуры сентября были найдены КО в первой эпохе 13 и 20 сентября (рис. 2-3а, 2-3б), во второй эпохе 29 сентября (рис. 2-6а, 2-6б), а в третьей эпохе 28 сентября (рис. 2-9а, 2-9б).

Архангельск

В январе (графики не приведены) мы отметили КО 8 и 20 января в первой эпохе и 30 января во второй эпохе, 1 и 17 января в третьей циркуляционной эпохе.

В мае (графики не приведены) только в первую эпоху было выделено три КО – 4 и 30 мая.

В ходе приземной температуры в сентябре (графики не приведены) также только в первую эпоху была выделена КО 15 сентября.

Вологда

В январе (графики не приведены) в первую циркуляционную эпоху были отмечены КО 8, 9 и 16 и 26 января. В остальные эпохи КО не обнаружено.

В мае (графики не приведены) КО не было обнаружено.

В сентябре (графики не приведены) выбрана только одна КО в третью циркуляционную эпоху – 30 сентября.

Великие Луки

В январе первой эпохи (графики не приведены) была выбрана одна КО 27 января. Для второй эпохи КО мы не обнаружили. В третьей циркуляционной эпохе выбрано две КО – 13 и 15 января.

В мае (графики не приведены) КО обнаружены только 21 мая первой эпохи

В сентябре (графики не приведены) КО особенности выявляются только в первой эпохе – 19 сентября.

Для всех особых точек были построены средние, за этот день, поля давления и аномалий приземной температуры воздуха и проанализирована синоптическая ситуация, характерная для каждой выбранной КО.

Для анализа КО был использован каталог макроциркуляционных процессов, из которого для каждой даты наблюдения КО выбраны индексы атмосферной циркуляции за все годы исследуемой циркуляционной эпохи и рассчитаны вероятности осуществления каждой формы циркуляции в эту дату.

В связи с большим объемом полученного материала в настоящей статье приведены лишь несколько примеров календарных особенностей в ходе температуры.

Таблица 1

Календарные особенности и их основные характеристики для 4 географических пунктов в трех календарных месяцах по трем эпохам циркуляции

январь	1929-1939 (E)											
	Санкт-Петербург			Вологда			Великие Луки			Архангельск		
	t, °C	s, °C	v, %	t, °C	s, °C	v, %	t, °C	s, °C	v, %	t, °C	s, °C	v, %
8	-7,5	2,5	73	-8,7	2,3	82				-8,3	2,5	74
9				-8,2	2,4	73						
16				-9,0	2,4	72						
20										-7,6	2,6	81
25	-6,5	2,4	73									
27							-6,1	2,3	72			
январь	1965-1985 (E)											
30										-12,7	2,2	71
январь	1986-2011 (W+C)											
1										-9,4	2,2	73
13							-4,2	2,3	90			
15							-4,2	2,3	85			
16	-4,4	2,4	80									
17										-7,7	2,4	73
май	1929-1939 (E)											
4										0,6	1,8	73
21	13,6	1,9	82				14,9	1,6	82			
30	12,0	1,6	73							6,9	2,0	75
май	1965-1985 (E)											
май	1986-2011 (W+C)											
7	9,3	1,5	73									
сентябрь	1929-1939 (E)											
13	8,6	1,7	73									
15										6,1	1,1	100
19							11,9	1,8	82			
20	10,7	1,7	82									
сентябрь	1965-1985 (E)											
29	5,2	1,8	71									
сентябрь	1986-2011 (W+C)											
28	7,8	1,9	70									
30				6,4	1,9	70						

Циркуляционная эпоха – 1929–1939 гг. (форма циркуляции «Е»)

В данной циркуляционной эпохе мы смогли выделить 6 КО, но в статье опишем лишь некоторые из них. Так в январе была выбрана КО наблюдавшаяся 8 января в Вологде, Санкт-Петербурге и Архангельске когда с вероятностью 82/73/74 % соответственно, осуществлялась положительная аномалия приземной температуры воздуха (+4) / (+2) / (+3) °C. В этот день температура в достигала значений (-8,7) / (-7,5) / (-8,3) °C. В среднем за одиннадцать лет эпохи «Е», 8 января форма циркуляции «W» являлась преобладающей в 27 % случаев,

«С» – в 27 % случаев, «Е» – в 46 % случаев. В этот день Северо-Западный регион оказывался под влиянием адвекции тепла поступившего из Северной Атлантики по южной периферии циклона (рис. 3). Синоптическая обстановка в первом естественном синоптическом секторе характеризовалась обширным антициклоном, распространявшимся от Испании до южной Сибири, захватывая Скандинавию. Над приполюсным районом располагался обширный циклон, захватывающий север Европейской части России, с ложбиной вытянутой на Исландию и Британские острова. Области положительных аномалий температуры были расположены над Европейской частью России, Уралом, Баренцевым и Карским морями. Области отрицательных аномалий были расположены над Украиной, Прикаспийским регионом и Южной Сибирью.

В мае нами была выбрана КО? наблюдавшаяся 21 числа в Санкт-Петербурге и Великих Луках, когда с вероятностью 82 % наблюдалась положительная аномалия приземной температуры воздуха $(+2,0) / (+2,4) ^\circ\text{C}$. Сама температура поднималась до $+13,6 ^\circ\text{C}$ в Санкт-Петербурге и до $+14,9 ^\circ\text{C}$ в Великих Луках. В этот день из одиннадцати лет циркуляционной эпохи форма циркуляции «W» преобладала в 18 % случаев, «С» – в 9 % случаев, а «Е» – в 73 % случаев. Погода в Санкт-Петербурге и Великих Луках оказывалась под влиянием радиационного прогрева в центральной части антициклона и адвекции тепла (рис. 4). Синоптическая обстановка характеризовалась антициклоном располагавшимся над Северным и Балтийским морем, восточной частью Скандинавского полуострова, Европейской частью России и Уралом. Над Северной Атлантикой, с центром в районе Исландии располагался обширный циклон. Область положительных аномалий приземной температуры воздуха наблюдалась над западом Европейской Части России и Восточной Европой. Область отрицательных аномалий температуры располагались над Уралом, Средней Азией, Каспийским морем.

15 сентября выделяется календарная особенность в ходе температуры в Архангельске, со 100 % вероятностью осуществления отрицательного знака аномалии $-1,8^\circ\text{C}$. На протяжении всей эпохи 15 сентября температура опускалась до $+6,1 ^\circ\text{C}$. В этот день, в одиннадцать годов циркуляционной эпохи формы циркуляция «W» является преобладающей в 45% случаев, «С» – в 27 % случаев, «Е» – в 27 % случаев. Синоптическая обстановка 15 сентября (рис.5) характеризовалась мощным антициклоном с центром над Скандинавским полуостровом и гребнями, вытянувшимися на Испанию и Черное море. Северная Атлантика находилась под влиянием циклонической деятельности. Глубокий циклон располагался над центральным Уралом, обеспечивая в своем тылу заток холодного воздуха на Северо-Западный регион. Очаги положительных аномалий температуры находились в Северной Атлантике, Центральной Европе, Скандинавии и Центральной Сибири. Над Северо-Западным регионом, Европейской частью России и Причерноморьем располагалась обширная зона отрицательных аномалий температуры.

Циркуляционная эпоха – 1965–1985 гг. (форма циркуляции «Е»)

В этой эпохе в Северо-Западном регионе было обнаружено минимальное количество КО в ходе температуры воздуха. Так в январе выделяется только одна КО наблюдавшаяся в Архангельске 30 числа с вероятностью осуществления отрицательной аномалии температуры в 71 %. В этот день, в среднем, наблюдалось понижение среднесуточной температуры воздуха до $-12,7^{\circ}\text{C}$ с отрицательной аномалией $-2,2^{\circ}\text{C}$. В среднем за двадцать один год, 30 января в 14 % случаев диагностировалась форма циркуляции «W», также в 14 % случаев форма «C», а «Е» наблюдалась в 72 % случаев. 30 января погоду региона определял арктический антициклон (рис. 6) с центром в районе Новой Земли и гребнем достигающим Черного и Каспийского морей. Северо-Западный регион находился на западной периферии этого антициклона, в котором происходило активное выхолаживание воздуха и формирование области отрицательных аномалий температуры в Скандинавии и на севере Европейской части России. Циклон с центром над Британскими островами приносил теплый воздух Западную Европу и Причерноморский регион. Еще одна циклоническая область располагалась за Уралом над Западной Сибирью.

КО также была нами выделена для 29 сентября в Санкт-Петербурге. В этот день с вероятностью 71 % в Санкт-Петербурге наблюдалась отрицательная аномалия температуры $-1,4^{\circ}\text{C}$ и температура опускалась до $+5,2^{\circ}\text{C}$. 29 сентября на протяжении 21 года форма циркуляции «W» наблюдалась в 9 % случаев, форма «C» в 43% случаев, а форма «Е» в 48% случаев. Погоду региона 29 сентября определял обширный арктический антициклон с центрами в районе архипелага Северная Земля и над Скандинавским полуостровом (рис. 7). Гребень антициклона распространялся на юг Восточной Европы и сливался с гребнем Азорского антициклона. По восточной периферии этого гребня холодный Арктический воздух попадал на Европейскую часть России и формировал отрицательные аномалии температурного режима Северо-Западного региона. Над Британскими островами, Северной Атлантикой и в Прикаспийском районе наблюдалась циклоническая деятельность. Положительные температурные аномалии наблюдались в Западной Европе, Прикаспийском регионе и Западном секторе Арктики.

**Циркуляционная эпоха – 1986–2011 гг.
(форма циркуляции «W+C»)**

16 января в Санкт-Петербурге, с вероятностью осуществления положительного знака аномалии 80% наблюдалась положительная аномалия температуры воздуха $+4,8^{\circ}\text{C}$, а сама температура в этот день поднималась до отметки $-4,4^{\circ}\text{C}$. При этом, за двадцать два года данной циркуляционной эпохи 16 января в 50 % случаев преобладала форма циркуляции «W», форма «C» отмечалась в 27 % случаев, а форма «Е» в 23 % случаев. Синоптическая ситуация в этот день (рис. 8) характеризовалась отрогом Азорского антициклона с центром над

Италией распространяющего свое влияние на всю Западную Европу, за исключением Скандинавии и многоцентральной депрессией сформировавшейся на обширном пространстве от Исландии до Таймырского полуострова по широте и от Шпицбергена до Каспийского моря по долготе. Мощный циклонический вихрь выносил теплый воздух Атлантики на север Европы и формировал положительные аномалии температуры на Северо-Западе и Центральном регионе РФ. В зоне теплого воздуха оказался Арктический бассейн и Западная Сибирь.

КО выявленная для 30 сентября характеризуется осуществлением в Вологде положительной аномалии температуры $+0,8^{\circ}\text{C}$ с вероятностью 70 %. Воздух при этом прогревался до $+6,4^{\circ}\text{C}$. В этот день в среднем в 43 % случаев преобладала форма циркуляция «W», форма «C» наблюдалась в 29 % случаев, а форма «E» в 29 % случаев. Синоптическая обстановка (рис. 9) характеризовалась антициклоном над Баренцевым морем и циклонами в районе Исландии, Новой Земли и Северном Причерноморье. Еще один центр антициклона находился на юге Западной Сибири. Положительные аномалии температуры занимали практически весь первый синоптический сектор, а крупная область отрицательных аномалий располагалась в Западной Сибири. Вынос тепла в Северо-Западный регион осуществлялся циклоном с центром, расположенным в Центральном регионе России.

Выводы

Полученные в исследовании выводы можно сформулировать следующим образом.

I. Поля приземной температуры воздуха и давления Северного полушария для разных циркуляционных эпох значительно отличаются друг от друга, а следовательно, и формирование климатических особенностей в ходе температуры происходит под влиянием различных циркуляционных механизмов. Таким образом, климатические особенности, полученные в одной циркуляционной эпохе, нельзя автоматически переносить на другую эпоху. Для прогностических целей следует выявлять климатические особенности для каждой эпохи циркуляции в отдельности.

II. Климатические особенности в ходе температуры не наблюдаются изолированно на какой-либо одной метеорологической станции, а характерны для всего физико-географического района вследствие того, что они формируются крупномасштабными макроциркуляционными процессами охватывающими все Северное полушарие.

III. Повторяемость отдельных климатических особенностей может достигать 70 % и выше, что говорит о закономерностях их формирования. Выявление закономерностей макроциркуляционных процессов, которые приводят к формированию климатических особенностей в ходе температуры является задачей следующего исследования.

IV. Каждая выявленная климатическая особенность в ходе температуры формируется в результате определенных, описанных выше синоптических процессов, что дает возможность заранее предсказать ее формирование.

V. Те или иные формы циркуляции, преобладающие в каждой из выявленных климатических особенностей позволяют использовать выявленные закономерности для детализации прогноза температуры на месяц, разрабатываемого по макроциркуляционному методу. При этом каждая календарная особенность месяца может служить реперной точкой, с которой можно согласовывать прогноз хода температуры внутри месяца.

VI. Повторяемость климатических особенностей максимальна в январе и минимальна в мае.

VII. Список климатических особенностей в ходе приземной температуры воздуха, представленный в настоящей работе, можно использовать в оперативной практике прогноза погоды на месяц и сезон с учетом вероятности их осуществления, которая может быть выражена через вероятность их осуществления в данной циркуляционной эпохе.

Литература

1. Байдал М.Х. Комплексный макроциркуляционный метод долгосрочных прогнозов погоды. – Л.: Гидрометеиздат, 1961. – 211 с.
2. Вангенгейм Г.Я. Основы макроциркуляционного метода долгосрочных метеорологических прогнозов для Арктики. – Л.: Гидрометеиздат, 1952. – 314 с.
3. Гирс А.А. Макроциркуляционный метод долгосрочных метеорологических прогнозов. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 488 с.
4. Савичев А.И., Цепелев В.Ю. Прогноз погоды на месяц по методу типовых макропроцессов // Уч. зап. РРГМУ, 2008, № 8, с. 62-81
5. Хромов С.П., Мамонтова Л.И. Метеорологический словарь. – Л.: Гидрометеиздат, 1974.
6. Kistler R. The NCEP/NCAR reanalysis prior to 1958., Second WCRP international conference on reanalysis. 2000. WCRP-109, WMO/TD. N. 985. P. 27-37.

В.Ю. Цепелев, С.А. Астахов

**ВЛИЯНИЕ ТОЛЩИНЫ СНЕЖНОГО ПОКРОВА
НА ЛЕТНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА ЕВРАЗИИ**

V.Y. Tsepelev, S.A. Astahov

**RESPONSE OF SUMMER AIR TEMPERATURE
TO SNOW DEPTH OF EURASIA**

В работе представлены результаты проверки гипотезы об изменении во времени механизма влияния снежного покрова на температурный режим Северного полушария. Предполагается, что изменение происходит в результате смены доминирующего циркуляционного механизма. Авторами проведен анализ корреляционной зависимости между толщиной снежного покрова и летними температурами воздуха Европе по каждой циркуляционной эпохе в отдельности. Исследование показало, что в однотипных эпохах атмосферной циркуляции знак и пространственное распределение корреляционных связей сохраняется и изменяется только при смене эпохи.

Ключевые слова: долгосрочный прогноз погоды, снежный покров, эпоха циркуляции, температура воздуха, детализация прогнозов, дальние связи.

In this research the hypothesis about variability of the snow depth influence on summer temperature regime of Eurasia was checked. The authors investigated the correlation dependence between snow depth and summer air temperature for each era of atmospheric circulation separately. For the same eras of atmospheric circulation the sign and spatial distribution of correlation coefficients remains the similar, but they changes together with era changed. The snow cover depth have a small value for summer temperature forecast in Europe during the "E" circulation era. During the "W+C" circulation era it is possible to use the snow cover depth as a predictor for temperature forecast.

Key words: long range weather forecast, snow cover, era of atmospheric circulation, air temperature, forecast definition.

Введение

Взаимосвязь среднемесячной летней температуры воздуха и характеристик снежного покрова Евразии объясняется тем, что снег является мощным климатообразующим фактором и важнейшей характеристикой подстилающей поверхности. Вследствие того, что снежный покров обладает значительной инерционностью, то он может выступать в роли информативного предиктора для прогноза температуры воздуха. Отсутствие видимого прогресса, в повышении успешности прогнозов погоды на месяц и сезон, заставляет прогнозистов привлекать различные физические механизмы, описывающие влияние подстилающей поверхности на атмосферную циркуляцию. Одним из таких механизмов является сложная зависимость между зимними характеристиками снежного покрова Евразии и температурным режимом Северного полушария в весенне-летний период.

Использованные данные

Исследования характеристик снежного покрова, на плохо освещенных наблюдениями пространствах Евразии, часто проводится по данным реанализа, который является важным источником информации для изучения крупномасштабного взаимодействия характеристик снежного покрова и циркуляционных процессов в тропосфере. В настоящее время существует несколько различных баз данных реанализа – NCEP/NCAR, ERA-40, NCEP/DOE, INTERIM/ECMWF, JRA-25, и другие. К сожалению, не все из них одинаково доступны исследователям.

Вполне реалистично воспроизводятся данными реанализа NCEP/DOE интегральные значения водного эквивалента снежного покрова, осредненные по большим территориям и за длительный интервал времени [5]. В большинстве случаев, взятая по данным реанализов и осредненная по площадям бассейнов рек межгодовая изменчивость характеристик снежного покрова, полученная по натурным наблюдениям, описывается с ошибкой, находящейся в пределах среднеквадратичного отклонения. В нашем исследовании была использована новая версия реанализа – исторический реанализ «Twentieth Century Reanalysis» NCEP/NCAR ("Support for the Twentieth Century Reanalysis Project dataset is provided by the U.S. Department of Energy, Office of Science Innovative and Novel Computational Impact on Theory and Experiment (DOE INCITE) program, and Office of Biological and Environmental Research (BER), and by the National Oceanic and Atmospheric Administration Climate Program Office."). Этот реанализ не только с высокой степенью достоверности воспроизводит характеристики снежного покрова, но и позволяет использовать модельные данные, начиная с 1870 года. Источником данных по температуре воздуха у поверхности земли так же послужил реанализ «Twentieth Century Reanalysis» NCEP/NCAR.

Для статистической обработки баз данных было использовано программное обеспечение, разработанное В.Ю. Цепелевым в ФГБУ «Санкт-Петербургский ЦГМС-Р».

Метод исследований

Основной гипотезой, проверявшейся в исследовании, является предположение об изменении во времени механизма влияния снежного покрова на температурный режим Евразии в зависимости от смены доминирующего циркуляционного механизма Северного полушария. Изменение во времени циркуляционного режима было описано в работах А.А. Гирса, Г.Я. Вангенгейма [2] и их последователей, где были выделены циркуляционные эпохи Северного полушария. В зависимости от преобладания тех или иных форм атмосферной циркуляции были описаны особенности циркуляционных переносов в каждой из эпох.

Мы исследовали связи между толщиной снежного покрова и распределением приземной температуры в Евразии внутри выбранных циркуляционных эпох. Из временного промежутка в 110 лет, имеющегося в нашем распоряже-

нии, были выбраны три циркуляционные эпохи, выделенные в Вангенгеймом Г.Я., Гирсом А.А. и Савичевым А.И. [1, 2, 3]:

➤ Первая эпоха – эпоха восточной циркуляции (Е), 1929–1939 гг. В этот период повторяемость процессов западной и меридиональной форм циркуляции была ослаблена, а повторяемость процессов восточной формы циркуляции систематически превышала норму. За 11 лет процессы восточной формы циркуляции заняли 45% от общего количества дней.

➤ Вторая эпоха – так же эпоха восточной циркуляции (Е), 1965–1985 гг. В этот промежуток времени процессы восточной формы циркуляции наблюдались с повышенной частотой, а повторяемость процессов меридиональной и западной форм циркуляции наблюдалась в пределах нормы.

➤ Эпоха западно-меридиональной циркуляции (W+C), 1986–2010 гг. Эпоха характеризовалась повышенной повторяемостью западных циркуляционных процессов и слегка повышенной повторяемостью процессов меридиональной формы циркуляции. Процессы восточной формы циркуляции были ослаблены.

Для каждой эпохи циркуляции, был рассчитан ранговый коэффициент корреляции Спирмана между толщиной снежного покрова в выбранных географических районах и температурой воздуха на территории Евразии в узлах регулярной сетки данных и оценена его значимость по критерию Стьюдента. Расчет проводился с различными лагами по времени. В результате были построены карты пространственного распределения коэффициентов корреляции и проанализирована значимость полученных связей.

В последнее время появляется все больше статей на тему влияния снежного покрова Евразии на температурный режим отдельных регионов и всего Северного полушария в целом. Механизмы влияния толщины снежного покрова на среднемесячные летние температуры воздуха исследовали в своих работах В.М. Хан, К.Г. Рубинштейн, Д. Сондерс, и другие ученые [4]. В одной из своих работ, В.М. Хан было выделено несколько географических регионов на территории Евразии толщина снежного покрова в которых, в наибольшей степени влияет на среднемесячные летние температуры воздуха. Эти регионы являются зонами повышенной информативности в полях толщины снежного покрова (рис. 1).

Для целей нашего исследования было выбрано два региона из выделенных В.М. Хан. Координаты центра первого региона, расположенного на юге Таймыра, – 70° с.ш.; 100° в.д. Координаты центра второго региона, расположенного в центральной Якутии, – 66° с.ш.; 130° в.д. Параметры снежного покрова в каждом из них проверялись на связь с аномалиями приземной температуры воздуха в северной части Евразии. Нами был проведен анализ корреляционных связей толщины снежного покрова, наблюдавшегося в указанных центрах в феврале и марте и среднемесячных значений температуры воздуха на пространстве северной части Евразии в мае, июне и июле. Анализ проводился по каждой из вы-

бранных циркуляционных эпох в отдельности. Для корреляционных связей рассчитан 90 % уровень значимости Стюдента. В рассмотрение принимались только значимые коэффициенты корреляции. В связи с большим объемом графического материала в статье приведены только основные, обобщающие карты.

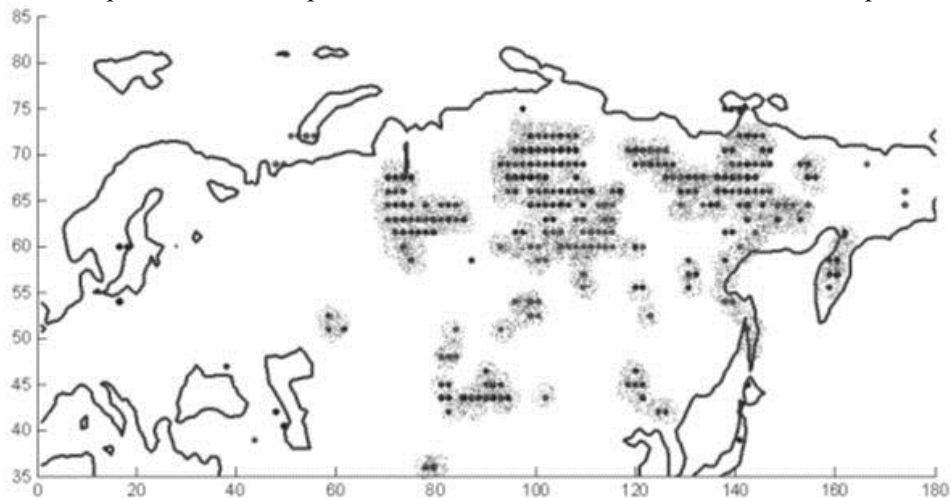


Рис. 1. Районы повышенной информативности в полях толщины снежного покрова

Краткий обзор особенностей циркуляционных характеристик и характеристик снежного покрова по циркуляционным эпохам

Циркуляционная эпоха 1929–1939 годов

Средняя карта аномалий приземного давления за февраль 1929–1939 гг. характеризуется обширным районом положительных значений над Якутией и Иркутской областью и областью отрицательных значений над Казахстаном и центральным регионом России. Средняя карта аномалий температуры воздуха за этот период показывает область положительных значений в районе Таймыра и восточной Якутии и область отрицательных значений в Краснодарском крае, Казахстане и Китае (рис. 2-1).

На средней мартовской карте аномалий приземного давления выделяется обширное поле отрицательных значений от Поволжья до Зауралья и области положительных значений в Забайкалье, Монголии, Китае и Арктическом бассейне. На средней мартовской карте аномалий температуры воздуха наблюдаются области отрицательных значений на Дальнем Востоке, Китае, в Монголии, севере европейской части РФ и Таймыре (рис. 2-2).

На средней карте аномалий толщины снежного покрова в феврале четко выражено поле отрицательных значений в центральной России и центральной Сибири и положительных значений по югу РФ, Казахстану, Монголии и Китаю, на Таймыре и Дальнем Востоке РФ. В марте распределение аномалий толщины снежного покрова аналогично февралю.

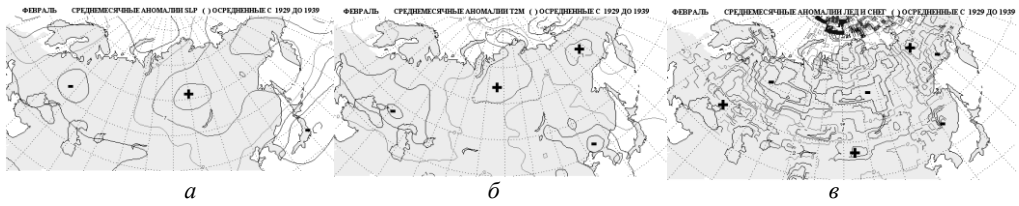


Рис. 2-1. Февральские среднемесячные аномалии, осредненные за период 1929–1939 гг.
 а – давления на уровне моря, б – температуры на уровне 2 м, в – высоты снежного покрова

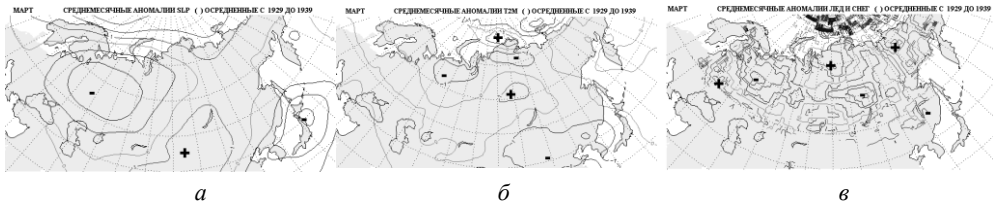


Рис. 2-2. Мартовские среднемесячные аномалии, осредненные за период 1929–1939 гг.
 а – давления на уровне моря, б – температуры на уровне 2 м, в – высоты снежного покрова

Циркуляционная эпоха 1965–1985 годов

На средней февральской карте аномалий приземного давления хорошо выражена большая область положительных значений в Арктике и северной части РФ. Область отрицательных аномалий давления располагается по югу РФ, в Средней Азии, Китае (рис. 3-1). В поле аномалий температуры области отрицательных значений расположены в Восточной Сибири, а положительные аномалии занимают юг Сибири от Урала до Дальнего Востока.

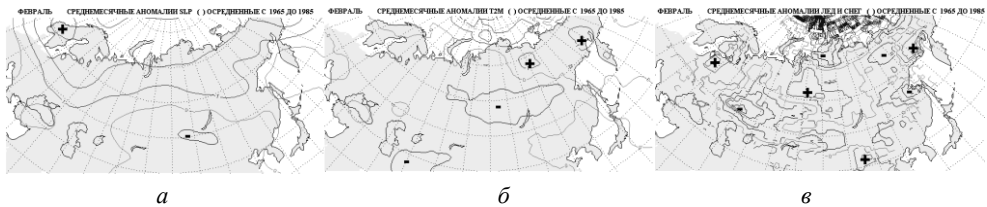


Рис. 3-1. Февральские среднемесячные аномалии, осредненные за период 1965–1985 гг.
 а – давления на уровне моря, б – температуры на уровне 2 м, в – высоты снежного покрова

На средней карте мартовских аномалий приземного давления можно выделить обширное поле отрицательных значений в Европейской части Ф, а положительные аномалии распространяются из Арктики через Таймыр на Черное море. В поле аномалий температуры отмечаются области положительных значений над республикой Коми и центральной Якутией и Забайкалье (рис. 3-2).

Средние февральские аномалии толщины снежного покрова характеризуются обширной областью отрицательных аномалий вдоль пятидесятой параллели, протянувшейся от Европейской части РФ до Сахалина, с максимумами на Южном Урале и районе Хабаровска. Положительные аномалии находятся в Прибалтике и Белоруссии, центре Западной Сибири и в Якутии. На мартов-

ской карте отмечаются обширные районы положительных аномалий толщины снежного покрова на юге РФ и Украине, Забайкалье и в Якутии. Область отрицательных аномалий локализована в районе Уральских гор.

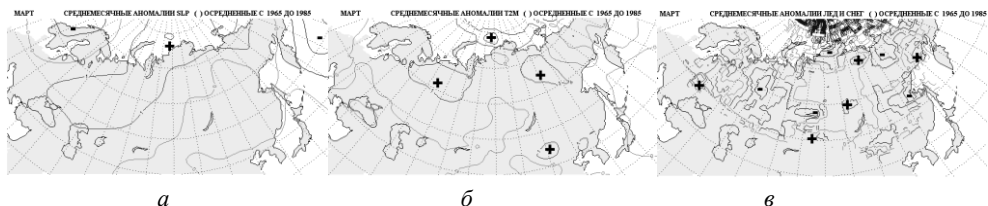


Рис. 3-2. Мартовские среднемесячные аномалии, осредненные за период 1965–1985 гг.
а – давления на уровне моря, б – температуры на уровне 2 м, в – высоты снежного покрова

Циркуляционная эпоха 1986–2010 годов.

На карте февральских аномалий приземного давления (рис. 4-1), область отрицательных аномалий вытянулась от Кольского до Чукотского полуострова вдоль побережья Северного Ледовитого океана и распространилась до Китая на юге. Область положительных аномалий расположена в Западной Европе. Области положительных аномалий февральской температуры воздуха расположены практически над всей территорией Евразии за исключением Таймыра, где наблюдается небольшая область отрицательных аномалий температуры воздуха.

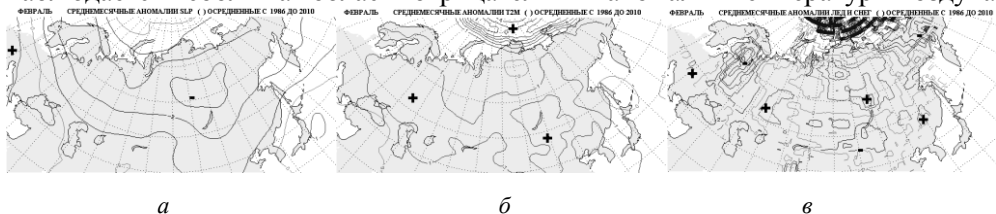


Рис. 4-1. Февральские среднемесячные аномалии, осредненные за период 1986–2010 гг.
а – давления на уровне моря, б – температуры на уровне 2 м, в – высоты снежного покрова

В марте, на карте аномалий приземного давления (рис. 4-2), можно выделить преобладающую область отрицательных значений вытянутую через всю северную Евразию от Скандинавии до Камчатки и занимающую практически всю Сибирь. Положительные аномалии давления локализованы в Западной Европе. Область положительных аномалий температуры воздуха в марте охватывает практически всю Евразию.

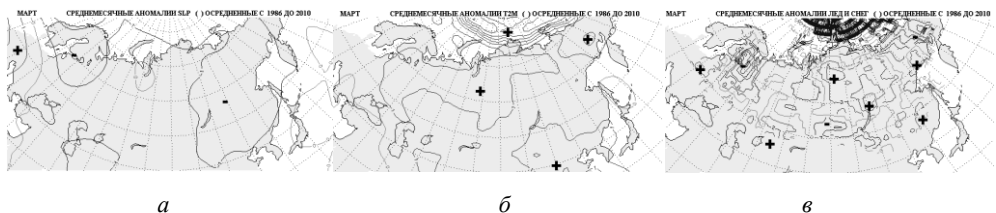


Рис. 4-2. Мартовские среднемесячные аномалии, осредненные за период 1986–2010 гг.
а – давления на уровне моря, б – температуры на уровне 2 м, в – высоты снежного покрова

На февральских картах аномалий толщины снежного покрова (рис. 4-1) зоны отрицательных аномалий малы и локализованы на Северо-Западе континента и Чукотке. Положительные аномалии занимают всю центральную и южную Сибирь, восток Европейской части РФ, Дальний Восток.

На мартовской карте географическое распределение аномалий толщины снежного покрова (рис. 4-2) схоже с февральским распределением.

Особенности корреляционных связей толщины снежного покрова в Якутском и Таймырском Центрах и температуры воздуха в Евразии

В табл. 1 и 2 проанализировано географическое распределение районов значимых корреляционных связей, с уровнем значимости 90% по Стьюденту.

Таблица 1

Корреляционная связь между характеристиками снежного покрова в Якутском и Таймырском Центрах в феврале и температурой воздуха в Евразии в мае, июне и июле

Эпохи циркуляции	Центры влияния	
	Якутский Центр	Таймырский Центр
1929–1939	<i>Май</i> Основные области значимых отрицательных связей в Казахстане, на западе озера Байкал, в районе Чукотского полуострова и на побережье Северного Ледовитого Океана. Очаги положительных корреляционных связей располагаются на юге Скандинавии.	<i>Май</i> Обширная зона положительных значений на территории Западносибирской равнины и Среднесибирского плоскогорья.
	<i>Июнь</i> Очаги отрицательных значений корреляционных связей выявляются на Дальнем Востоке и в Якутии. Зоны положительных корреляционных связей расположены в районе Уральских гор, в Западной Сибири и в центральной Европе.	<i>Июнь</i> Обширная зона отрицательных корреляций над территорией Казахстана и центрального Зауралья и над севером Урала. Область положительных связей растянулась от полуострова Таймыр до Колымы.
	<i>Июль</i> Области отрицательных коэффициентов корреляции охватывают Балтийское море, Северо-Западный регион РФ, юг Таймыра и восток Чукотки. Область положительных корреляционных связей, расположена в Казахстане.	<i>Июль</i> Область отрицательных значений коэффициентов корреляции располагается в районе от Поволжья до Казахстана. Область положительных коэффициентов корреляции в районе Колымы – восточной Якутии и Чукотки.
1965–1985	<i>Май</i> Очаги положительных корреляций расположены на Западносибирской равнине, восточной Якутии, Колымской низменности.	<i>Май</i> Область отрицательных корреляционных связей протянулась от озера Балхаш до Сахалина.

	<i>Июнь</i> Отрицательные корреляции воздуха наблюдаются в области, растянувшейся от Белого моря до Красноярского края и в Якутии. <i>Июль</i> Области отрицательных коэффициентов корреляции расположены в центре Казахстана, Колымского нагорья и восточном побережье Камчатки. Область положительных корреляций находится в районе Белого моря и архипелага Новая Земля.	<i>Июнь</i> Области отрицательных корреляций располагаются в Иркутской области и Якутии и на западе Таймыра. Область положительных корреляций располагается в районе Черного моря. <i>Июль</i> Очагами отрицательных значений корреляции расположены в Бурятии и Читинской области, на Восточно-европейской равнине и в районе Верхоянского хребта. Область положительных коэффициентов находится на Чукотке.
1986–2010	<i>Май</i> Очаги отрицательных корреляций располагаются в районе Уральских гор, в Красноярском крае, на Таймыре. Две области положительных корреляционных связей находятся на Сахалине, Камчатке и в Восточной Европе. <i>Июнь</i> Области отрицательных коэффициентов располагаются на Кавказе и Восточноевропейской равнине, а также на Сахалине. Области положительных корреляций расположены на Чукотке, и в районе озера Балхаш. <i>Июль</i> Отрицательная корреляционная связь хорошо выражена в зоне, растянувшейся вдоль сорокового меридиана от Белого моря до Кавказских гор, в Иркутской области и Красноярском крае.	<i>Май</i> Отрицательные корреляции хорошо выражены в области, растянувшейся от Аральского моря до Колымы, которая охватывает Казахстан, Среднесибирское плоскогорье и Якутию. Области положительных корреляций наблюдаются в районе Черного моря и Поволжья. <i>Июнь</i> Зона отрицательных коэффициентов расположена на Тихоокеанском побережья Китая и на пространстве Восточной Сибири от Таймыра до Монголии. <i>Июль</i> Отрицательные коэффициенты корреляции сконцентрированы в зоне от Балтийского до Черного морей, на Среднесибирском плоскогорье, в Казахстане и районе Уральских гор.

Таблица 2

Корреляционная связь между характеристиками снежного покрова в Якутском и Таймырском Центрах в марте и температурой воздуха в Евразии в мае, июне и июле

Эпохи циркуляции	Центры влияния	
	Якутский Центр	Таймырский Центр
1929–1939	<i>Май</i> Наблюдаются области отрицательной корреляции, растянувшиеся от западной Сибири до Чукотки. Очаг положительной корреляции находится на юге Балтийского моря.	<i>Май</i> Максимальные, отрицательные корреляционные связи локализуются в южном Казахстане и на Колыме, а так же на севере Восточноевропейской равнины.

	<i>Июнь</i> Отрицательные корреляционные связи занимают обширный район от полуострова Таймыр до Анадыря. Область значимых положительных коэффициентов расположена над южной частью Уральских гор. <i>Июль</i> Выделяются четыре очага повышенных значений отрицательной корреляции, на Северо-Западе РФ, юге Таймыра, Чукотском полуострове и севере Казахстана.	<i>Июнь</i> Области отрицательных корреляций протянулись от Среднесибирского плоскогорья до острова Сахалин, в районе Аральского моря и в Архангельской области. <i>Июль</i> Области максимальных отрицательных корреляций расположились в районе озера Байкал, в районе Скандинавского полуострова и в Якутии.
1965–1985	<i>Май</i> Очаги отрицательных корреляций расположены в Северо-Восточной Европе и Колымской низменности, а очаги положительных корреляций на территории Казахстана, Западносибирской равнины, в области растянувшейся от Верхоянского хребта до полуострова Камчатка и в восточной Монголии. <i>Июнь</i> Связь характеризуется областью положительных корреляций на территории Монголии. <i>Июль</i> Три очага отрицательных корреляционных связей находятся в районе полуострова Таймыр, Камчатки и на побережье Азовского моря. Наблюдаются области положительной корреляции – в Монголии, на побережье Японского моря и на Скандинавском полуострове.	<i>Май</i> Небольшие области отрицательных коэффициентов корреляции локализованы на полуострове Таймыр, в северном Китае, на юге Среднесибирского плоскогорья и Тиманском кряже. Области положительных корреляций расположены над Черным морем и Центральной Европой. <i>Июнь</i> Области отрицательных корреляций протянулись от восточного Китая до Верхоянского хребта и расположились над Уральскими горами. Область положительных корреляций располагается над Украиной. <i>Июль</i> Обширные зоны отрицательных значений находятся в Якутии, Амурской, Читинской областях и на Восточноевропейской равнине. Небольшие области положительных коэффициентов корреляции расположены на Чукотке и Украине.
1986–2010	<i>Май</i> Области отрицательной корреляционной связи расположены в Республике Коми и на Сахалине.	<i>Май</i> Области отрицательных коэффициентов корреляции, занимают пространство от Таймыра до Казахстана. Области положительных коэффициентов расположены в районе Черного моря и в Центре Европейской части России.

	<i>Июнь</i> Очаги отрицательных коэффициентов корреляции расположены в центральном регионе России, на Сахалине и востоке Байкала. Очагом положительных значений, находятся в районе Приленского плато. <i>Июль</i> Отрицательная корреляционная связь хорошо выражена в районе Восточноевропейской равнины, на Северо-Востоке Якутии и на Западносибирской равнине.	<i>Июнь</i> Пространственное распределение коэффициентов корреляции имеет высокую степень сходства с распределением коэффициентов для февраля. <i>Июль</i> Области с отрицательной связью расположены в районе Черного моря и Скандинавского полуострова, на Среднесибирском плоскогорье, Северной части Якутии и в Монголии. Области положительных коэффициентов расположены на Урале, в Казахстане и на Сахалине.
--	---	---

По результатам анализа были построены сводные карты центров наиболее значимых корреляционных связей для февральской и мартовской толщин снежного покрова в отдельности по циркуляционным эпохам (рис. 5, 6, 7).

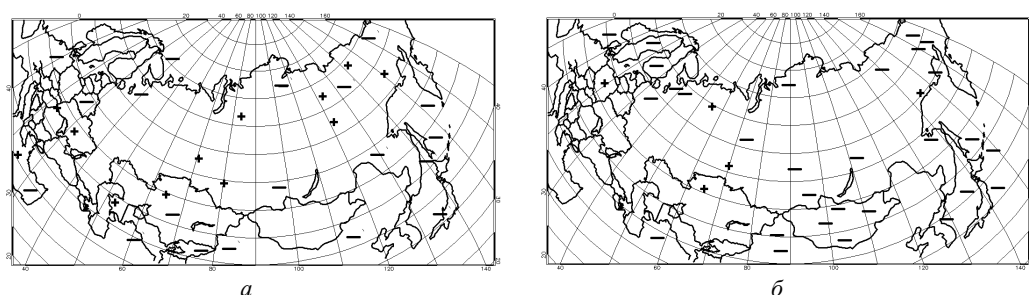


Рис. 5. Географическое положение центров значимых корреляционных связей между февральскими (а) или мартовскими (б) толщинами снежного покрова в Таймырском и Якутском Центрах и температурами приземного воздуха в мае, июне и июле в эпоху циркуляции 1929–1939 гг.
«+» – очаги положительных корреляций, «-» – очаги отрицательных корреляций.

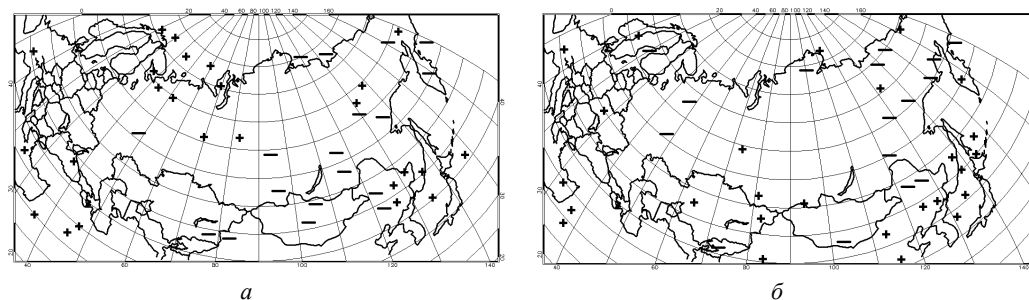


Рис. 6. Географическое положение центров значимых корреляционных связей между февральскими (а) или мартовскими (б) толщинами снежного покрова в Таймырском и Якутском Центрах и температурами приземного воздуха в мае, июне и июле в эпоху циркуляции 1965–1985 гг.
«+» – очаги положительных корреляций, «-» – очаги отрицательных корреляций

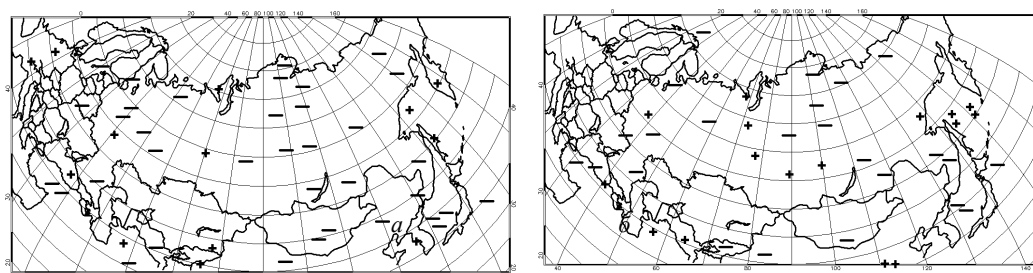


Рис. 7. Географическое положение центров значимых корреляционных связей между февральскими (а) или мартовскими (б) толщинами снежного покрова в Таймырском и Якутском Центрах и температурами приземного воздуха в мае, июне и июле в эпоху циркуляции 1986–2010 гг.

«+» – очаги положительных корреляций, «-» – очаги отрицательных корреляций

Анализ карт корреляций

Связь летних температур воздуха с толщиной февральского снежного покрова

Как следует из анализа карт, пространственное распределение знака и локализации наиболее значимых корреляционных связей меняется от одной циркуляционной эпохи к другой. Так для связей февральского снежного покрова с летними температурами воздуха, в эпоху циркуляции 1929–1939 гг., над Северо-Западом РФ и побережьем Баренцева моря располагался очаг отрицательных корреляций, тогда как в эпоху 1965–1985 гг. в этом же районе появился очаг положительных корреляций. В эпоху 1986–2010 гг. в этом районе вновь отмечается очаг отрицательных корреляций. Очаг положительных корреляций сохранялся в Причерноморском и Прикаспийском регионе в эпохи 1929–1939 гг. и 1965–1985 гг., а в эпоху 1986–2010 гг. этот район преимущественно занимал очаг отрицательных корреляций. В районе Владивостока, Северо-Востока Китая и Японских островов в эпоху 1929–1939 и 1986–2010 гг. существовал очаг отрицательных корреляций, а в эпоху 1965–1985 гг. он был заменен на очаг положительных корреляций. Тем не менее, устойчивая отрицательная связь сохранялась во все три эпохи для района окружающего озеро Байкал.

Связь летних температур воздуха с толщиной мартовского снежного покрова

Для связей мартовского снежного покрова с летними температурами воздуха, во все 3 рассматриваемые эпохи циркуляции на Северо-Западе РФ, Таймыре, Красноярском крае, Чукотке и Прибайкалье сохранялась область отрицательных корреляций. Смена области отрицательной корреляции в 1929–1939 гг. на положительную в 1965–1985 гг. и обратно на отрицательную в 1986–2010 гг. происходила в Причерноморском и Прикаспийском районе, в районе Владивостока, Кореи и Японских островов. В районе Сахалина, отрицательная связь 1929–1939 гг. изменяется на положительную в 1965–1985 гг. и сохраняется в 1986–2010 гг.

В целом, корреляционная связь толщины снежного с летними температурами для февраля и марта имеет схожую динамику.

Кроме того, нами были построены сводные карты влияния толщины снежного покрова, в каждом из центров в отдельности, на летние температуры воздуха (рис. 8). Анализ карт показывает, что Якутский Центр оказывает большее влияние на температуру воздуха летом в Восточной Сибири, Японском море и Средней Азии, а Таймырский Центр оказывает большее влияние на Северо-Западный регион РФ и Западную Сибирь. Влияние Таймырского и Якутского Центров противоположно в Приморье, Охотском море и Причерноморском регионе. На Северо-Западный регион РФ и Таймыр влияние Таймырского и Якутского Центров имеет один знак.

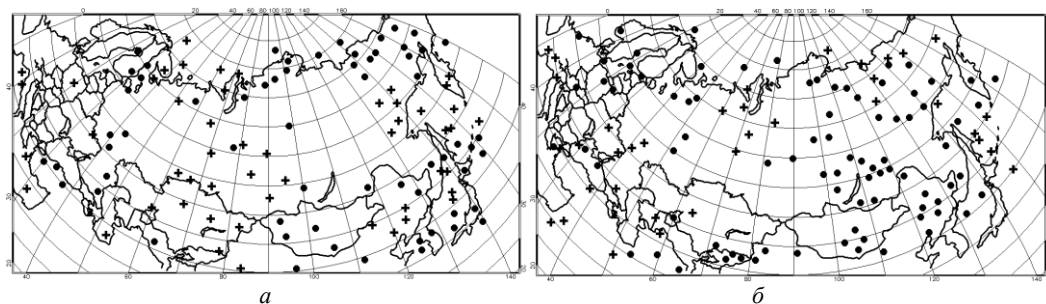


Рис. 8. Географическое положение центров значимых корреляционных связей между толщинами снежного покрова в Таймырском (а) и Якутском (б) Центрах и летними температурами приземного воздуха. «+» – очаги положительных корреляций, «-» – очаги отрицательных корреляций

Заключение

По результатам проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

– Наблюдается существенное отличие в пространственном распределении аномалий приземного давления, температуры и толщине снежного покрова в февралях и марта различных циркуляционных эпох. В эпоху циркуляции 1986–2010 гг. произошло смещение циклонической деятельности в Арктику вдоль всей территории Евразии, тогда как в эпоху 1929–1939 гг. отрицательные аномалии в Арктике наблюдались преимущественно в Европейском секторе, а в эпоху 1965–1985 гг. над Арктикой располагалась область положительных аномалий давления. Смещение циклонов привело к интенсивному выносу тепла в высокие широты и область отрицательных аномалий температуры над севером Евразии, которая наблюдалась в 1965–1985 гг., сменилась обширной областью положительных аномалий. Сложные обратные связи между толщиной снежного покрова с температурой воздуха и количеством выпадаемых осадков, обусловленных циклонической деятельностью, привели к изменению картины распределения толщин снежного покрова по территории северной Евразии. Если

в 1929–1939 гг. на большей части территории преобладали отрицательные аномалии толщины снежного покрова, то в 1965–1985 гг. на Северо-Западе и в Западной Сибири появилась область положительных аномалий снежного покрова. В эпоху 1986–2010 гг. область положительных аномалий уже охватывает большую часть изучаемой территории за исключением ее крайнего запада и востока.

– Значимая синхронная корреляционная связь между температурой или приземным давлением и толщиной снежного покрова не наблюдается ни в одну из циркуляционных эпох. В качестве примера приводятся карты корреляций для февраля эпох циркуляции 1965–1985 и 1986–2010 гг. (рис. 9).

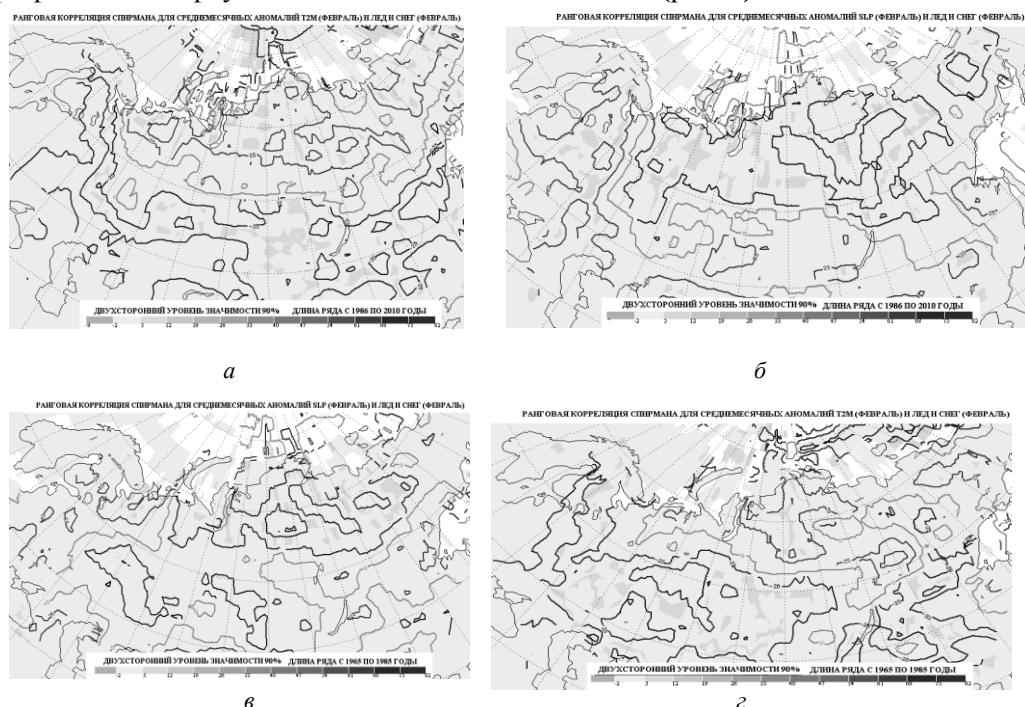


Рис. 9. Карты распределения коэффициентов корреляции синхронной связи между аномалиями приземного давления (а, в), аномалиями приземной температуры воздуха (б, г) и толщиной снежного покрова в феврале 1986–2010 гг. (а, б) и 1965–1985 гг. (в, г)

– Асинхронные корреляционные связи между февральской и мартовской толщиной снежного покрова и летней температурой воздуха в Евразии неустойчивы во времени. Знак и величина связи в конкретном географическом районе зависит от типа циркуляции в атмосфере. При смене циркуляционной эпохи происходит перемещение областей повышенных, значимых коэффициентов корреляции в другие географические районы.

– В эпоху циркуляции «Е», характеристики толщины снежного покрова мало информативны для прогноза летней температуры воздуха в Европе, но оказывают большое влияние на летнюю температуру воздуха в Сибири.

- Области высоких корреляционных связей температуры воздуха с февральской и мартовской толщиной снежного покрова имеют схожее географическое распределение.

- Размер и интенсивность корреляционных связей летних температур воздуха выше с февральской толщиной снежного покрова, чем с мартовской.

- Летние температуры в Восточной Европе, Прибайкальском регионе и Чукотке имеют преимущественно отрицательную корреляционную связь с февральской и мартовской толщиной снежного покрова во все рассмотренные эпохи циркуляции.

- На Дальнем Востоке, связь толщины снежного покрова с летними температурами в Европе меняет знак от эпохи к эпохе.

- Якутский Центр оказывает большее влияние на температуру воздуха летом в Восточной Сибири, Японском море и Средней Азии, а Таймырский Центр оказывает большее влияние на Северо-Западный регион РФ и Западную Сибирь.

- Влияние Таймырского и Якутского Центров противоположно в Приморье, Охотском море и Причерноморском регионе. На Северо-Западный регион РФ и Таймыр влияние Таймырского и Якутского Центров имеет один знак.

- С высокой степенью вероятности, области положительных корреляционных связей между толщиной снежного покрова феврале (марте) и летними температурами воздуха совпадают с локализацией положительных (отрицательных) аномалий давления на средних февральских (мартовских) картах.

- Смена географической локализации областей положительных и отрицательных аномалий приземного давления от одной циркуляционной эпохи к другой приводит к смене географической локализации областей и знаков корреляции между толщиной снежного покрова и летними температурами воздуха.

Знак и пространственное распределение корреляционной связи между характеристиками снежного покрова и температурой воздуха является важным прогностическим указанием. Зная тип текущей эпохи атмосферной циркуляции можно включить толщину снежного покрова в качестве предиктора в статистические прогностические схемы долгосрочного прогноза погоды. Выводы, представленные в работе, имеют не только аналитическое, но и прогностическое значение и могут быть использованы для улучшения качества прогнозов температуры воздуха на летний сезон.

Литература

1. Багров Н.А., Кондратович К.В., Педь Д.А., Угрюмов А.И. Долгосрочные метеорологические прогнозы. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 341 с.
2. Гирс А.А. Макроциркуляционный метод долгосрочных метеорологических прогнозов. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 488 с.
3. Савичев А.И., Цепелев В.Ю. Прогноз погоды на месяц по методу типовых макропроцессов // Уч. зап. РГГМУ, 2008, № 8, с. 62-81.
4. Хан В.М., Рубинштейн К.Г., Шмакин А.Б. Сравнение сезонной и межгодовой изменчивости снежного покрова в бассейнах рек России по данным наблюдений и реанализов // Изв. РАИ «Физика атмосферы и океана», 2007, т. 43, № 1, с. 1-11.
5. Kistler R. The NCEP/NCAR reanalysis prior to 1958, Second WCRP international conference on reanalysis. 2000. WCRP-109, WMO/TD. N. 985. P. 27-37.

М.А. Моцаков, А.Р. Курганский, С.П. Смышляев

**ПОЛУЛАГРАНЖЕВ АЛГОРИТМ АДВЕКТИВНОГО ПЕРЕНОСА
АТМОСФЕРНЫХ ПРИМЕСЕЙ НА СФЕРЕ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНТЕРПОЛЯЦИИ ОДНОМЕРНЫМ
СПЛАЙНОМ**

M.A. Motsakov, A.R. Kurganskiy, S.P. Smyshlyayev

**A SEMI-LAGRANGIAN SCHEME FOR ATMOSPHERIC TRACE
GASES ADVECTION ON THE SPHERE WITH ONE-DIMENSIONAL
SPLINE INTERPOLATION**

Рассмотрены принципы работы и приведены результаты тестирования алгоритма полулагранжева переноса на сфере, предназначенного для построения глобальных моделей адвективного переноса атмосферных примесей. Алгоритм реализован с использованием одномерного кубического сплайна, прост в построении и не требует больших затрат машинного времени. В работе представлены результаты тестирования, показывающие эффективность метода применительно к решению задачи глобального переноса примесей.

Ключевые слова: адвекция, атмосферные малые газы, сохранение массы, интерполяция сплайном.

The principals of computationally effective semi-lagrangian atmospheric advection algorithm construction and testing results are presented. The algorithm is based on the one-dimensional spline and designed for modeling by global trace gases transport models. The results of the algorithm tests are represented. The tests results demonstrated the method effectiveness.

Key words: advection, atmospheric trace gases, mass conservation, spline interpolation.

Введение

Для корректного описания адвективного переноса атмосферных малых газовых составляющих и аэрозольных частиц в численных моделях химического состава атмосферы крайне важны глобальное и локальное сохранение массы и минимизация вычислительных погрешностей типа искусственной диффузии и дисперсии [1]. В этой связи в глобальных и региональных атмосферных моделях чаще всего используют специальные алгоритмы адвективного переноса, ориентированные на сохранение массы и минимизацию вычислительных шумов [1-4]. Однако при этом алгоритмы моделей существенно усложняются, что при высоком разрешении модельной сетки может привести к падению вычислительной эффективности. Кроме того, при рассмотрении глобальных процессов на сфере возникают вычислительные особенности на полюсах, требующие еще большего усложнения алгоритмов [5]. В настоящей работе сделана попытка создания несложного, вычислительно эффективного, но при этом достаточно точного алгоритма адвективного переноса атмосферных примесей на сфере, пред-

назначенного для использования в глобальных и региональных моделях химического состава атмосферы [6].

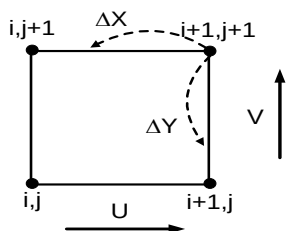


Рис. 1. Ячейка сетки

Тогда

Рассмотрим ячейку двумерной А-сетки Аракавы [7] на сфере. Ось X направим по касательной к кругу широты, ось Y по касательной к меридиану. Пусть i, j – номера узлов сетки по долготы и широте, $\Delta X, \Delta Y$ – изменение координат частицы за шаг по времени выраженные в градусах, U, V – компоненты вектора скорости двумерного потока (выраженные через градусы в секунду), Δt – шаг по времени (рис. 1).

$$\Delta X_{i+1,j+1} = U_{i+1,j+1} \Delta t;$$

$$\Delta Y_{i+1,j+1} = V_{i+1,j+1} \Delta t;$$

$$\delta X_{i+1,j+1} = X_{i+1,j+1} - \Delta X_{i+1,j+1};$$

$$\delta Y_{i+1,j+1} = Y_{i+1,j+1} - \Delta Y_{i+1,j+1},$$

где X и Y – координаты узлов сетки, градусы; δX и δY – координаты начальной точки траектории частицы, градусы.

Построим одномерный сплайн $S(x)$ между узлами сетки $i, j+1$ и $i+1, j+1$. Найдем значение сплайна $S(\delta X)$. Рассчитаем приращение концентрации в узле $i+1, j+1$ за счет переноса по широте.

$$\delta C_x = C_{i+1,j+1}(t) - S(\delta X),$$

где δC_x – изменение концентрации за счет переноса вдоль круга широты; C – концентрация трассера; t – время.

Построим одномерный сплайн $S(y)$ между узлами сетки $i+1, j$ и $i+1, j+1$. Найдем значение сплайна $S(\delta Y)$. Рассчитаем приращение концентрации в узле $i+1, j+1$ за счет переноса по долготы.

$$\delta C_y = C_{i+1,j+1}(t) - S(\delta Y),$$

где δC_y – изменение концентрации за счет переноса вдоль меридиана.

Рассчитаем изменение концентрации в узле $i+1, j+1$ за шаг по времени для двумерного поля

$$C_{i+1,j+1}(t + \Delta t) = C_{i+1,j+1}(t) + \delta C_x + \delta C_y.$$

В общем случае для n -мерного поля получим:

$$C(t + \Delta t) = C(t) (n-1) + \sum_{n=1}^n S_n(\delta R_n),$$

где δR_n – координаты начальной точки траектории частицы по оси n ; S_n – одномерный сплайн.

Эксперимент с одномерным облаком

Сравним качество переноса по описанной выше схеме с переносом по схеме Прэйтора [2]. Зададим одномерную сетку размером 120 узлов с шагом 15 км. Скорость переноса положим равной 5 метрам в секунду. Шаг по времени возьмем 1800 секунд. Зададим начальное поле в виде ступенчатого выброса, в узлах с 5 по 25 включительно, с концентрацией 11 условных единиц. В остальных узлах сетки зададим концентрацию 10 единиц. Дадим прогноз перемещения облака трассера на 140 шагов по времени. Рассмотрим изменение формы облака в процессе интегрирования. Также отобразим изменение общей массы трассера в процессе интегрирования в обоих случаях.

Из анализа полученных результатов представленных на рис. 2 и 3 можно сделать вывод о достаточной корректности метода в отношении переноса поля трассера по сравнению с одной из передовых конечноразностных схем.

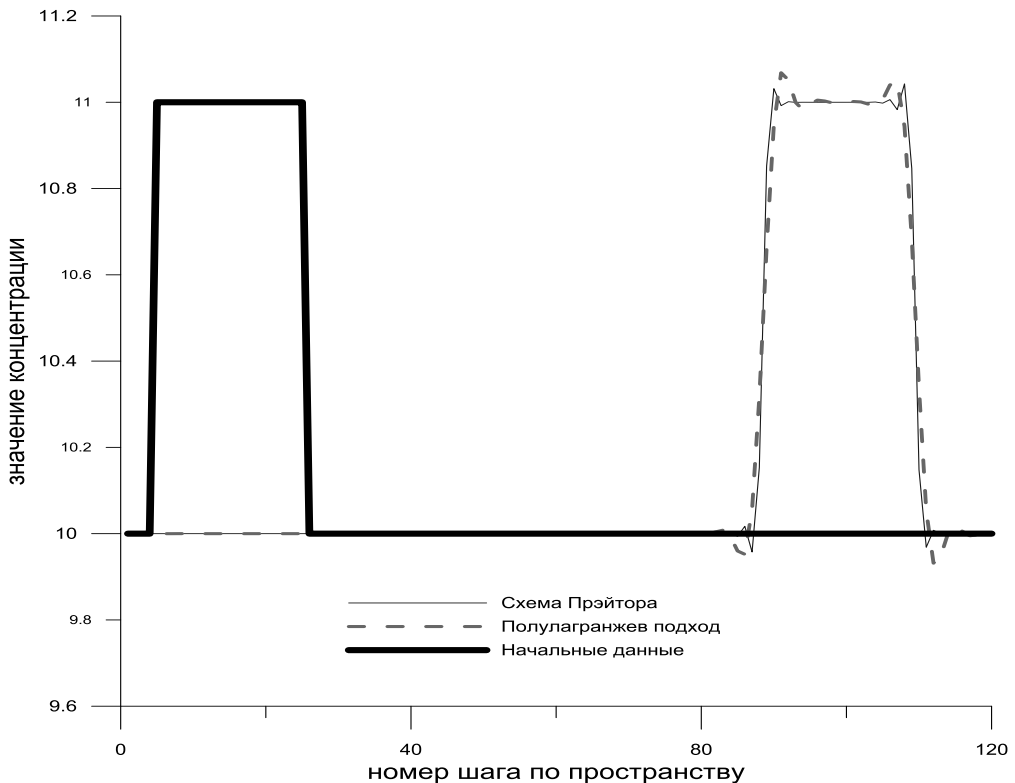


Рис. 2. Результат переноса одномерного облака по схеме Прэйтора и полулагранжевой схеме

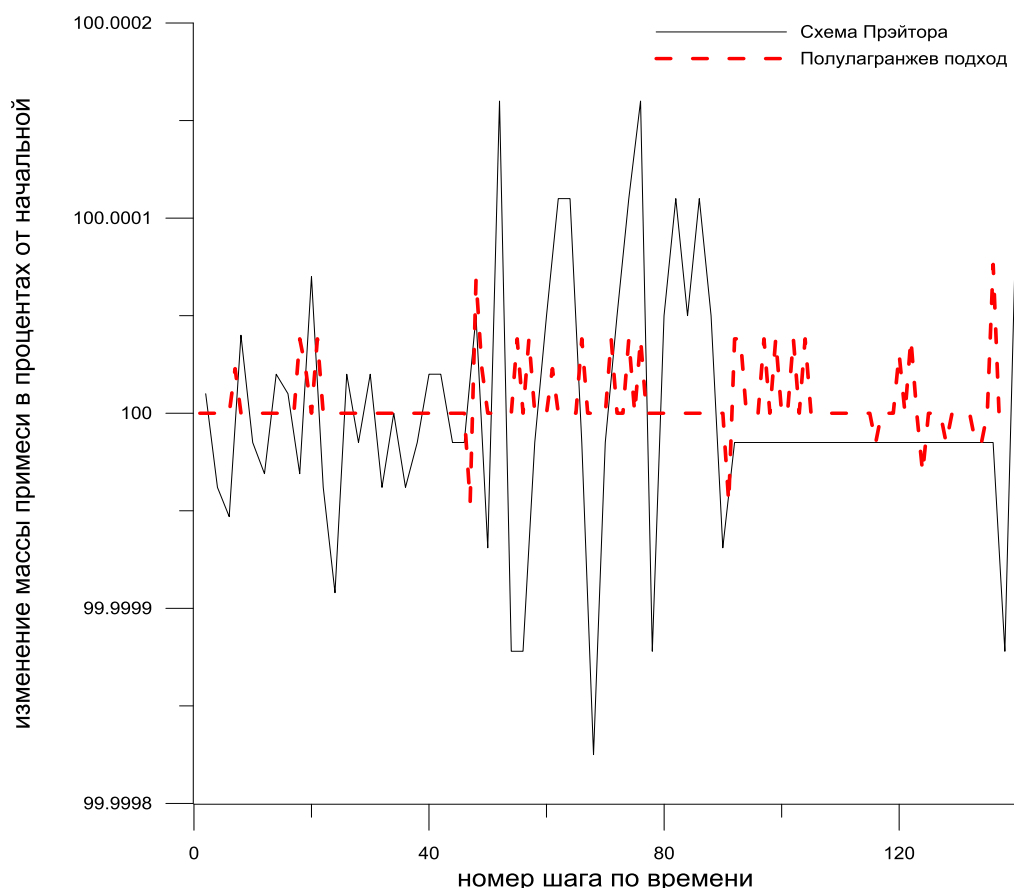


Рис. 3. Изменение массы трассера в процессе интегрирования уравнения адвекции примеси

Эксперимент с двумерным облаком на сфере

На двумерной сетке реализованы периодические по сфере граничные условия, позволяющие обеспечить беспрепятственное прохождение массы сквозь особые точки на полюсах, а также, сквозь нулевой меридиан. Метод постановки граничного условия основан на алгоритме двумерного развертывания поля с перекрытием в районах полюсов и нулевого меридиана (рис. 4). Благодаря чему, происходит замыкание поля по параллелям в области нулевого меридиана, и по меридианам в точках полюсов. Вводятся фиктивные участки поля по обе стороны нулевого меридиана, являющиеся зеркальным отображением существующих областей сетки. Сетка увеличивается на величину $2N_x$ по долготе и на величину $2M_y$ по широте, где M_y и N_x – размеры областей перекрытия в градусах. В развернутом виде размер области интегрирования по долготе будет от $0^\circ - N_x$ до $360^\circ + N_x$, и от $-90 - M_y$ до $+90 + M_y$ по широте.

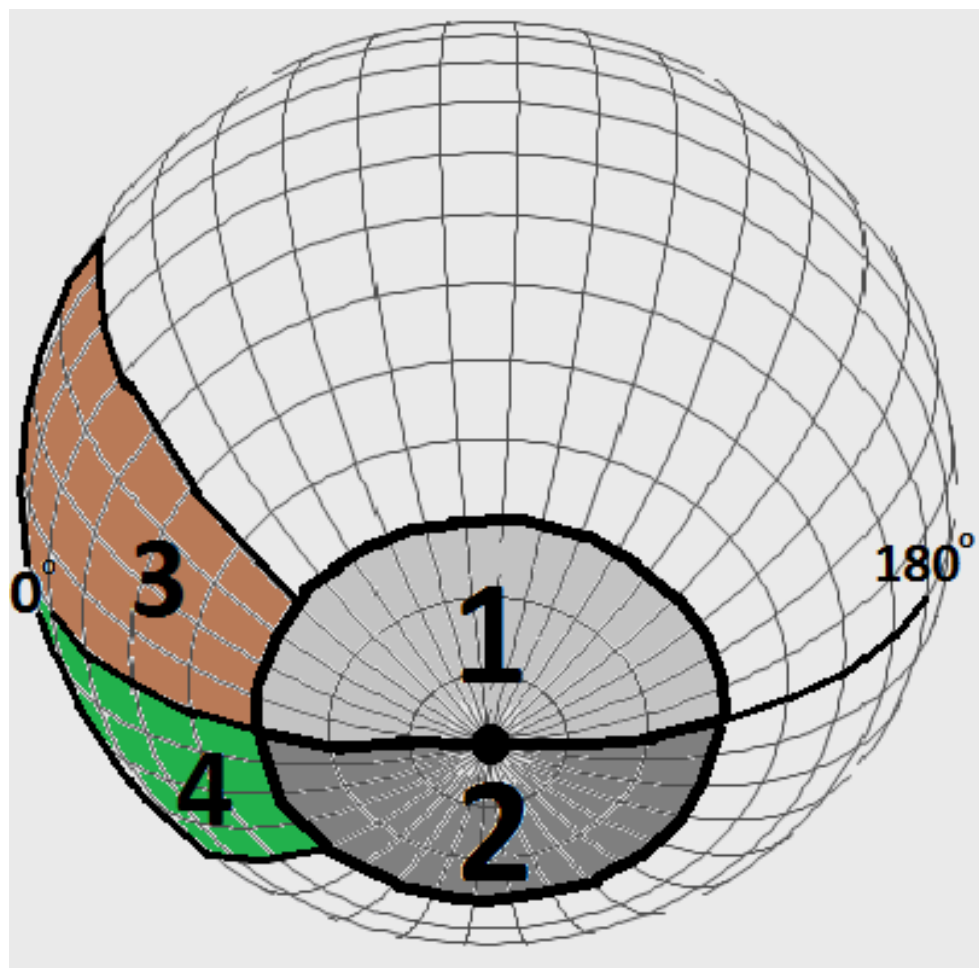


Рис. 4. Развертывание поля с перекрытием в районах полюсов и нулевого меридиана

На рис. 4 отображены зоны наложения сетки с перекрытием, для параллелей (секторы 3, 4) и для меридианов (секторы 1, 2). Размеры зон наложения по широте и долготы, при развертке поля, определяются величиной максимального перемещения трассера, выраженной в градусах за шаг по времени. И могут варьироваться от слоя к слою по вертикали, обеспечивая условие минимума вычислительной нагрузки при решении трехмерной задачи переноса.

На рис. 5 пошагово отображен проход облака трассера через особую точку полюса. Как видно из рисунка, модель сохраняет форму и амплитуду облака благодаря граничному условию.

На рис. 6 пошагово отображен проход облака трассера по параллели. Как видно из рисунка, модель сохраняет форму и амплитуду облака благодаря граничному условию.

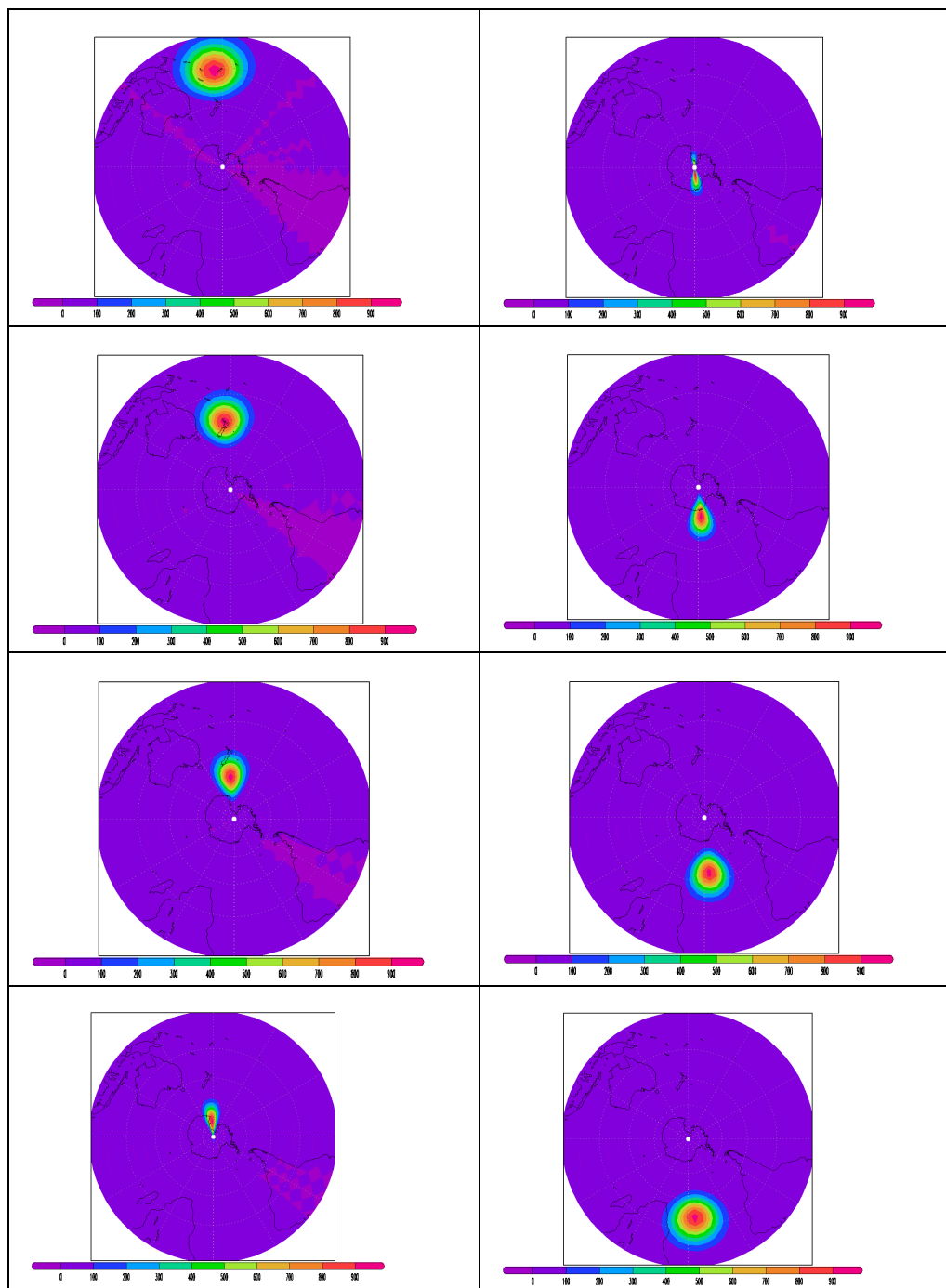


Рис. 5. Проход облака трассера через особую точку полюса

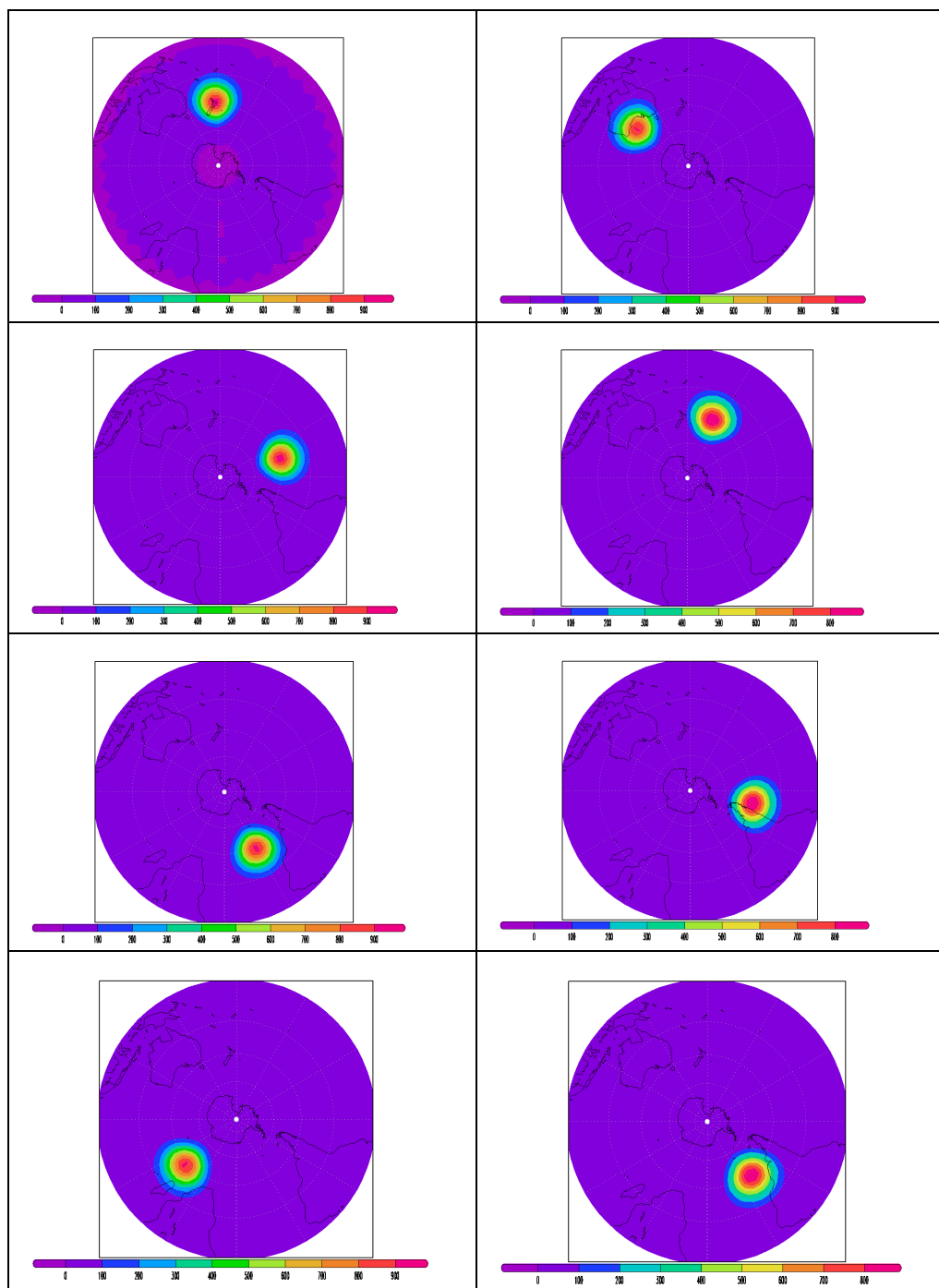


Рис. 6. Проход облака по кругу широты

Фильтр вычислительного шума

Для подавления коротковолновой составляющей поля используется фильтр Шапиро.

$$\Delta f = \frac{1}{16}(f_{i-2} - 4f_{i-1} + 6f_i - 4f_{i+1} + f_{i+2});$$
$$f_i = f_i - k\Delta f, \quad i = 1 \dots N,$$

где f – фильтруемое поле; i – номер узла; N – количество точек сетки; k – коэффициент жесткости фильтра.

Эксперимент по переносу случайного поля на сфере

Начальное поле задано случайной функцией на сфере. Амплитуда начального поля – 10 единиц, амплитуда возмущений задана равной – 10 % от амплитуды поля (рис. 7). Интегрирование по времени происходит с шагом 720 с, на период 200 суток.

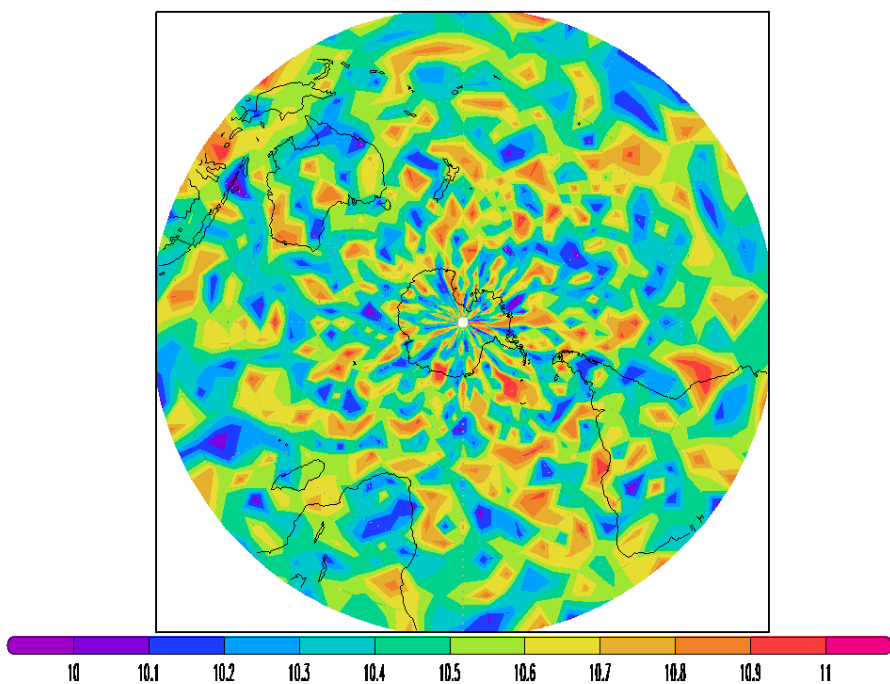


Рис. 7. Начальное поле трассера

Как видно из рис. 8–10, в процессе интегрирования уравнений модели амплитуда поля меняется в пределах 0,1 % от начальной на протяжении полугода, что составляет примерно 25 000 шагов по времени. Данный факт подтверждает устойчивость схемы интегрирования, а также сохранение глобальной массы

трассера в процессе интегрирования.

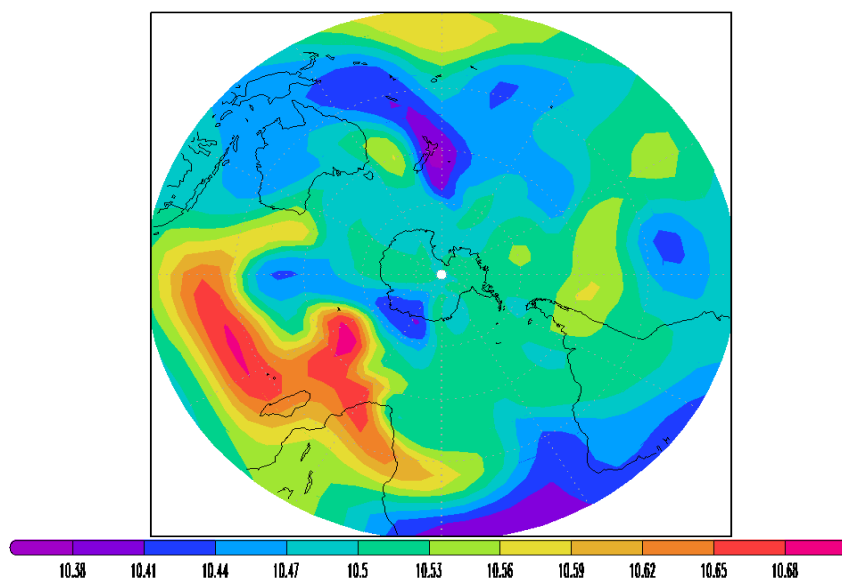
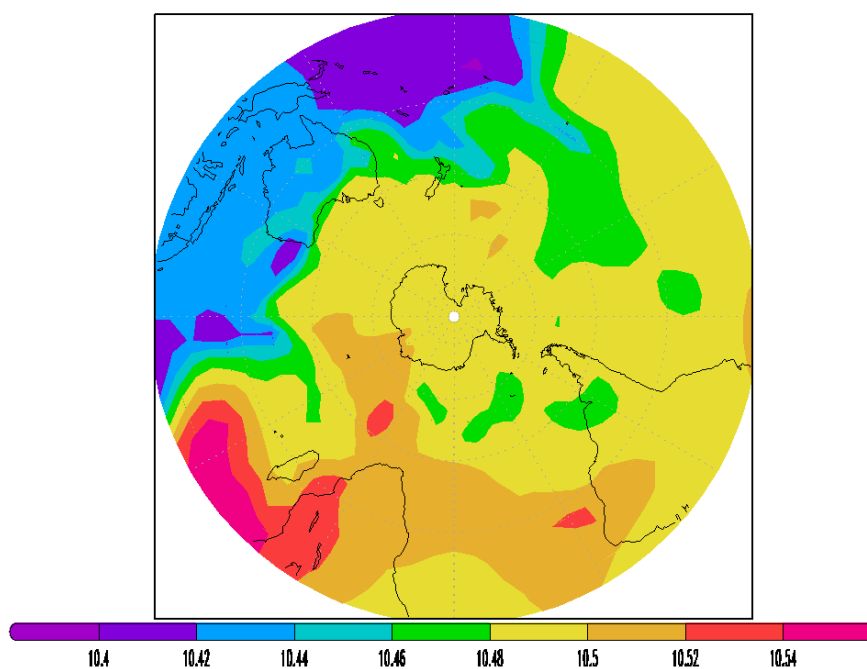


Рис. 8. Поле трассера через сутки



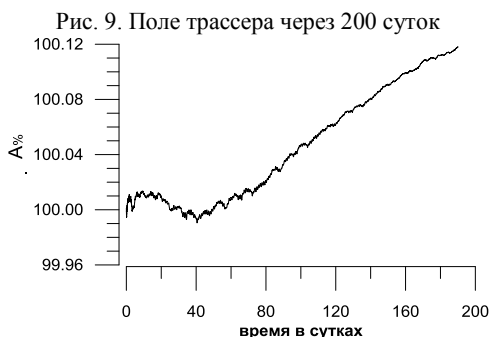


Рис. 10. Изменение во времени массы трассера, выраженной в процентах от начального значения

Заключение

Рассмотренный в данной публикации подход к решению задачи переноса примеси на сфере, прост в практической реализации, дешев с точки зрения потребляемых вычислительных ресурсов. Как видно из результатов экспериментов, метод применим для построения глобальных моделей переноса примеси, предназначенных для исследования состава атмосферы [8, 9]. Кроме того, разработанный метод легко модифицируется для решения трехмерной задачи переноса.

Литература

1. Rood R.B. Numerical advection algorithms and their role in atmospheric transport and chemistry models // *Rev. Geophys.* 1987. Vol. 25. No.1. P. 71-100.
2. Prather, M. Numerical advection by conservation of second-order moments // *J. Geophys. Res.*, 91, 6671–6681, 1986.
3. Lin S.J., Rood R. Multidimensional flux-form semi-lagrangian transport schemes // *Mon. Weather Rev.* 1996. Vol. 124. P. 2046-2070.
4. Zubov V., Rozanov E., Schlesinger M. Hybrit scheme for three-dimensional advective transport // *Mon. Wea. Rev.* 1999. Vol. 127. P. 1335-1346.
5. Delig G., Wheeler M.F. Next generation environmental models and computational methods // U.S. Environmental Protection Agency. 1997. – 377 p.
6. Смышляев С.П., Галин В.Я., Володин Е.М. Модельное исследование межгодовой изменчивости содержания атмосферного озона в средних широтах // *Изв. РАН. Физика атмосферы и океана*, 2004, т. 40, № 2, с. 210-221.
7. Белов Н.П., Борисенков Е.П., Панин Б.Д. Численные методы прогноза погоды. – Л.: Гидрометеопиздат, 1989. – 375 с.
8. Боровская О.П., Блаkitная П.А., Смышляев С.П., Галин В.Я., Хорева Е.И. Моделирование взаимосвязанных изменений температуры и газового состава атмосферы в будущем // *Уч. зап. РГГМУ*, 2011, № 23, с. 75-89.
9. Блаkitная П.А., Смышляев С.П., Атласкин Е.М., Шаарийбу Г. Модельное исследование влияния солнечной активности на газовый состав и тепловой режим атмосферы // *Уч. зап. РГГМУ*, 2010, № 12, с. 25-36.

Работа выполнена в Российском государственном гидрометеорологическом университете в рамках гранта Правительства РФ (Договор №11.G34.31.0078) для поддержки исследований под руководством ведущих ученых, а также в рамках мероприятий Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы.

ОКЕАНОЛОГИЯ

В.А. Царев, М.В. Шаратунова

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПРИДОННЫХ ВОД
В ОБЛАСТИ ЗАПРИПАЙНОЙ ПОЛЫНИИ

V.A. Tsarev, M.V. Sharatunova

FEATURES OF BOTTOM WATER FORMATION
IN A FLAW POLYNYA

С помощью численного моделирования анализируются формирования придонной воды за счет интенсивного ледообразования в области заприпайной полыни. Исследование проводится на мелководной области моря Бофорта к западу от пролива в залив Амундсена. Используется трехмерная нестационарная гидростатическая модель. Начальное распределение солёности принимается однородным. Приток соли задается в виде однородно распределенного в по глубине источника. Показано, что с течением времени под влиянием экмановских процессов происходит расширение придонной линзы у дна. Под влиянием наклона дна формируется перемещение придонной воды преимущественно вдоль изобат. На участке расположения пролива происходит поворот траектории перемещения придонной воды в сторону залива Амундсена, что может явиться одним из источников образования придонных вод в заливе.

Работа выполнялась в рамках международного научного проекта «Изучение системы арктических полыней», руководитель проф. Барбер Д. (Канада).

Ключевые слова: заприпайная полыня, придонная вода, море Бофорта, залив Амундсена.

The formation of bottom water due to intensive ice formation in the flaw polynya is investigated by numerical simulation. Research is conducted for the shallow area of the Beaufort Sea to the west of the Strait of the Amundsen Gulf. Three-dimensional time-dependent hydrostatic model is used. The initial salinity distribution is taken uniform. The salt influx is specified as a homogeneously distributed in the depth source. It is shown that with time a bottom lens is enlarged at the bottom under the influence of Ekman processes. Under the influence of a bottom inclination the movement of the bottom water is formed primarily along the isobaths. On a site of the strait location trajectory of the bottom water is rotated in the Amundsen Gulf side, which may be one of the sources for the formation of bottom waters in the Gulf.

The work was performed under the international research project "Circumpolar flaw lead system study," head prof. D. Barber (Canada).

Key words: Flaw polynya, bottom water, the Beaufort Sea, the Amundsen Gulf.

В морях Арктического бассейна под влиянием ветра систематически возникают обширные области чистой воды между припаем и плавучим ледяным покровом [1, 2, 3, 4, 5], называемые заприпайными полынями. Их ширина мо-

жет достигать более ста километров, а протяженность – сотни километров. В зимний период в заприпайных полыньях из-за интенсивного ледообразования формируется значительный приток соли. На мелководных участках некоторых морей с относительно однородным вертикальным распределением плотности воды это приводит к формированию придонной воды повышенной солености. Попадая на наклонное дно, придонная вода под влиянием силы тяжести может перемещаться вдоль наклонного дна на значительное расстояние и опускаться на глубину, большую глубины ее образования. В данной работе указанный процесс рассматривается на примере мелководного участка моря Бофорта, расположенного к западу от пролива в залив Амундсена. В течение зимнего периода в выбранной области достаточно близко к береговой черте систематически образуются протяженные (более 100 км) и относительно узкие (около 10 км) полыньи. К моменту проявления конвективных процессов в полынье вертикальная плотностная стратификация в области полыньи становится однородной. Распределение глубины в этой области характеризуется ее плавным увеличением с расстоянием от берега, что прерывается вдающимся в берег глубоководным проливом в залив Амундсена, как видно на рис. 1.

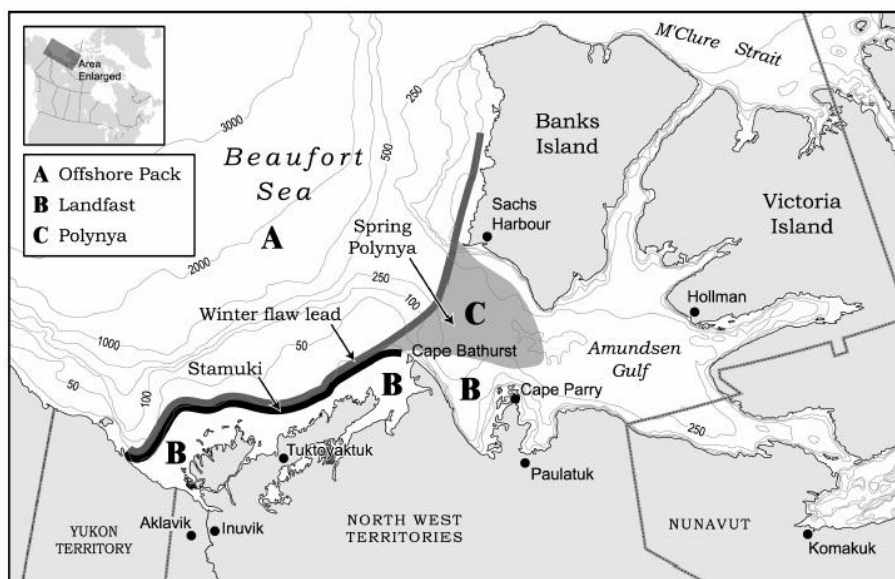


Рис. 1. Расположение расчетной области (показано точками) [6]

Процесс формирования придонной воды повышенной плотности и ее перемещение вдоль дна исследуется с помощью численной модели, включающей следующие уравнения.

Нестационарные трехмерные уравнения движения:

$$\frac{\partial u}{\partial t} - fv - k_z \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} - k_l \nabla_l^2 u = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial \xi}{\partial x} - \frac{g}{\rho_0} \int_0^z \frac{\partial \rho}{\partial x} dz',$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + fu - k_z \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} - k_l \nabla_l^2 v = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial \xi}{\partial y} - \frac{g}{\rho_0} \int_0^z \frac{\partial \rho}{\partial y} dz'. \quad (2)$$

Уравнение неразрывности:

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0. \quad (3)$$

Уравнение переноса соли:

$$\frac{\partial S}{\partial t} + (\mathbf{u} \cdot \nabla) S = \frac{F_s}{H} + k_z \frac{\partial S}{\partial z} + k_l \nabla_l^2 S. \quad (4)$$

Уравнение состояния, в котором учитывается зависимость плотности воды лишь от ее солёности:

$$\rho = \rho_0 + \alpha_s S, \quad (5)$$

где u, v, w – составляющие скорости течений вдоль осей x, y, z , соответственно; f – параметр Кориолиса; ξ – возмущение уровня свободной поверхности; ρ, ρ_0 – плотность и стандартная плотность морской воды соответственно; g – ускорение силы тяжести; S – солёность; k_z, k_l – вертикальный и горизонтальный коэффициенты турбулентной диффузии и вязкости; α_s – коэффициент халинного сжатия; $\nabla_l^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}$; F_s – интенсивность притока соли.

Процесс формирования придонных вод в области заприпайной полыньи исследовался на примере области расположения заприпайной полыньи в мелководной прибрежной зоне моря Бофота. В рассматриваемом районе, расположенном к западу от залива Амундсена, по направлению к морю, глубина возрастала в среднем от 20 до 80 м, что видно из рис. 2. У правой боковой границы глубина в том же направлении увеличивалась с 200 до 250 м, что связано с расположением здесь пролива в залив Амундсена.

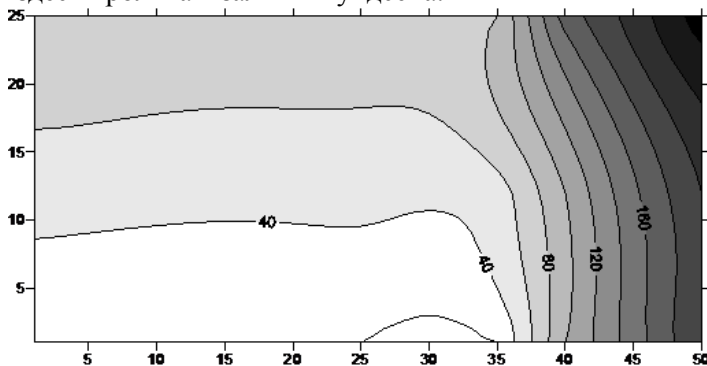


Рис. 2. Распределение глубины моря в области моделирования (м)

Расчетная область имела горизонтальные размеры 150×75 км. На поверхности области задавалось расположение полыньи размером 50×15 км, расположенной вдоль береговой боковой границы на расстоянии от нее в 20 км. Приток

соли F_s задавался равным величине, соответствующей потоку соли, выделяющемуся при нарастании ледяного покрова со скоростью 3 см с^{-1} . Для остальной части расчетной области приток соли считался равным нулю.

Граничные условия на свободной поверхности, $z = 0$

$$\frac{\partial u}{\partial z} = 0, \quad \frac{\partial v}{\partial z} = 0, \quad (6)$$

$$\frac{\partial s}{\partial z} = 0, \quad (7)$$

$$w = -\frac{\partial \xi}{\partial t}. \quad (8)$$

Граничные условия на дне, $z = H$

$$u = 0, \quad v = 0, \quad w = 0, \quad (9)$$

$$\frac{\partial s}{\partial z} = 0. \quad (10)$$

Все боковые границы рассматривались как открытые. В этом случае горизонтальный поток соли, направленный по нормали к боковой границе, принимался равным нулю:

$$\frac{\partial s}{\partial n} = 0, \quad (11)$$

где n – нормаль к боковой границе.

В качестве начального условия задавалось однородное распределение солёности 33 ‰.

Для волновых возмущений уровня принималось условие свободного излучения:

$$Un = \xi \sqrt{\frac{g}{H}}, \quad (12)$$

где

$$U = i \frac{1}{H} \int_0^H u dz + j \frac{1}{H} \int_0^H v dz. \quad (13)$$

Для входящих в модель коэффициентов задавались следующие значения: $k_z = 10^{-4} \text{ м}^2 \text{ с}^{-1}$, $k_l = 100 \text{ м}^2 \text{ с}^{-1}$, $f = 14 \cdot 10^{-5} \text{ с}^{-1}$, $\alpha_s = 8 \cdot 10^{-4} \text{ кг м}^{-3} \text{ ‰}^{-1}$.

Возмущения уровня рассчитывались из уравнений движения и неразрывности, проинтегрированных по глубине, которые затем решались с помощью методов конечных разностей по явной схеме. Вертикальное распределение горизонтальных составляющих скорости течений рассчитывались из уравнений движения, которые также решались методами конечных разностей по явной схеме. Вертикальная составляющая скорости находилась из уравнения неразрывности. При решении исходные уравнения преобразовывались путем замены

вертикальной координаты z на $\sigma = \frac{z}{H}$. Использовалась смещенная сеточная область с квадратными ячейками со стороной 3 км. По вертикали шаг ячейки составил 0,025 от глубины.

По результатам расчетов под влиянием притока соли на начальном этапе под полыней формируется область повышенной солёности, в горизонтальной плоскости близко соответствующая форме полыни. Из-за однородного распределения по вертикали интенсивности притока соли формирующееся вертикальное распределение солёности вначале также однородно. Повышение солёности вызывает формирование отрицательного возмущения уровня над линзой, что вызывает образование поверхностных течений, имеющих циклонический характер и направленных по контуру полыни. С глубиной из-за роста влияния бароклинной составляющей горизонтального градиента давления происходит изменение направления течений на противоположное. В результате придонные течения имеют антициклонический характер (рис. 3).

Под влиянием придонного трения у дна формируется экмановский поток, направленный в сторону от центра линзы. Под влиянием придонных экмановских потоков отмечается растекание плотностной линзы у дна. В результате в области линзы образуется неоднородность в вертикальном распределении солёности, что видно на рис. 4.

Из-за наклона дна в формирующемся распределении поля солёности образуется соответствующий наклон изохалин, что приводит к формированию направленного вдоль наклона дна градиента солёности, что вызывает движение линзы вдоль изобат (рис. 4).

В результате придонная вода выходит за область полыни и движется преимущественно вдоль изобат (рис. 5).

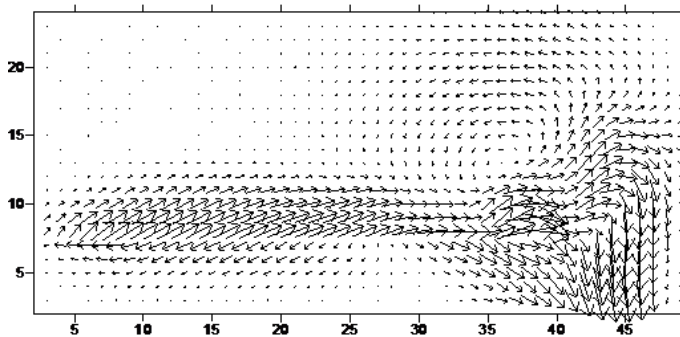


Рис. 3. Рассчитанная на 25-е сутки скорость придонных течений (максимальная скорость течений равна 10^{-1} мс^{-1})

При достижении у правого края расчетной области участка с резким увеличением глубины, соответствующего положению пролива в залив Амундсена, происходит отклонение направления движения на 90° вправо, в результате чего вода начинает перемещаться внутрь залива. Результаты моделирования позволяют предположить, что в течение зимнего периода на мелководье моря Бофорта в придонном слое образуется значительный объем вод повышенной солёности, часть которой переносится в залив Амундсена.

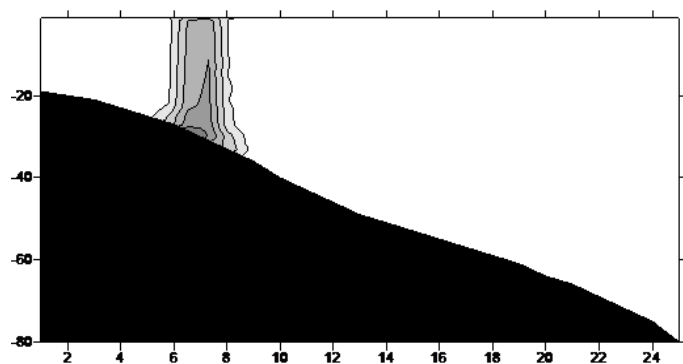


Рис. 4. Рассчитанная на 25-е сутки соленость на сечении АВ

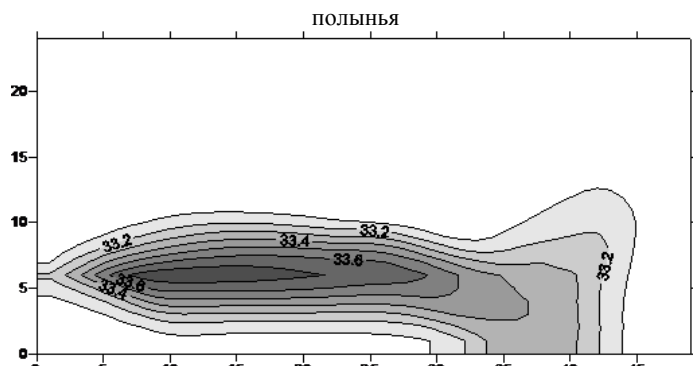


Рис. 5. Придонная соленость воды (‰), рассчитанная на 25-е сутки

Литература

1. Головин Н.П. Термохалинная изменчивость и гравитационные течения конвективной природы в районе существования заприпайных полыней в море Лаптевых // *Океанология*, 2002, п. 43, № 2, с. 174-186.
2. Каган Б.А., Романенков Д.А., Софьина Е.В. Модельная оценка приливного леодообмена между Центральной Арктикой и Сибирским континентальным шельфом // *Уч. зап. РГГМУ*, 2008, № 8, с. 110-113.
3. Попов А.В., Карелин И.Д., Рубчenea А.В. Роль заприпайных полыней в формировании ледовых и гидрометеорологических условий в морях Сибирского шельфа в летний период // *Метеорология и гидрология*, 2007, № 9, с. 65-73.
4. Cavalieri D, Martin S. The contribution of Alaskan, Siberian and Canadian coastal polynyas to cold halocline layer of Arctic Ocean // *J. Geophys. Res.*, 1994, Vol. 99, p. 18343-18362.
5. Winsor P., Bjork G. Polynya activity in the Arctic Ocean from 1958 to 1997 // *J. Geoph. Res.*, 2000, vol. 105, P. 8789-8803.
6. Mundy, C.J. and Barber, D.G. On the relationship between spatial patterns of sea ice type and the mechanisms which create and maintain the North Water (NOW) polynya // *Atmosphere-Oceans*, 2001, vol. 39, P. 327-341.

Работа выполнялась в рамках международного научного проекта «Изучение системы арктических полыней», руководитель – проф. Барбер Д. (Канада).

Д.В. Кириевская

ОЦЕНКА УЯЗВИМОСТИ БЕРЕГОВ ЧУКОТСКОГО МОРЯ ОТ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

D.V. Kirievskaya

THE ASSESSMENT OF THE CHUKCHI SEA COASTAL ZONE VULNERABILITY FROM OIL CONTAMINATION

Проводится оценка уязвимости побережья Чукотского моря к потенциальному нефтяному загрязнению. Определены наиболее уязвимые участки берегов Чукотского моря. Результаты проведенной оценки могут быть использованы при разработке природоохранных мероприятий.

Ключевые слова: Чукотское море, экосистема, уязвимость, береговая зона.

The Chukchi Sea costal zone vulnerability is evaluated. The most vulnerable areas of the Chukchi Sea costal zone have been defined. The results of the assessment can be used for development of environmental protection measures.

Key words: the Chukchi Sea, ecosystem, vulnerability, coastal zone.

Введение

Берега и прибрежное мелководье являются зоной наибольшего видового биоразнообразия, максимальной биопродуктивности, а нередко и местом крупнейших месторождений нефти и газа. Благодаря своим природным особенностям, прибрежная зона имеет мощный рекреационный ресурс. Кроме того, это зона интенсивного судоходства, портового и другого гидротехнического строительства. Прибрежные области во всем мире исторически являются одними из наиболее эксплуатируемых районов. Все это создает условия для возникновения здесь многочисленных промышленных комплексов [3].

В условиях активизации деятельности по освоению нефтегазовых ресурсов шельфа Арктики, в том числе шельфа Чукотского моря [6] (в сентябре 2012 г. было начато бурение разведочной скважины в акватории северного сектора Чукотского моря у берегов Аляски) и увеличении трафика Северного морского пути стало необходимым получение научно обоснованных представлений об уязвимости акватории Чукотского моря от разливов нефти.

При возникновении нефтяных разливов в результате разведки, эксплуатации, консервации месторождения, а также при транспортировке нефти, наиболее уязвимыми к воздействию загрязнения нефтью и нефтепродуктами являются берега и прибрежные экосистемы. При выбросе нефти на берег загрязнению может подвергнуться зона от уреза воды до линии максимального (сизигийного) прилива, прибойного заплеска или максимального ветрового нагона [8]. Для низменных побережий с сильно расчлененной гидрологической сетью влияние нагона может сказываться в нескольких километрах от берега. В том случае, если нефть войдет в соприкосновение с прибрежными водами и берегом, по-

следствия будут носить тяжелый и затяжной характер, а сценарии их развития будут намного разнообразнее, чем при разливах в открытом море.

В этой связи, актуально создание целостной картины ранжирования экосистем побережий Чукотского моря по степени их чувствительности к воздействию нефти. Это позволит в дальнейшем определить наиболее уязвимые к нефтяному загрязнению участки, для выбора приоритетов при разработке плана по ликвидации аварийных разливов нефти (ЛАРН) [14].

Различные походы к определению уязвимости прибрежной зоны

Проблемой разработки оперативных и эффективных мер для снижения масштабов ущерба, к которому могут привести нефтяные разливы, с 1993 г. занимались Международная морская организация (ИМО) и Международная ассоциация представителей нефтяной промышленности по охране окружающей среды (IPIECA), результатом этого сотрудничества стало появление серии руководств, одна из них: «Составление карт экологически уязвимых зон при ликвидации разливов нефти» [14] была использована в данной работе. В соответствии с этим руководством на картах должны быть отражены характерные типы берегов с указанием индексов экологической чувствительности (ESI). Рекомендуется использовать ранжированные от 1 до 10 индексы экологической чувствительности побережий к загрязнению нефтью, предложенные в 1978 г. Е. Гундлахом и М. Хейсом [13]. В основе ранжирования лежат базовые принципы, суть которых в том, что чувствительность к нефти возрастает по мере увеличения защищенности берега от воздействия волн, проникновения нефти в подстилающий слой почвы, времени естественного удержания нефти на берегу и биологической продуктивности береговых организмов [14].

Эти руководства стали, в дальнейшем, основой для многочисленных методик, создаваемых в различных странах. Так, для Норвежского и Баренцева морей была разработана «Методика классификации приоритетности природных ресурсов к нефтяному загрязнению в прибрежной зоне (МОБ)» [7]. Она построена по принципу унификации ограниченного и упрощенного ряда сгруппированных полуколичественных оценок. В соответствии с данной методикой природные ресурсы рассматриваются как биологические, географические, физические (химические) компоненты природной среды. Для оценки по методике используется информация только для определенных ресурсов: морских птиц и среды их обитания (биотопов), морских млекопитающих, рыб, бентосных сообществ, типов берегов, охраняемых природных территорий, рекреационных территорий, объектов природопользования. Для них в МОБ осуществляется классификация по четырем основным факторам: 1) естественность, 2) восстановление, 3) ценность, 4) чувствительность.

На основании этого вычисляется индекс приоритетности или индекс методики классификации – числовой результат (по шкале от 0 до 36), который и

трансформируется в одну из шести категорий приоритетности от А до Е, с учетом нулевой приоритетности. Руководство содержит так же основные принципы нанесения ресурсов на карту чувствительности по степени их приоритетности для участков береговой черты [7].

В США распространены подходы к определению уязвимости обитателей прибрежной зоны, разработанные Национальной администрацией по атмосфере и океану (NOAA) для каждого штата в отдельности, например для Аляски см. в [16]. Главным элементом таких подходов служит создание протоколов, в основу которых положен анализ командой специалистов цифровых и видео изображений прибрежных зон в реальном времени, с последующим обязательным представлением полученной аналитической информации в виде ГИС и баз данных.

Принципы создания карт чувствительности прибрежно-морских зон к загрязнению нефтью были также представлены и в России – Институтом защиты моря. Метод основывается на анализе карт, включающих следующие компоненты: маска карты, климатические и гидрологические условия, геоморфология побережья, биологическое разнообразие и продуктивность участков побережья, объекты природопользования [1]. Таким образом, карты чувствительности побережья к нефтяному загрязнению представляют собой геоинформационную систему, позволяющую оперативно определять приоритеты при ликвидации разливов, моделировать и прогнозировать процесс, связанный с разливами нефти, а также оценивать предварительный ущерб, нанесенный в результате выбросов нефти на побережье. Первые карты чувствительности были составлены для побережья о-ва Сахалин в связи с разработкой проекта «Сахалин-1».

В последнее время отделением фонда «Дикой природы» в России были разработаны «Методические подходы к созданию карт экологически уязвимых зон и районов приоритетной защиты акваторий и берегов Российской Федерации от разливов нефти и нефтепродуктов», где используется индекс экологической чувствительности берегов к нефтяному загрязнению ESI [Environmental Sensitivity Index (ESI)] [8].

Материалы и методы исследований

Широкий спектр подходов к определению уязвимости прибрежной зоны, представленный выше, показывает, что для оценки уязвимости береговой зоны Чукотского моря необходимо изучить геоморфологию берегов, гранулометрические типы донных осадков, гидродинамические процессы в береговой зоне, а также её обитателей.

Материалы по геоморфологии берегов, их литотипам и гидродинамическим процессам Чукотского моря были взяты из следующих источников: [1, 2, 4, 5, 6, 10, 11, 12, 15, 16]. Кроме того, большое количество данных приведено на интернет-сайтах проектов: CAFF, PAME, AMAP, Alaska ShoreZone Coastal Inventory And Mapping Project, AMAP, Geographic Response Strategies for Alaska

(GRS). Методологической базой исследования служили, в основном, концепции предложенные «Фондом дикой природы» [8], IMO/IPIECA [14] и Е. Овенсом [12].

Для прогнозирования поведения нефти на берегу необходимо знание особенностей берегов по комплексу факторов. В их число входят:

- литодинамические особенности берега (поступление, перенос и аккумуляция осадочного материала);
- экспозиция берега по отношению к воздействию равнодействующей гидродинамического режима;
- профиль берега и его морфометрическая характеристика;
- степень изрезанности береговой линии, т.е. наличие естественных геоморфологических «ловушек» для нефти;
- свойства горных пород, залегающих массивом и слагающих береговую зону;
- литологические характеристики береговых отложений;
- наличие подводной растительности и степень проективного покрытия ею дна [9].

Определение степени уязвимости берегов к нефтяному загрязнению, было проведено, согласно методике [14] с использованием индекса экологической чувствительности берегов к нефтяному загрязнению ESI_{cz} . Его применение основано на следующих основных показателях:

- чувствительность берега к нефти (она возрастает с увеличением защищенности берега от воздействия волн);
- глубина проникновения нефти в донные отложения;
- время естественного удержания нефти на берегу;
- биологическая продуктивность береговых организмов.

Индекс экологической чувствительности берегов к нефтяному загрязнению был рассчитан по формуле [1]:

$$ESI_{cz} = \oint_{\Phi} (\mathbf{S}, \mathbf{P}) d\mu, \quad (1)$$

где ESI_{cz} – индекс экологической чувствительности береговой зоны; $\mathbf{S}$ – вектор-функция литологической структуры берега; $\mathbf{P}$ – вектор-функция процессов, происходящий при попадании нефти на берег; Φ – береговая поверхность; $d\mu$ – дифференциал площади поверхности.

Также при оценке необходимо учитывать тип самой нефти, а точнее её взаимодействие с грунтом и атмосферой и т. д. (табл. 1).

При оценке степени уязвимости берегов был использован подход «Фонда дикой природы» [8] с ранжированием индекса ESI_{cz} по четырем градациям (табл. 2).

Таблица 1

Свойства (поведение) различных типов нефти в береговой зоне [8]

	Легкая (ρ ниже 0,878 г/см ³)	Утяжеленная (ρ имеет диапазон от 0,878 до 0,884 г/см ³)	Тяжелая (ρ выше 0,884 г/см ³)
Растекание	Быстро перемещается, вытягиваясь узкой полосой	Перемещается вдоль береговой черты, повторяя ее очертания и размываясь по заплескам	Медленно перемещается вдоль береговой черты сплошным слоем
Испарение	До 100 %	До 40 %	Не более 10 %
Просачивание в грунт	Очень быстрое, зависит от объема загрязнения. Чем больше зернистость грунта, тем глубже проникновение	Зависит от зернистости грунта, возможно увеличение объема загрязнения за счет перемешивания с грунтом	Незначительное, распределяется плотным слоем по поверхности
Седиментация	Отсутствует за счет быстрого испарения	Легко взаимодействует с частицами, особенно с тонкодисперсными, в результате происходит увеличение объема загрязнения	Легко взаимодействует с частицами, особенно с тонкодисперсными, в результате происходит увеличение объема загрязнения
Окисление	Практически отсутствует за счет быстрого испарения	Самый медленный процесс, не превышает 0,1 % в сутки, зависит от интенсивности солнечной радиации	Самый медленный процесс, не превышает 0,1 % в сутки, зависит от интенсивности солнечной радиации

Таблица 2

Ранжирование берегов по степени их уязвимости к нефтяному загрязнению

Степень уязвимости берегов	Индекс ESI_{cz}
Слабо уязвимые	1-2
Умеренно уязвимые	3-4
Уязвимые	5
Высоко уязвимые	≥ 6

Результаты**Морфология, литология и гидродинамика берегов**

Береговая линия Чукотского моря включает в себя части берегов Чукотского полуострова, острова Врангеля и Аляски (рис. 1). На развитие береговой линии Чукотского моря влияет морской лед (с октября по июнь), вечная мерзлота и гидродинамика, оказывающая в настоящее время наибольшее воздействие. Береговая линия Чукотского моря характеризуется распространением лагун, песчано-галечных кос и баров. Для Чукотского моря выделены следующие морфогенетические типы берегов:

I. Берега, формирующиеся преимущественно под действием неволновых процессов:

– *термоабразионные* берега в мерзлых четвертичных толщах распространены на Чукотском п-ве между Колюченской губой и мысом Нэттэм и в заливе Коцебу (Аляска);

– абразионно-денудационные берега, которые распространены на востоке о. Врангеля и Чукотском п-ве (в районах мысов Онман, Ванкарем, Джернэтлен, Сердце-Камень, Инкигур, Дежнева).

II. Берега, формирующиеся преимущественно волновыми процессами:

– *выровненные аккумулятивные (лагунные) берега* – самый распространенный тип берегов: распространен на Аляскинском побережье, за исключением залива Коцебу, и на севере о. Врангеля, также, этот тип занимает до пятидесяти процентов от протяженности всей береговой линии Чукотского п-ва: между мысом Дежнева и Колючинской губой (за исключением мысов Ванкарем и Онман, и побережья между мысом Инкигур и лагуной Уэлен);

– *абразионно-аккумулятивные берега* имеют место на юге о. Врангеля.

Литологические типы берегов отображены на рис. 1.

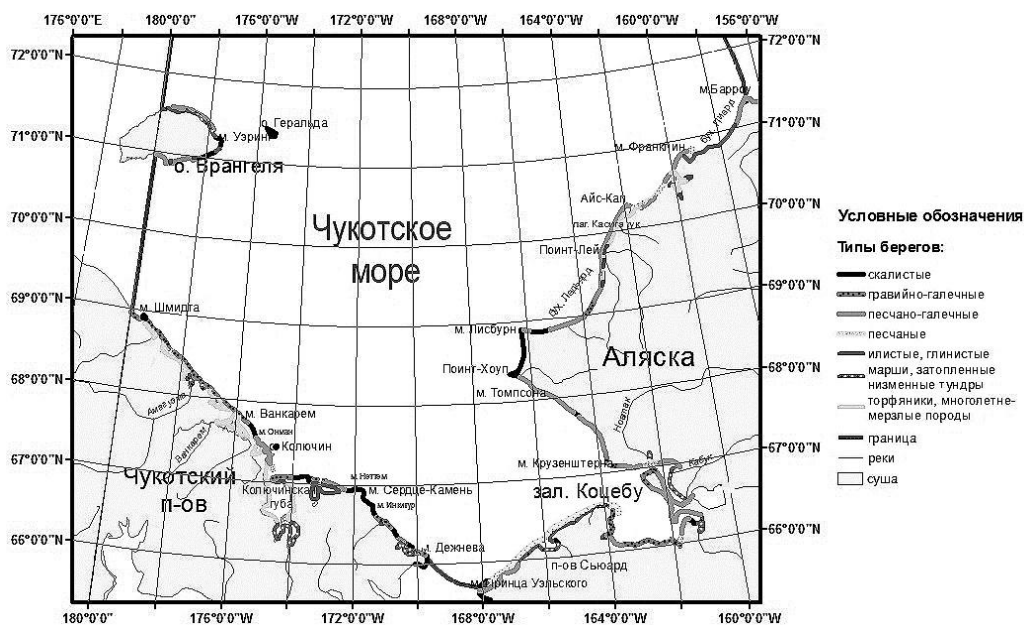


Рис. 1. Литологические типы берегов Чукотского моря

Уязвимость берегов

В соответствии со шкалой ESI_{cz} на побережье Чукотского моря выделены следующие типы и подтипы берегов по степени их чувствительности к разливам нефти (в порядке ее возрастания):

- 1А – Открытый абразионный берег, сложенный крепкими (плотными) породами.
- 1В – (Открытый) техногенный берег с инженерными сооружениями.
- 2А – Открытая, размываемая волноприбойная платформа, выработанная в коренных породах или плотных глинистых отложениях.
- 2В – Открытый уступ и крутой склон в глинистых отложениях.

3А – Аккумулятивный отмельный берег с пляжем, сложенным мелко-средне-зернистым песком.

3В – Уступ с крутым склоном в песчаных отложениях.

3С – Абразионный уступ в торфяниках или выходах вечной мерзлоты, покрытых тундровой растительностью.

4 – Аккумулятивный берег с пляжем, сложенным крупнозернистым песком.

5 – Аккумулятивный берег с пляжем, сложенным смешанным песчано-гравийным материалом.

6А – Аккумулятивный берег с пляжем, сложенным гравийно-галечным материалом.

6В – Берег с искусственной каменной наброской и берег с валунно-галечной отмосткой.

7 – Открытая приливо-отливная отмель (осушка), сложенная литифицированными отложениями.

8А – Изолированный (защищенный) абразионный берег с уступом размыва, выработанным в плотных породах.

8В – Изолированный техногенный берег с инженерными сооружениями.

8С – Изолированный берег с каменной наброской и с валунно-галечной отмосткой.

8Е – Торфяные берега.

9А – Защищенная от волнения приливо-отливная отмель.

9В – Отмели заросшие растительностью.

10А – Приливо-отливные отмели (марши) в пределах соленых и солоноватых акваторий.

10D – Берега с прибрежной древесно-кустарниковой растительностью.

10Е – Затопленные низменные тундры.

Классификация прибрежной зоны Чукотского моря по шкале уязвимости, показывает, что наиболее уязвимыми являются следующие участки берегов Чукотского моря (рис. 2):

1. *Чукотский п-ов*: большая часть береговой линии от м. Шмидта до м. Сердце-Камень, за исключением Колючинской губы, лагун и мысов выровнена на всем протяжении береговыми барами-пересыпями, сложена галькой и гравием, сформированных за счет донных наносов. Существует угроза гибели прикрепленных к осадку обрастателей (животных и растений).

2. *Аляска*: северо-западное побережье п-ова Сьюард, южный, юго-восточный берега залива Коцебу, лагуна Касиглук (северо-западное побережье Чукотского моря) с протяженными барьерными островами: берега здесь защищены от воздействия волн и течений, вследствие низкой гидродинамической активности здесь будет накапливаться нефть с тыловой стороны барьерных островов. Также вдоль за барьерными островами и вдоль внешних берегов, защищенных от воздействия волн, располагаются марши. Нефть здесь будет быстро образовывать пленку на растительности. Большое нефтяное пятно будет постоянно оказывать воздействие в ходе многократно повторяющихся приливных циклов, и охватывать своим влиянием всю область от уреза до линии максимального прилива. Тяжелая нефть в основном не попадает в осадок, легкая – может проникать

нуть на глубину нескольких сантиметров, в норы и трещины – до 1 м. Также здесь обычно присутствует очень высокое скопление прикрепленных морских водорослей и организмов, чувствительных к воздействию нефти.

3. *О. Врангеля*: Северный берег – низменный, окаймлен крупным песчано-галечным баром, на большей части протяжения островным. К югу от бара расположена узкая лагуна, представленная маршами, приливно-отливными отмелями, затопленными низменными тундрами, соединяющаяся с морем несколькими проливами. На берегах песчано-галечных барах нефть будет просачиваться в песок, глубина проникновения может достигать 50 см. При отсутствии очистки в защищенных «карманах» на пляже могут образоваться битумные осадки. В местах приливных осушек нефть накапливается на линии максимального прилива, образует пленку на растительности маршей, а на торфяниках нефть, вероятнее всего будет оставаться на поверхности, образуя пленку. Скорость удаления средней и тяжелой нефти будет медленной. Угроза биологическому сообществу существенна.

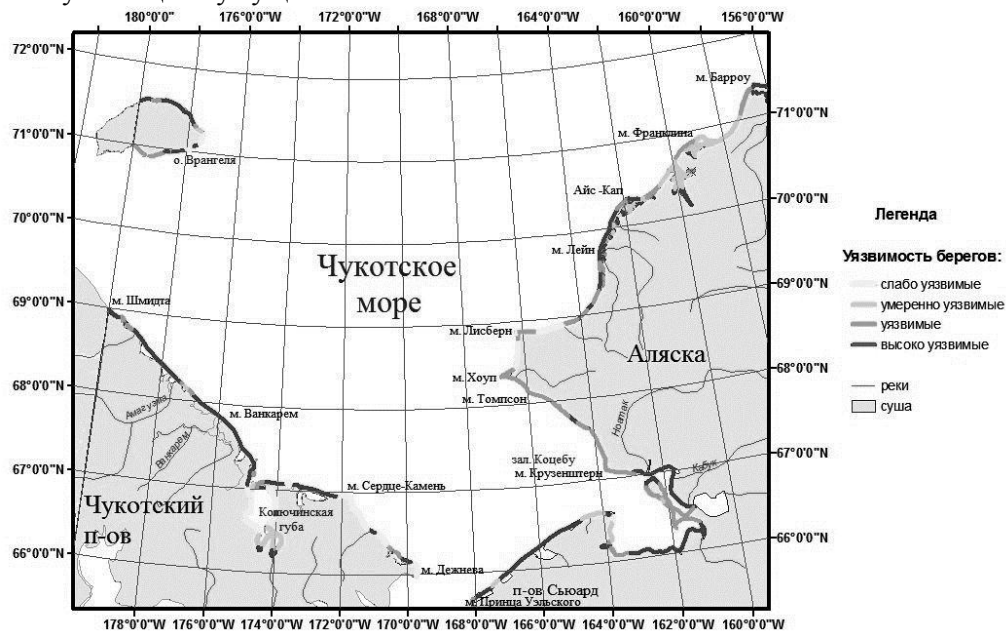


Рис. 2. Уязвимость берегов Чукотского моря

Выводы

В настоящем исследовании, берега Чукотского моря были ранжированы по степени уязвимости к воздействию потенциальных нефтяных разливов, возникающих в результате аварийной ситуации при бурении нефти на шельфе у северо-восточного побережья Чукотского моря (северное побережье Аляски) и крушения судов, особенно нефтеналивных танкеров или геологоразведочных работ по поиску и оценке новых нефтегазовых месторождений.

Так, например, лагуна Касиглук, имеющая высокую уязвимость берегов, находится в непосредственной близости от нефтяных скважин компании «Шелл» («Shell») (запуск постоянной работы которых пока не был успешен) и при этом, входит в список ключевых орнитологической территорий и является важнейшим местообитанием белух (*Delphinapterus leucas*), пятнистых тюленей (*Phoca largha*), белых (*Ursus maritimus*) и бурых медведей (*Ursus Arctos*) в летнее время.

Кроме того, в настоящее время вдоль северо-западного побережья п-ова Сьюард, которое тоже имеет высокую уязвимость, проходит большой трафик судов через Берингов пролив. В этих условиях весьма вероятно аварийная ситуация, приводящая к загрязнению этой зоны.

Также возобновление Северного морского пути, трассы которого проходят через пролив Лонга, вблизи высоко уязвимых от нефтяного загрязнения берегов Чукотского п-ова, может создать, в ближайшем будущем, еще одну «горячую точку» на берегах Чукотского моря.

Таким образом, полученные в данном исследовании выводы об уязвимости берегов Чукотского моря будут полезны как для оценки состояния экосистемы Чукотского региона, так и для принятия мер по противодействию чрезвычайным ситуациям в этом регионе.

Литература

1. Блиновская Я.Ю. Принципы создания информационной системы «Карты чувствительности прибрежно-морских зон к загрязнению нефтью» // Вестник ДВО РАН, 2004, № 4, с. 64-73.
2. Водно-болотные угодья России. Т. 4. Водно-болотные угодья Северо-Востока России / Сост. А.В. Андреев. – М.: Wetlands International, 2001. – 296 с.
3. Геоэкология шельфа и берегов морей России / Под ред. Н. А. Айбулатова. – М.: Ноосфера, 2001. – 427 с.
4. Кальянов В.П. Геоморфология и геология острова Врангеля // Уч. зап. МГУ, сер. География, 1946, вып. 119, кн. 2, с. 100-112.
5. Каплин П.А., Леонтьев О.К., Лукьянова С.А., Никифоров Л.Г. Берега. – М.: Мысль, 1991. – 479 с.
6. Кириевская Д.В., Кийко О.А., Шилин М.Б. Оценка современного состояния донной экосистемы юго-восточной части Чукотского моря // Уч. зап. РГТМУ, 2012, № 23, с. 117-125.
7. Методика классификации приоритетности природных ресурсов к нефтяному загрязнению в прибрежной зоне / Гос. упр-е по контролю загрязнения окруж. среды (SFT). Осло, 2004. – 27 с.
8. Методические подходы к созданию карт экологически уязвимых зон и районов приоритетной защиты акваторий и берегов Российской Федерации от разливов нефти и нефтепродуктов / Погребов В.Б. и др. – Мурманск: WWF, 2012. – 60 с.
9. Спиридонов В.А., Гаврило М.В., Краснова Е.Д., Николаева Н.Г. Атлас биологического разнообразия морей и побережий российской Арктики. – М.: WWF России, 2011. – 64 с.
10. The Alaskan Arctic coast: a background study of available knowledge. Anchorage, AK, 1974, p. 551.
11. Alaska Costal Landforms. Encyclopedia of the World's Costal Landforms / Editor E.C.F. Bird. Springer, 2011. – 1498 p.
12. Field Guide for Oil Spill Response in Arctic Waters. Chapter 8. Costal Characteristics of the Arctic Regions / Owens E.H. Environment Canada, Yellowknife, NT Canada, 1998. – 348 p.
13. Gundlach E.R., Hayes M.O. The AMOCO CADIZ Oil Spill // NOAA/EPA Special Report. 1978, p. 85-196.
14. IMO/IPIECA Report Series. Vol. 1. Sensitivity Mapping for Oil Spill Response. London, 1996. – 25 p.
15. Northern Sea Route Dynamic Environmental Atlas / Editors: Brude O.W. et al. Norsk Polarinstitutt Meddelelse, 1998. – 58 p.
16. Shore Zone Coastal Habitat Mapping. Protocol for the Gulf of Alaska / Harney J.N., Morris M., Harper J.R. Juneau, AK, 2008. – 153 p.

В.В. Дроздов, Н.П. Смирнов, А.В. Косенко

**МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА УЛОВОВ ПРОМЫСЛОВЫХ РЫБ
БЕЛОГО МОРЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ КЛИМАТИЧЕСКИХ
КОЛЕБАНИЙ И СОСТОЯНИЯ РЫБОПРОМЫСЛОВОЙ
ОТРАСЛИ**

V.V. Drozdov, N.P. Smirnov, A.V. Kosenko

**LONG-TERM VARIABILITY OF STOCKS OF THE FOOD FISHES
IN THE WHITE SEA UNDER THE INFLUENCE ON CLIMATIC
CHANGES AND FISHERY BRANCH ACTIVITY**

Произведено рассмотрение истории и современного состояния рыбопромысловой отрасли и динамики уловов важнейших промысловых рыб в Белом море. Выполнен анализ влияния показателей изменчивости климата и гидрометеорологического режима Беломорского региона – интенсивности атмосферной циркуляции над Северной Атлантикой и Арктикой, температуры воды, морских ледовых условий, а также речного стока на уловы беломорской наваги, сельди, трески, мойвы и корюшки.

Ключевые слова: Белое море, динамика климата, циркуляция атмосферы, промысловые рыбы, динамика уловов.

Consideration of a history and a current state of fishery branch and stocks of the major food fishes in the White sea is made. The analysis of long-term dynamics of indicators of a climatic changes and hydrometeorological mode of Belomorsky region – atmospheres circulation circulation over Northern Atlantic and Arctic, water temperature, sea ice conditions, and also a river drain is made. The estimation of degree and character of influence of hydrometeorological processes and factors on catches navags, cods, a herring, the capelin and a smelled is made.

Key words: White Sea, climatic changes, atmospheres circulation, fishery, dimamics of catches.

Введение

Белое море в настоящее время привлекает все большее внимание как ученых-исследователей, так и специалистов-практиков, осуществляющих на его берегах и акваториях различную промышленную деятельность, связанную с использованием ресурсов моря, в том числе биологических. Это связано с началом в последние годы по сути нового этапа освоения беломорского региона, в процессе развития некоторых отраслей хозяйства – транспортировка природного газа со Штокманского месторождения Баренцева моря в Западную Ев-

ропу, добыча золота, рыбы, алмазов, выращивание марикультур, и, следовательно, возможно существенное изменение всей инфраструктуры, развитие новых производств. Необходимо также отметить большой интерес к этому региону Швеции, Норвегии и Финляндии, вместе с российскими регионами образовавшими Евро-Баренц Регион, центром которого становится Белое море.

Беломорье в историческом плане – уникальный регион России, в котором на протяжении веков удачно сочетались различные направления хозяйствования, опиравшиеся на использование разнообразных природных ресурсов (в том числе запасов рыбы и морских млекопитающих, пушного зверя, древесины и других природных ресурсов, сельскохозяйственное производство и животноводство), торговлю ими внутри региона, вывоз в другие районы страны и за рубеж [1, 2, 10, 16]. Однако за последние 15–20 лет произошел значительный спад в эффективности работы рыбной отрасли, связанный очевидно не только с природными биопродукционными процессами в Белом море, но и с изменившимися социально-экономическими условиями [22, 25].

Целью работы является рассмотрение особенностей функционирования рыбопромысловой отрасли Беломорского региона и динамики уловов важнейших промысловых рыб в Белом море, а также установление степени и характера влияния на уловы изменчивости показателей крупномасштабной атмосферной циркуляции над Северной Атлантикой и Арктикой.

Источники данных

В работе использованы данные, полученные из достоверных источников: монографий, изданных крупными научными учреждениями РФ, статей в ведущих научных изданиях, баз открытого доступа климатических данных NASA [28], базы промысловой статистики ФАО [29]. Данные о многолетней изменчивости показателей циркуляции атмосферы получены из монографий Н.П. Смирнова с соавторами [21]. Данные о динамике температуры воды и воздуха взяты из монографии Филатова Н.Н., Тержевика А.Ю. [21], а также с сайта Национального центра океанологических данных NODC [26], из базы данных проекта ЕСИМО, находящейся в открытом доступе [27]. Сведения о многолетней динамике важнейших промысловых рыб Белого моря получены также из коллективной монографии ЗИН РАН [4], а также из монографии [22] изданной в СевПИНРО в 2011 г.

Особенности функционирования рыбопромысловой отрасли Беломорского региона

Промышленное рыболовство в регионе Белого моря начало формироваться в XVI–XVII вв., являясь одной из основ для развития экономики региона Поморья. К концу XVII – началу XVIII в. по объемам добычи рыбы и развитию соответствующей инфраструктуры Беломорье занимало ведущие позиции относительно рыбных промыслов на Балтике и Каспийском море. Причем в сам промысел рыбы и морского зверя, в переработку сырья, пошив снастей, строитель-

ство специальных рыболовецких судов различных типов, таких как ледостойкий коч, кочмар, шняк, ладья и др. были вовлечены до 80 % жителей региона. По мере устойчивого роста численности поморского населения, развития товарно-денежных отношений, возникла необходимость в увеличении объемов добычи морепродуктов, которые смогли бы не только надежно обеспечить собственное пропитание на большую часть года, но и иметь высокую товарную экспортную ценность применительно к другим регионам России и за границей. В состав промысловых районов вошли многие участки Мурманского побережья, получил развитие моржовый промысел около Шпицбергена и Новой Земли. Однако после того как в первой четверти XVIII в., в связи с основанием и развитием Санкт-Петербурга, порт Архангельск начал утрачивать статус основного международного торгового центра, возникла тенденция к упадку отечественного судостроения и торгового мореплавания в Беломорском и Баренцевоморском регионах. В связи с этим возросла роль внутренних беломорских промыслов. Начал возрастать вылов сельди у Кандалакшского, Карельского, Поморского, Онежского берегов, а также в устье Сев. Двины. Очевидно, что на специфику развития рыбопромысловой отрасли Беломорья оказывали и оказывают влияние не только сугубо экономические, но и природные климатические процессы. Как известно, на протяжении XVII в. во всей Европе отмечалось значительное похолодание, которое в начале XVIII в. сменилось тенденцией к потеплению. По-видимому, резкое увеличение вылова сельди в Белом море в этот период было связано с начавшимся ростом температуры воздуха и воды в Северной Атлантике, в Норвежском, Баренцевом и Белом морях, что определило повышение интенсивности захода в Белое море молоди атлантической сельди. В конце XIX в. сформировалась инфраструктура для массового вылова наваги, преимущественно в зимний период. Этому способствовало развитие транспортной сети железных дорог, что позволило доставлять в короткие строки значительные объемы рыбы потребителям в центральные районы страны. Открытие в 1898 г. Северной железной дороги позволило также начать производить достаточно точный статистический учет поставок рыбы, отражающий величины ее уловов [22].

Для ведения промысла беломорским населением создавались различные общины, в том числе семейные и соседские рабочие артели. С началом Первой мировой войны наступил сильнейший упадок промысла, большинство рыбопромысловых общин распалось. После Октябрьской революции 1917 г. были организованы кооперативы, которые вскоре превратились в рыбопромысловые колхозы. Существовала также система государственных артелей, которая вскоре была преобразована в Архангельский и Мурманский траловые флота. В результате этих преобразований в конце 1920 – начале 1930-х гг. рыбный промысел на Белом море как отрасль производства начал восстанавливаться. Происходило дальнейшее укрупнение промысловых хозяйств, появилась возможность приобретать суда, орудия лова и сетематериалы, централизованно осуществлять закуп-

ку и вывоз продукции. Государство также стало оказывать поддержку прибрежным промыслам, дотирую их продукцию. В результате в 1930-е годы и до начала Второй мировой войны наблюдался значительный рост производительности труда на рыбных и зверобойных промыслах [16]. Морская рыба первоначально перерабатывалась на производствах в деревнях Чапома, Чаваньга, Усть-Варзуга, Варзуга. Фактории были в каждой деревне, принадлежали Умбскому рыбзаводу, созданному в начале 1930-х годов, куда до последнего времени она поступала. Рыболовецкие тони располагались практически по всему побережью, за исключением участков, где берега слишком обрывисты, через каждые 2–3 км. Сельдь вылавливалась с мая по середину июля, навага – с ноября по середину января, семга – в основном с августа по октябрь. Зимой практиковался подледный лов. Добыча рыбы поддерживалась на достаточно высоком уровне, который колебался, по-видимому, преимущественно в связи с изменениями урожайности промысловых популяций. В целом за период с 1929 по 1934 г. на побережье Белого моря было образовано 36 рыболовецких колхозов [22]. После Второй мировой войны, в период первых пятилеток, продолжилось создание крупных баз рыбопромыслового тралового флота и перерабатывающих предприятий, наметилась тенденция к преимущественному промыслу в отдаленных от берега районах с выходом в Баренцево море и в моря Северо-Европейского бассейна [4, 22].

Экономические реформы начала 1990-х гг. привели к снижению роли крупных рыбодобывающих предприятий, финансовое положение которых резко ухудшилось. На месте крупных государственных структур появились мелкие частные рыбодобывающие компании, которые не были способны восстановить объемы промысла в прежних масштабах [4, 15]. Прежде одно из крупнейших рыбодобывающих предприятий колхоз «Беломорский рыбак», разделилось в 1990-х гг. на несколько мелких предприятий. В целом, для населения Беломорья возникли значительные производственные и социальные проблемы, связанные с невозможностью осуществлять традиционное занятие – вылов рыбы. К концу XX в. по сравнению с его началом численность населения Беломорского региона, занятого в рыбном промысле сократилась почти на порядок [22]. Достаточно эффективная система централизованной закупки рыбной продукции и ее транспортировки практически перестала работать. Статистический учет объемов выловленной рыбы и ее сбыта стали весьма затруднительными. Резко снизилась производительность труда, сократились в несколько раз объемы добываемой рыбы, во многом исходя из социально-экономических причин [16].

В 2006 г. общий промышленный вылов по основным промысловым видам рыб в Белом море составил 960,1 т, или 70,1 % от выделенных квот. По видам вылов составил: 546 т сельди беломорской, что составляет 43,6 % от выделенной квоты; 40,2 т семги и 5,2 т горбуши – соответственно, 91,6 и 65,2 % от выделенной квоты. По состоянию на 2010 г. морской промысел на побережье Белого моря осуществляло более 40 компаний и индивидуальных предпринимате-

лей, суммарный улов которых составил около 800 т. Для сравнения можно сказать, что суммарные уловы одной только сельди в 1950-х гг. составляли 4–4,5 тыс. т, а общие уловы наваги в начале 1980-х гг. достигали 2,5 тыс. т [4, 22]. Основной причиной общего неэффективного освоения выделенных квот беломорскими предприятиями по-прежнему считается низкая рентабельность добычи традиционного объекта беломорского промысла – сельди беломорской наряду с высокой платой за освоение данного вида биоресурса, а также подход беломорской сельди к берегу до начала разрешенного периода вылова [16, 22].

Ситуация с рациональным освоением биологических ресурсов Белого моря вынуждает Росрыболовство периодически вводить сезонный запрет на вылов различных промысловых рыб Белого моря для оптимизации величин их запасов и контролирования промысла. Так, в октябре 2010 г. вышел приказ Росрыболовства № 762 «Об установлении ограничений рыболовства трески в Белом море в 2010 году», согласно которому устанавливается запрет рыболовства трески в Белом море по 31 декабря 2010 г.

Таким образом, эффективность функционирования рыбопромысловой отрасли Беломорского региона, наравне с другими бассейнами, подвержена весьма резким изменениям, происходящим в зависимости от социально-экономических процессов. Однако особая суровость природных условий, относительная отдаленность крупных центров потребления рыбной продукции, выраженный демографический и экономический кризисы обуславливают особую сложность восстановления и развития рентабельного промысла в Белом море и его бассейне.

Характеристика промысловой ихтиофауны и многолетней динамики уловов рыб

Всего в состав ихтиофауны Белого моря входит около 60 видов рыб, из них только примерно 10 видов имеют в настоящее время существенное промысловое значение.

Основными объектами промысла являются пелагические рыбы, такие как беломорская сельдь (*Clupea pallasii maris-albi* Berg), беломорская корюшка (*Osmerus eperlanus eperlanus n. dvinensis*), а также донные рыбы, такие как треска (*Gadus morhua maris-albi*), навага из семейства тресковые (*Eleginus navaga* Pallas), уловы которой составляют не менее половины общего вылова рыб в море, пинагор (*Cyclopterus lumpus* L.) их отряда скорпенообразных, полярная камбала (*Liopsetta glacialis* Pallas) и речная камбала (*Pleuronectes flesus* L.). Тресковые и сельдь принадлежат к числу важнейших промысловых пород в водах Северной Атлантики в целом. В Белом море сформировались свои обособленные самовоспроизводящиеся популяции этих рыб, которые обладают рядом экологических адаптаций к местным условиям [8, 19, 25]. Из представителей семейства лососевые промысловое значение имеют только атлантический лосось (семга) – *Salmo salar* L. и дальневосточная горбуша, вполне успешно акклиматизированная в беломорском регионе [22].

На рис. 1 представлена многолетняя динамика уловов основных промысловых видов рыб Белого моря, таких как сельдь, навага, треска, корюшка, пинагор и мойва по данным [22]. Как видно из представленных данных на рис. 1, *а*, общие уловы наиболее массовых промысловых рыб – сельди и наваги, вылавливаемых в Онежском, Двинском и Мезенском заливах демонстрируют значительную межгодовую и многолетнюю изменчивость. Максимальные уловы сельди, превышающие 8 тыс. т в год, были отмечены в период середины и конца 1920-х гг., когда наблюдалось выраженное потепление в арктическом регионе [18, 23]. В дальнейшем, произошел резкий спад в объемах добычи сельди до 2 тыс. т в год, однако в период с начала 1950-х по начало 1960-х гг. уловы сельди находились на достаточно высоком уровне в среднем составляющем около 4 тыс. т в год. Наименьшие величины уловов сельди в Белом море, не превышающие 0,5 тыс. т в год, были отмечены в середине 1960-х и начале 1970-х гг., что соответствует наиболее выраженному за последнее столетие периоду ослабления атмосферной циркуляции над Северной Атлантикой, приведшему к похолоданию во всем регионе северной Европы и падением уловов также и в Балтийском море [12, 13, 20, 21]. Затем, к началу 1990-х годов, на фоне резкого роста интенсивности атмосферной циркуляции над Северной Атлантикой, уловы сельди возросли до уровня 2,5 тыс. т в год, однако более существенное их увеличение не произошло, видимо по причине тяжелого экономического кризиса и нехватке производительных сил в рыбопромысловой отрасли. К сожалению, вплоть до 2010 г., уловы беломорской сельди продолжают оставаться на весьма низком уровне испытывая межгодовые колебания от 0,3 до 0,7 тыс. т. Уловы беломорской наваги, практически на всем протяжении анализируемого ряда демонстрируют противофазный ход в своей изменчивости относительно величин уловов сельди. Это может объясняться различной реакцией данных видов на климатические изменения. Беломорская сельдь успешно нерестится при более высокой температуре воды, чем холодолюбивая навага арктического происхождения [8, 11, 22]. Кроме того, в периоды потеплений в Белое море заходит в большем количестве крупная атлантическая сельдь, что приводит к заметному росту уловов. Максимальные уловы, достигающие 2,5 тыс. т наваги отмечались в начале 1980-х гг., весьма значительные объемы ее добычи были зарегистрированы также в 1928, 1960, 1968 и в 1974 гг.

Общие уловы трески и корюшки в Белом море, как видно из рис. 1, *б*, также демонстрируют выраженные колебания с преобладанием межгодовой составляющей. Данные промысловые виды, исходя из статистических данных их уловов, занимают примерно равнозначные позиции, находясь на третьем месте после вылова сельди и наваги. Максимальные уловы беломорской трески наблюдались в 1957 г. и составляли около 320 т. Затем произошло резкое снижение уловов до 20–50 т в начале 1960-х гг. Однако в начале 1970-х гг. уловы трески снова возросли и колебались от 60 до 150 т в год. На данном уровне уловы держались вплоть до конца 1970-х гг., после чего треска как промысловая

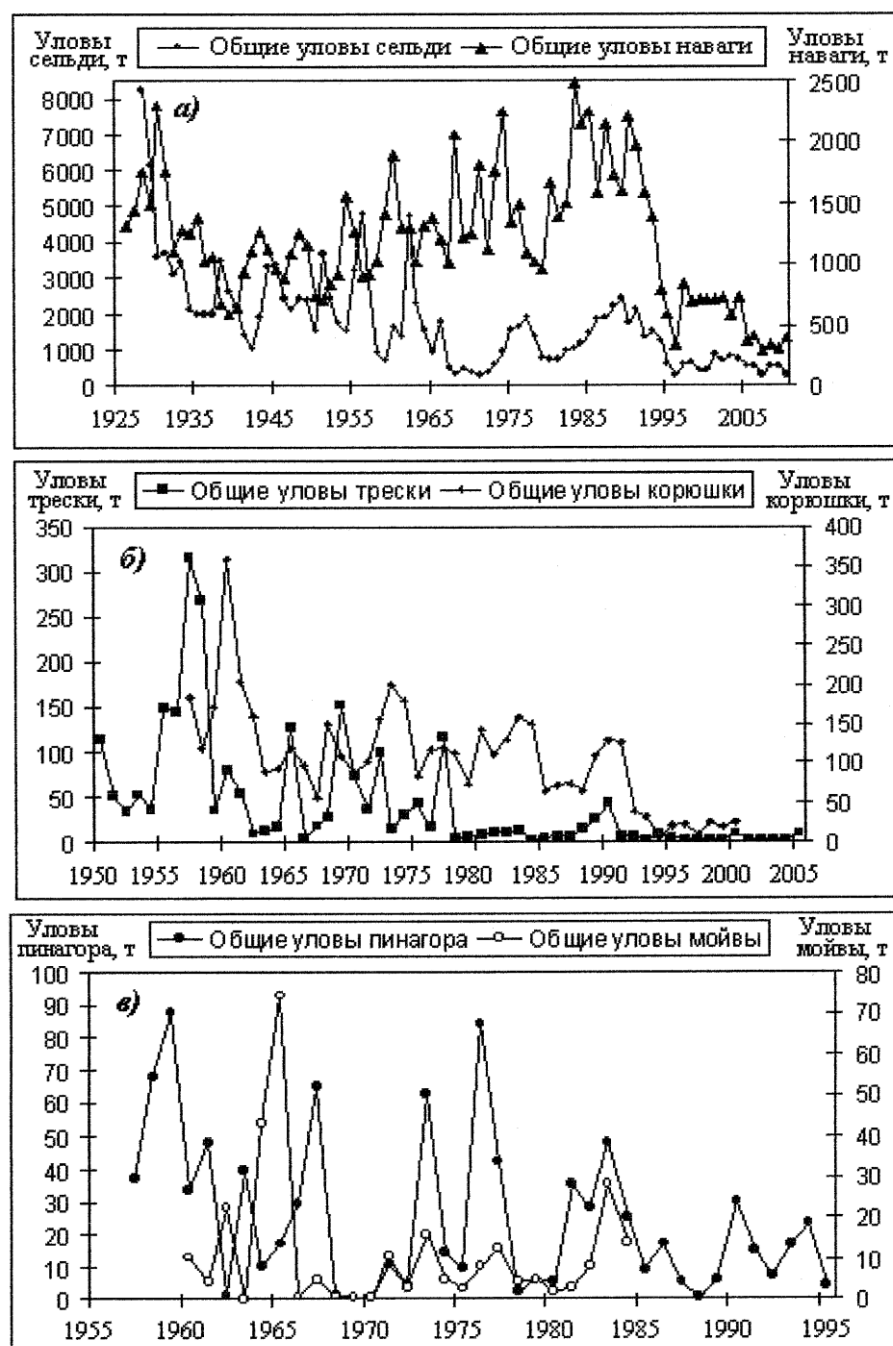


Рис. 1. – Многолетняя динамика уловов промысловых видов рыб Белого моря.
а – уловы сельди и наваги; б – трески и корюшки; в – пинагора и мойвы

рыба практически потеряла в Белом море свое значение, в связи с тем, что ее годовые уловы не превышали 10–20 т. Исключением являлся период 1989–1990-х, когда уловы трески возросли до 40–50 т, что, по-видимому, явилось следствием потепления в регионе Белое море и захода атлантической трески. В целом же, беломорская треска и корюшка, занимавшие ранее существенные позиции в качестве объектов промысла, после 1995 г. их утратили, что связано прежде всего со снижением активности работы рыбопромысловой отрасли.

Многолетняя динамика уловов беломорской мойвы и пинагора, представленная на рис. 1, в демонстрирует выраженную межгодовую изменчивость. Уловы холодолюбивой мойвы, также как и наваги, достигали значительных величин в середине 1960-х гг., с максимумом в 1965 г., составившим 75 т, на фоне пониженной интенсивности атмосферной циркуляции над Северной Атлантикой. В дальнейшем уловы мойвы находились на весьма низком уровне, не превышающем 20 т в год, за исключением 1983 г. когда они достигли 30 т. Уловы пинагора, как относительно крупной донной малоподвижной рыбы, имели максимумы за анализируемый период в 1959 и 1977 гг., соответствующие 88 и 85 т в год. Достаточно значительные уловы пинагора, оцениваемые примерно в 65 т, наблюдались также в 1967 и 1974 гг. Начиная с середины 1980-х гг., уловы пинагора снизились и вплоть до середины 1990-х находились на устойчиво низком уровне, не превышающем 25 т в год. Для динамики уловов данного вида в наибольшей степени характерна высокая амплитуда межгодовых колебаний, кратковременные периоды высоких уловов часто сменяются периодами крайне низкого объема добычи. Это может объясняться как особенностями воспроизводства самого вида, в частности длительностью периода полового созревания, так и техническими трудностями ведения промысла в придонных горизонтах моря, и наконец, сменой ориентации интересов рыбаков в пользу других более массовых и доступных к освоению объектов промысла.

В целом, рыбопромысловая отрасль Беломорского региона в настоящее время, не смотря на затянувшийся кризис, имеет существенное значение для экономики прибрежных районов Архангельской области и республики Карелия. Очевидно, что имеется значительный потенциал для развития промышленной рыбной ловли на Белом море. Однако, воспроизводство и уловы пелагических и донных рыб подвержены значительной временной изменчивости. В связи с этим, встаёт вопрос о причинах подобных колебаний, о степени и характере влияния природных процессов и антропогенного воздействия на урожайность и уловы промысловых рыб. Следует заметить, что анализ причин динамики уловов промысловых рыб Белого моря, относительно других внутренних морей Европы, представляется более затруднительным, прежде всего по причине некоторого недостатка продолжительных рядов статистически достоверных данных об уловах, и в особенности об урожайности молодых поколений и степени выживаемости икры рыб на нерестилищах. Социально-экономический кризис в регионе коснулся не только рыбодобывающих хозяйств и их инфраструктуры,

но и негативно повлиял на проведение ряда рыбохозяйственных научных исследований. Тем не менее, в настоящее время на фоне усиления внимания государства к освоению различных ресурсов Арктического региона, появились положительные тенденции в развитии как научных, так и прикладных исследований направленных на восстановление рыбопромысловой отрасли, которая традиционно на протяжении нескольких столетий занимала одну из ведущих позиций в экономике Беломорья [10, 11, 15].

Влияние климатических изменений на параметры морской среды и динамику уловов рыб

Степень и характер влияния многолетней изменчивости параметров крупномасштабной атмосферной циркуляции над Северной Атлантикой и Арктикой на океанологический и гидрологический режимы Белого моря и его бассейна, проанализированные ранее различными исследователями [3, 7, 8, 17, 18, 19, 20, 25], и в том числе авторами [13, 14], очевидно, могут рассматриваться в качестве основы для установления ведущих процессов и экологических факторов, оказывающих непосредственное воздействие на функционирование экосистемы Белого моря, его промысловую продуктивность, а также на морехозяйственную деятельность. Выраженная гидрологическая неоднородность водных масс моря [24], наличие многочисленных бухт и заливов со своими уникальными природными особенностями, достаточно выраженные региональные различия в климатических условиях, создают предпосылки для формирования множества экологических ниш и позволяют обитать в Белом море популяциям рыб как арктического, так и умеренного бореального происхождения, обладающими разными ответными реакциями на климатические изменения.

Климат Северной Атлантики и прилегающей к ней части Северного Ледовитого океана в значительной мере зависит от атмосферной циркуляции над Северной Атлантикой, которая представлена системами низкого и высокого давления. Центральная часть циклонической системы низкого давления обычно располагается к юго-западу от о. Исландия. Южнее Исландского минимума давления, в районе Азорских островов, находится центр антициклонической системы высокого давления, получивший название Азорского максимума давления. Данные системы называют центрами действия атмосферы, которые формируют также соответствующие вихревые структуры в океане [5, 21]. Благодаря им в умеренных широтах над Северной Атлантикой постоянно осуществляется перенос воздушных и поверхностных водных масс и тепловых потоков с запада на восток. В качестве степени интенсивности переносов воздушных, водных масс и тепла принимают разность атмосферного давления на станциях, расположенных около климатических центров действия. Эту разность давления, определяемую, как правило, в среднем за зимние месяцы, называют Северо-Атлантическим колебанием (North Atlantic Oscillation – NAO). Индекс атмосферной циркуляции NAO, широко используется в отечественной и мировой практике изучения колебаний климата и их причин. В работе [21] был разрабо-

тан обобщенный индекс Северо-Атлантического колебания (NAOоб.) представляющий собой первую главную компоненту разложения четырех наиболее распространенных индексов NAO на естественные ортогональные функции (ЕОФ). Данный индекс показал высокую эффективность при анализе взаимосвязей между климатическими и гидрологическими процессами в регионе Балтийского моря [12] и в Северной Атлантике в целом [5, 6, 21].

Для метеорологических исследований представляет также значительный интерес типизация атмосферных процессов предложенная Г.Я. Вангенгеймом для северной части Восточного полушария и в последующем усовершенствованная им совместно с А.А. Гирсом для западного полушария [9]. С учетом близости географического положения Беломорского региона к Арктике представляется адекватным оценить влияние на термические условия и уловы рыб Арктического антициклона. Данный центр действия атмосферы располагается обычно в восточном секторе Арктики, но его географические координаты и выраженность подвержены значительной временной изменчивости. Поэтому Арктический антициклон способен во многом определять погодно-климатические условия над обширными полярными и субполярными областями.

Ранее авторами было установлено [13], что на большинстве береговых гидрометеорологических станциях Белого моря, наблюдается значимая связь положительного характера температуры воды с NAOоб. при уровне обеспеченности 99 %. Наибольшие коэффициенты корреляции получены с минимальными или средними годовыми значениями температуры воды. Максимальная теснота связи средних годовых значений температуры воды с NAOоб. характера для ст. Канин Нос и Моржовец, расположенных в северной части Белого моря (г. соответственно + 0,54 и + 0,56 при $P = 99 \%$). Спектральный анализ температура воздуха на ст. Канин Нос показал наличие наиболее значимых периодов колебаний равных 3, 7,4 и 36 лет. Стоит заметить, что наиболее значимый период в спектре колебаний NAOоб. близок к 7,8 годам [21], что подтверждает достаточно тесную зависимость температурного режима Беломорского региона от процессов, происходящих в Северной части Атлантического океана.

Изменчивость площадей максимального морского ледового покрова является важным индикатором климатических колебаний, а также в случае дрейфующих льдов, отражает интенсивность и направленность водных и воздушных потоков. Сравнение динамики Северо-Атлантического колебания с максимальными площадями льдов Белого моря, большинство из которых являются дрейфующими, показало достаточно выраженный обратный характер зависимости между процессами, $r = -0,48$ при $P = 99 \%$. Заметно, что аномальное снижение площадей ледового покрова в 1989 г., произошло на фоне самого резкого за последние 100 лет возрастания Северо-Атлантического колебания и переноса теплых воздушных масс на северо-восток Европы. Возрастание атмосферного давления в центре Арктического антициклона приводит к снижению интенсивности Северо-Атлантического течения, снижению скорости потока воды и тепла

через Баренцево-морский разрез ($r = -0,46$ при $P = 99\%$). Таким образом, крупномасштабные процессы динамики атмосферы, океана и льдов через цепь причинно-следственных связей определяют весьма различные региональные особенности динамики термического режима Белого моря, что очевидно, должно оказывать соответствующее воздействие на воспроизводство, урожайность и уловы промысловых рыб.

В табл. 1 представлены коэффициенты корреляции между величинами уловов важнейших промысловых рыб Белого моря и показателями атмосферной циркуляции над Северной Атлантикой, а также давлением в центре Арктического антициклона. Статистически значимые коэффициенты корреляции получены при наличии временного сдвига значений уловов относительно NAOоб., давления в центре Арктического антициклона, W- и E- форм циркуляции атмосферной циркуляции Вангенгейма-Гирса для наваги на 2 года, для трески и камбал на 4–5 лет, для сельди, мойвы и корюшки на 2–3 года, что объясняется формированием основных промысловых популяций рыб обладающим возрастом и размерами адекватными для их промысла с соответствующим запаздыванием относительно момента воспроизводства. На рис. 2 представлено сравнение многолетней динамики значений обобщенного индекса атмосферной циркуляции над Северной Атлантикой с уловами беломорской наваги в Онежском (а), Двинском (б) и Мезенском заливах (в). На рис. 3 показано сравнение многолетней динамики давления в центре Арктического антициклона с общими уловами беломорской сельди (а), трески (б) и корюшки (в).

Таблица 1

Коэффициенты корреляции между значениями величин уловов промысловых рыб Белого моря и показателями атмосферной циркуляции

Промысловый вид	Район промысла	Индикаторы атмосферной циркуляции			
		NAOоб., у.е.	Арктический антициклон, гПа	W-форма циркуляции, сут./год	E-форма циркуляции, сут./год
Сельдь	Общий улов по Белому морю	0,46**	–0,41*	0,44**	–0,32*
Треска	Общий улов по Белому морю	0,42**	–0,35*	0,42**	–0,31*
Навага	Онежский залив	0,41**	–0,41**	0,38*	–0,34*
	Двинский залив	0,43**	–0,44*	0,42**	–0,31
	Мезенский залив	–0,52*	–0,22	–0,46*	–0,27
Корюшка	Онежский залив	0,48**	–0,45**	0,48**	–0,33*
	Двинский залив	0,43**	–0,37*	0,42*	–0,28
	Мезенский залив	–0,46**	–0,18	–0,25	–0,21
Мойва	Онежский залив	0,35**	–0,25	0,41**	–0,26
	Двинский залив	0,38*	–0,32*	0,36*	–0,22
	Мезенский залив	–0,46**	–0,16	–0,44*	–0,15
Пинагор	Общий улов по Белому морю	0,48**	–0,43**	0,45**	–0,33*

Примечание. Коэффициенты корреляции, выделенные знаком «**» соответствуют 99 %-ному уровню обеспеченности, знаком «*» – 95 %-ному.

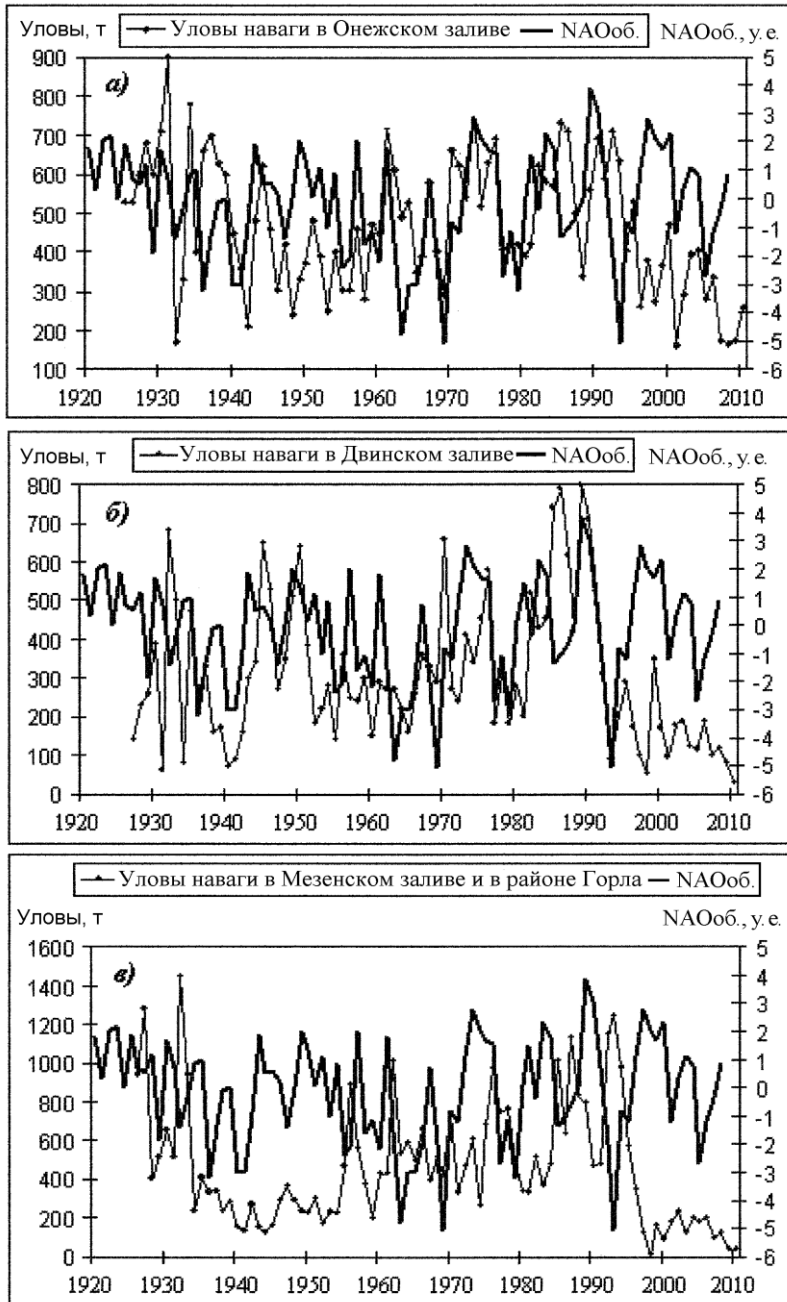


Рис. 2. Сравнение многолетней динамики значений обобщенного индекса атмосферной циркуляции над Северной Атлантикой с уловами беломорской наваги в Онежском (а), Двинском (б) и Мезенском заливах (в).

Временной сдвиг значений уловов относительно NAOоб. составляет 2 года

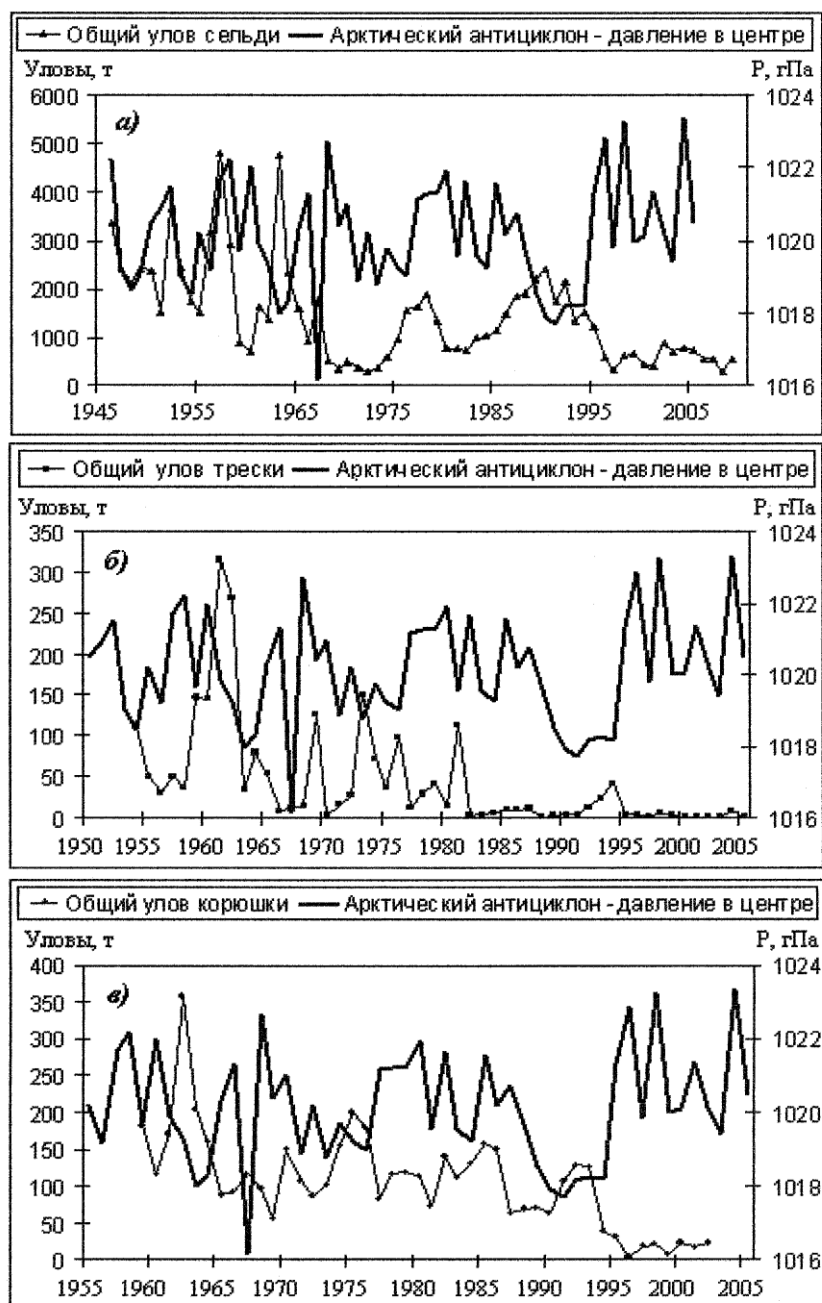


Рис. 3. Сравнение многолетней динамики значений давления в центре Арктического антициклона с общими уловами беломорской сельди (*a*), трески (*б*) и корюшки (*в*).

Временной сдвиг значений уловов относительно давления в антициклоне составляет: для трески – 5 лет, для сельди 2 года, для корюшки – 2 года

Как видно из табл. 1, величины уловов основных промысловых рыб Белого моря демонстрируют статистически достоверную связь с динамикой показателей атмосферной циркуляции, которые в свою очередь, оказывают определяющее влияние на температурный режим региона. При этом в зависимости от широтного расположения конкретной популяции меняется характер связи с используемыми предикторами.

Так, для величин уловов, формирующихся из представителей популяций наваги, корюшки и речной камбалы, расположенных в Онежском и Двинском заливах, связь с обобщенным индексом Северо-Атлантического колебания и W-формой атмосферной циркуляции Вангенгейма-Гирса имеет положительный характер. Однако для соответствующих популяций, расположенных в Мезенском заливе, располагающемся на 400–500 км к северу, статистическая связь меняет свой характер на обратный.

Объяснить данную особенность возможно следующим образом. Популяции рыб, располагающиеся в относительно теплых южных заливах Белого моря – Онежском и Двинском, адаптированы к жизни и воспроизводству при более высокой среднегодовой и сезонной температуре воды, которая в разгар нереста в прибрежной поверхностной зоне может достигать 6–8 °С. В более теплых условиях, очевидно, сокращается период развития икринок наваги и корюшки, верхний температурный порог развития личинок, относительно популяции обитающей в значительно более холодном Мезенском заливе, по-видимому, повышен на 2–3 °С. Самая низкая температура на поверхности Белого моря наблюдается в Воронке и Горле, при этом район близлежащего Мезенского залива также находится над непосредственным влиянием арктического воздуха и поверхностных холодных водных масс. По причине более суровых температурных условий в этом северо-восточном районе моря у местных популяций рыб выработались свои особенные адаптации к температурному режиму. Начало развития икринок наваги происходит здесь при температуре воды от – 1,5 до + 1 °С и длится значительно дольше чем в южных заливах – от 2,5 до 3 месяцев. Верхний температурный порог развития личинок понижен, и лежит в пределах от 5 до 6 °С. В случае роста температуры воды в период нереста до значений, превышающих указанный температурный порог, возможно наступление массовой гибели личинок. Таким образом, благоприятные условия для воспроизводства и дальнейшего пополнения нерестового и промыслового стада рыб обитающих в более теплых Онежском и Двинском заливах создаются при умеренном потеплении, что имеет место на фоне роста NAO, а в Мезенском заливе, в это же время условия для эффективного воспроизводства пелагических рыб становятся неблагоприятными, в силу пониженного температурного оптимума, сформировавшегося в качестве адаптации к более суровым северным условиям. Тем не менее, выраженное похолодание на севере Белого моря и в регионе в целом, способно привести к ухудшению условий для воспроизводства пелагических промысловых рыб, по причине значительного замедления темпов развития их

икры и личинок, а также снижению скорости оборота биогенных веществ в море с последующим уменьшением продукции кормового планктона.

Рост давления в центре Арктического антициклона, как хорошо заметно из рис. 3, сопровождающийся похолоданием в Арктическом регионе, негативно сказывается на уловах основных промысловых рыб Белого моря. Следует отметить, что весьма резкое падение величин уловов рыб во второй половине 1990-х гг. произошло на фоне экстремального увеличения давления в центре Арктического антициклона и снижения температуры воды и воздуха в Беломорском регионе [13].

Выводы

1. Интенсивность циркуляции атмосферы над Северной Атлантикой, индикатором которой является разработанный обобщенный индекс Северо-Атлантического колебания – NAOоб., оказывает значительное влияние на климатические параметры региона Белого моря, а также на величины уловов промысловых рыб. При этом периоды роста NAO, а также увеличения повторяемости W-формы циркуляции атмосферы Вангенгейма-Гирса сопровождаются потеплением в Беломорском регионе, что приводит в свою очередь, с запаздыванием от 2 до 4–5 лет к соответствующим увеличением уловов рыб бореального происхождения – прежде всего сельдевых. Для промысловых холодолюбивых рыб арктического происхождения, среди которых навага и мойва, потепление сказывается на воспроизводстве и уловах в целом неблагоприятно, особенно для популяций расположенных в наиболее северном Мезенском заливе.

2. Арктический антициклон, несмотря на свое относительно удаленное положение от Беломорского региона, оказывает достаточно заметное влияние на местные гидрометеорологические условия. Акцентация данного центра действия атмосферы приводит к похолоданию в регионе и снижению с соответствующим запаздыванием, уловов сельди, трески и корюшки. Самое выраженное за последнее столетие снижение объемов вылова данных видов рыб, которое наблюдалось в середине 1990-х гг. объясняется не только неблагоприятными социально-экономическими условиями для развития рыбопромысловой отрасли, но и во многом климатическими причинами, которые дополнительно усилили кризис. Именно в это время для Арктического антициклона была характерна высокая степень выраженности, что привело на фоне снижения значений NAO к значительному похолоданию.

3. Промысловые биологические ресурсы Белого моря, при организации дополнительных рыбохозяйственных исследований, в частности регулярного сезонного анализа качественных и количественных характеристик личинок и молоди промысловых рыб для оценки урожайности их поколений и последующего прогноза уловов, глубокой оценки влияния факторов среды на успех воспроизводства, способны обеспечить не только местные потребности населения, но и улучшить социально-экономические условия всего региона. Анализ истории

развития беломорского рыбного промысла дает основания быть в этом уверенным. Восстановление и совершенствование рентабельного рыбного промысла в Белом море и в его бассейне может рассматриваться в качестве одного из перспективных направлений развития экономики Северо-Запада России.

Статья подготовлена на основе результатов научных проектов авторов (Дроздов В.В., Косенко А.В. – научный руководитель проф. Смирнов Н.П.), которые являются победителями конкурса субсидий для молодых ученых, молодых кандидатов наук Правительства Санкт-Петербурга 2012 г.

Литература

1. Алексеев А.П., Бергер В.Я., Кулачкова В.Г. Актуальные научно-прикладные направления исследований Белого моря // Мат-лы VIII регион. науч.-практ. конф. «Проблемы изучения, рационального использования и охраны природных ресурсов Белого моря». – Беломорск, 2001, с. 5-6.
2. Алимов А.Ф. Предисловие // Мат. VIII регион. науч.-практ. конф. «Проблемы изучения, рационального использования и охраны природных ресурсов Белого моря». – Беломорск, 2001, с. 3-4.
3. Бабков А.И. Гидрология Белого моря. – СПб.: ЗИН РАН, 1998. – 95 с.
4. Белое море. Биологические ресурсы и проблемы их рационального использования // Исследование фауны морей. Вып. 42. (50). – СПб.: Изд-во ЗИН РАН. – 1995. (в 2-х ч.).
5. Воробьев В.Н., Смирнов Н.П. Арктический антициклон и динамика климата Северной Полярной области – СПб.: РГГМУ, 2003. – 82 с.
6. Смирнов Н.П., Воробьев В.Н., Дроздов В.В. Циклический центр действия атмосферы и океана в Северной Атлантике // Уч. зап. РГГМУ, 2010, № 15, с. 117-134.
7. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т. 2. Белое море. Вып. 1. Гидрометеорологические условия. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 240 с.
8. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т. 2. Белое море. Вып. 2. Гидрохимические условия и океанологические основы формирования биопродуктивности. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 192 с.
9. Гирс А.А. Многолетние колебания атмосферной циркуляции и долгосрочные гидрометеорологические прогнозы. – Л., 1971. – 280 с.
10. Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Республики Карелия в 2005 г. – Петрозаводск: Скандинавия, 2006.
11. Долотов Ю.С., Филатов Н.Н., Здорovenнов Р.Э. и др. О комплексных исследованиях эстуариев Карельского побережья Белого моря // Водные ресурсы Европейского Севера России: итоги и перспективы исследований. – Петрозаводск, 2006, с. 463-473.
12. Дроздов В.В., Смирнов Н.П. Колебания климата и донные рыбы Балтийского моря. – СПб.: РГГМУ, 2009. – 249 с.
13. Дроздов В.В. Крупномасштабная изменчивость атмосферной циркуляции и температурный режим Беломорского региона // Проблемы Арктики и Антарктики, 2011, № 1, с. 65 – 73.
14. Дроздов В.В., Смирнов Н.П. Влияние крупномасштабных параметров циркуляции атмосферы на уровеньный режим Белого моря // Проблемы Арктики и Антарктики, 2011, № 3, с.78-88.
15. Дружинин П.В. Развитие экономики приграничных регионов в переходный период. – Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2005.
16. Европейский Север России: прошлое, настоящее, будущее // Мат-лы междунар. науч. конф. – Архангельск, 1999. – 394 с.
17. Елисов В.В. Оценка водного, теплового и солевого балансов Белого моря // Метеорология и гидрология, 1997, № 9, с. 81-96.
18. Климат Карелии: Изменчивость и влияние на водные объекты и водосборы // Отв. ред. Н.Н. Филатов. – Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2004. – 224 с.

19. Комплексные исследования экосистемы Белого моря: Сб. научных трудов. – М.: ВНИРО, 1994. – 123 с.
20. *Смирнова А.И., Терзиев Ф.С., Арсенчук М.О., Яковлева Н.П.* Общие закономерности изменчивости гидрометеорологического режима Балтийского и Белого морей // Метеорология и гидрология, 2000, № 11, с. 62-72.
21. *Смирнов Н.П., Воробьев В.Н., Кочанов С.Ю.* Северо-Атлантическое колебание и климат – СПб.: РГГМУ, 1998. – 122 с.
22. *Стасенков В.А., И.И. Студенов, А.П. Новоселов* и др. Поморские рыбные промыслы. – Архангельск: Изд-во СевПИНРО, 2011. – 264 с.
23. Научные исследования в Арктике. Т. 2. Климатические изменения ледяного покрова морей Евразийского шельфа / Глав. ред. И.Е. Фролов / Отв. ред. В.П. Карклин. – СПб.: Наука, 2007. – 158 с.
24. *Тимонов В.В.* Схема общей циркуляции вод бассейна Белого моря и происхождение его глубинных вод // Труды гос. океанограф. ин-тута, 1947, вып. 1, с. 118-131.
25. *Филатов Н.Н., Тержевик А.Ю.* Белое море и его водосбор под влиянием климатических и антропогенных факторов. – Петрозаводск: Карельск. Науч. центр РАН, 2007. – 349 с.
26. Национальный центр океанографических данных (National Oceanographic Data Center WOCE v3) / Режим доступа: [<http://www.nodc.noaa.gov>].
27. Единая система информации о Мировом океане. Проект ЕСИМО. Режим доступа: [<http://www.esimo.ru>].
28. Национальное аэрокосмическое агентство. Режим доступа: [<http://www.nasa.gov>].
29. Всемирная продовольственная организация. Режим доступа: [<http://www.fao.ru>].

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ТУРИЗМ

Н.М. Боголюбова, Ю.В. Николаева

МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО РОССИИ И СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО РЕГИОНА В ОБЛАСТИ РАЗВИТИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ТУРИЗМА

N.M. Bogolubova, J.V. Nikolaeva

INTERNATIONAL COOPERATION OF RUSSIA AND THE NORTH-WEST REGION IN THE FIELD OF DEVELOPMENT OF ECOLOGICAL TOURISM

Статья посвящена состоянию и проблемам экологического туризма в России. Авторы уделяют особое внимание анализу приграничного сотрудничества на Северо-Западе. В статье рассматриваются различные проекты, реализуемые в рамках приграничного сотрудничества, оценивается их значение для природоохранной и экологической деятельности в России.

Ключевые слова: экологический туризм, природоохранная деятельность, приграничное сотрудничество, Россия, Северо-Западный регион.

Article is devoted to problems of ecological tourism in Russia. Authors give particular attention to the analysis of frontier cooperation in the Northwest. In article the various projects realized within frontier cooperation are considered. Their value is estimated for nature protection and ecological activity in Russia.

Key words: ecological tourism, nature protection activity, frontier cooperation, Russia, the North-West region.

В настоящее время среди различных видов туризма особое место занимает экологический туризм. В России этот вид туризма только начинает развиваться и пока еще не входит в число приоритетных направлений ни среди внутренних туристов, ни среди иностранных путешественников, приезжающих в нашу страну. Тем не менее, он имеет большие потенциальные возможности для своего дальнейшего развития и вскоре может стать одним из востребованных видов туризма на территории Российской Федерации.

Термин экологический туризм или экотуризм является переводом английских терминов «ecological tourism» и «ecotourism». Наряду с ними в иностранной литературе можно встретить и другие понятия, например, «зеленый туризм», «мягкий туризм», «тихий туризм», «спокойный туризм». Иногда используются термины «биотуризм», «природный туризм», «ландшафтный туризм» и некоторые др. В свою очередь, экологический туризм имеет внутреннюю классификацию по способам передвижения. [7, с. 37]

Существует немало определений и самого экотуризма, которые передают все его многообразие и сложность. Согласно большинству определений, экологический туризм – это особый вид туризма, способный долговременно обеспечивать физический и духовный отдых возможно большему числу людей в непосредственном контакте с ландшафтом. Формы экотуризма весьма разнообразны. К ним относятся прогулки пешком, на велосипедах, верхом, на лыжах, плавание, т.е. спокойные, не «технизированные» виды отдыха [3, с. 81-82]. В связи с этим обычно выделяют водный, пешеходный, конный, лыжный, велосипедный, автомобильный туризм и др. Разновидностью экологического туризма также считается сельский туризм.

Экотуризм отвечает ряду характеристик. Во-первых, он должен быть обращен к природе, основываться на использовании преимущественно природных ресурсов и естественных ландшафтов. Во-вторых, являться экологически устойчивым, т.е. не наносит вреда среде нашего обитания. В-третьих, он должен быть нацеленным на экологическое образование и формирование отношения равного партнерства с природой. Наконец, соответствовать понятию экономической эффективности и обеспечивать экономический подъем тех районов, где он развивается.

Во многих странах экологический туризм стал важным источником доходов в государственную казну. Многие государства рассматривают его как особую отрасль не только туристской, но и природоохранной деятельности, являющейся альтернативой другим видам хозяйственной деятельности, разрушающей природу.

Экологический туризм стал одним из приоритетных видов туризма в 80-е годы XX в. По некоторым оценкам, он охватывает около 10% туристского рынка, а темпы его роста в 2-3 раза превышают темпы роста во всей индустрии туризма [5, с. 24]. Это было обусловлено тем, что на сегодняшний день практически во всех регионах мира насущной задачей стала охрана природы, сохранение благоприятной окружающей среды. С другой стороны, в условиях урбанизации люди все острее стали ощущать необходимость и потребность в общении с природой.

Развитие экологического туризма напрямую связано с реализацией задач устойчивого развития страны. В соответствии с Национальной стратегией устойчивого развития России основной целью экологической политики является выработка правовых и экономических основ охраны окружающей природной среды и рационального природопользования, обеспечивающих создание экологически безопасных условий проживания на территории страны.

Стратегия ориентирована «на сбалансированное решение задач сохранения благоприятной окружающей среды и природно-ресурсного потенциала в целях удовлетворения потребностей ныне живущих и будущих поколений россиян» [10, с. 2-3]. Основными предпосылками устойчивого развития России, как отмечено в документе, являются: «большая территория с сохранившимися невоз-

обновляемыми природными ресурсами и естественными экосистемами, человеческий потенциал и экономические ресурсы» [10, с. 5]. Для достижения устойчивого развития необходимо сохранять территории с естественными экосистемами, рационально использовать невозобновляемые природные ресурсы. Более динамичное развитие экологического туризма способствовало бы решению данных задач.

Россия обладает обширными территориями с нетронутой природой. К сожалению, до последнего времени развитие экологического туризма в России находилось на недостаточно высоком уровне [5, с. 66]. В то же время, развитие экотуризма в нашей стране имеет все шансы стать перспективным направлением туризма, способствующим сохранению уникальных российских территорий.

Развитие экологического туризма в России резко затормозилось в 1990-е годы, что во многом было обусловлено политическими и экономическими изменениями в стране: резким сокращением государственного финансирования туризма, смещением туристских потоков в сторону выезда россиян за рубеж. В то же время потенциал экотуризма в России необычайно велик. На территории России существует 97 особо охраняемых природных заповедников, 36 национальных парков общей площадью около 7 000 000 га (0,4% площади России), а также прекрасная природа: нетронутые хозяйственной деятельностью леса, уникальные озера, реки, водоемы [11, с. 16]. Сохранились в России и территории с традиционными формами культуры, представляющими особую ценность.

Российская Федерация обладает большим туристическим потенциалом рекреационных ресурсов, к которому относятся уникальные природные ландшафты во всем их разнообразии и неповторимости, историко-культурные памятники, различные города и другие населенные пункты. Многие из них расположены в Северо-Западном регионе России. К наиболее посещаемым туристским объектам можно отнести старинные русские города Владимир, Суздаль, Сергиев Посад, Переславль-Залесский, Ростов, Углич, Ярославль, Кострома и другие, входящие в маршрут «Золотое кольцо России». Большой популярностью среди туристов пользуются также теплоходные маршруты «Москва-Валаам-Санкт-Петербург» и «Санкт-Петербург-Кижи», «В край белых ночей» с посещением Вологды и Петрозаводска, по Северному Кавказу и Черноморскому побережью, в Приэльбрусье, по Уралу и Алтаю, а также в Хибин. Уникальным комплексным рекреационным ресурсом международного значения является озеро Байкал [13, с. 75].

Одним из перспективных регионов развития экологического туризма в России, безусловно, является Северо-Западный регион России, хотя его потенциал далеко не полностью исчерпан. Этот регион обладает не только замечательной природой, бесценным природным наследием, но и многочисленными памятниками традиционной культуры, архитектуры – Кижи, Валаам, Вологда, Старая Ладога и, безусловно, Санкт-Петербург. Сочетание природного и культурного наследия на территории Северо-Западного региона России делает его уникаль-

ным туристским объектом, одной из зон приоритетного развития туристской отрасли, как для внутреннего, так и для международного туризма. Интересным объектом для развития экотуризма является национальный парк Водлозерский, расположенный на стыке Карелии и Архангельской области. На территории этого парка существует специальная гостиница, экологический просветительский центр, туристская база, работающая круглый год [6, с. 64].

На территории Северо-Западного региона России существуют многочисленные природные памятники и национальные парки. Эти природные зоны помогают человеку отдохнуть от насыщенного ритма жизни. Северо-Запад с его неповторимой природой как нельзя лучше располагает именно к такому виду отдыха. На территории региона есть немало «святых мест», где развивается паломнический туризм, например, Киж, Валаам, Псковская, Новгородская области. На территории Северо-Западного региона в последние годы стали открываться парки развлечений, специализированные базы отдыха, бассейны, аквапарки, парки аттракционов и тематические центры отдыха для всей семьи, предлагающие своим гостям весь спектр услуг для активного и интересного отдыха [12].

Еще один вид экотуризма, характерный для Северо-Запада России, это горный туризм. В зимнее время в регионе также развивается лыжный туризм. Этот вид туризма является одним из наиболее массовых видов активного отдыха в связи с природно-климатическими особенностями нашей страны. Лыжный туризм по-прежнему популярен, тем более, что сегодня лыжные туры, организуемые туристическими фирмами, могут проходить с максимальным комфортом.

Не менее популярным видом туризма в последние годы становится конный туризм. Путешествие на лошадях оказывает оздоровительное воздействие. Там, где население традиционно разводит лошадей – на Алтае, в Башкирии, Бурятии, Адыгее, Карачаево-Черкесии, Чувашии, Центральной России (Орловская область) и Сибири (Кемеровская область и Красноярский край), конный туризм развивается уже более тридцати лет. В Северо-Западной части России он моложе, но темпы его развития в последние десять – пятнадцать лет весьма высоки. Конный туризм становится все популярнее, к старым конным маршрутам добавляются новые в Подмосковье, Мурманской и Самарской областях, в предгорных районах Краснодарского края.

Одним из любимых видов отдыха россиян, а также и многих иностранцев являются охота и рыбалка. Тысячи километров рек, множество озер и побережий делают Северо-запад России особо привлекательным для этого вида отдыха. В местных озерах водится много ценных типов рыбы: лосось, щука, семга, озёрная форель и другие. Леса Северо-Запада России полны птиц и животных.

Северо-Западный регион обладает уникальными природными ресурсами, позволяющими развивать практически все виды экотуризма. Однако следует отметить, что преимущественно эти виды экотуризма пользуются спросом у российских туристов. Поэтому первоочередная задача, стоящая в данном

направлении перед местными властями, выход экотуризма в Северо-Западе на международный туристский рынок и повышение его привлекательности и конкурентоспособности. Неоценимую помощь в реализации этой задачи способно оказать международное сотрудничество и обмен опытом. Россия активно участвует в международном экологическом сотрудничестве. В развитии международного сотрудничества на многосторонней основе особое внимание уделяется обеспечению выполнения международных конвенций и протоколов к ним, разработке национальных механизмов их реализации, а также активизации сотрудничества с органами управления конвенциями [3].

Являясь одним из учредителей ООН, Российская Федерация на постоянной основе поддерживает контакты с ее организациями, участвующими в природоохранной, образовательной деятельности, а также в различных программах, нацеленных на развитие туризма: ЮНЕП, ЮНЕСКО, ПРООН, ЮНВТО и др. [2]. Расширяется сотрудничество с такими крупными международными организациями как Совет Европы, Международный экологический совет, Программа ТАСИС Европейского сообщества, Всемирный банк, Евробанк и др.

Международное сотрудничество Северо-Западного региона России в сфере развития экологического туризма занимает особое место в системе развития российского экотуризма благодаря своей интенсивности и многообразию форм и реализуемых проектов. Это сотрудничество охватывает множество направлений: разработка новых экомаршрутов, подготовка специалистов, создание инфраструктуры, обмен новыми методиками организации экотуров, проведение обучающих семинаров, конференций. Особое место отводится совместной природоохранной деятельности, связанной с защитой редких природных ландшафтов, позволяющих развивать все виды экологического туризма. В сотрудничестве принимают участие многие государства, но особенно активно развиваются связи с Германией, Данией, Финляндией, Швецией, Норвегией. В последние несколько лет начали развиваться совместные проекты с Эстонией.

Рассматривая конкретные примеры международного сотрудничества в Северо-Западном регионе, можно отметить следующие проекты. На побережье озера Байкал совместно с немецкими партнерами создается эколого-туристский кемпинг, проект которого возник в результате детальных работ по ландшафтному планированию. В рамках проекта предусмотрено использование экологических строительных материалов и энергоисточников, утилизация отходов, использование экологически чистых продуктов, производимыми местными фермерами, меры по защите ценных прибрежных биотопов и многое другое. В соответствии с бизнес-планом возмещение инвестиций возможно в течение 6–7 лет, ожидаемая рентабельность составляет примерно 18% [2]. Этот тщательно спланированный кемпинг представляет собой убедительную альтернативу имеющим здесь место нерегулируемому и экологически весьма опасному развитию автомобильного туризма, беспорядочному строительству временных лагерь отдыха и т.д.

С 90-х годов прошлого века в России существует экологическая группа «ГИД». Эта организация ведет довольно активную международную деятельность. Так, она является членом-наблюдателем Коалиции Чистой Балтики с 2002 г. Коалиция предоставляет возможность сотрудничать и обмениваться опытом с другими входящими в неё организациями из всех стран Балтийского региона (в том числе посредством регулярных семинаров), оказывать влияние на природоохранное планирование на международном уровне. С 2004 г. Коалиция финансирует проекты Экологической группы «ГИД». Первый такой проект назывался «Развитие местных отделений Экологической группы «ГИД».

Датское Общество охраны Природы – один из основных и постоянных партнёров группы «ГИД», начиная с 2001 г. Благодаря Датскому Обществу охраны Природы в России было осуществлено пять экологических проектов, в том числе на территории Северо-Западного региона. Кроме того, в рамках международной сети Общества «ГИД» существует возможность более тесно сотрудничать с другими организациями в Балтийском регионе, такими как Эстонское Общество Охраны Природы и др.

Начиная с 2000 г., группа «ГИД» сотрудничает с Союзом охраны птиц России. «ГИД» взял на себя координацию в Калининградской области одной из основных массовых акций Союза – Всемирных Дней Наблюдений Птиц. «ГИД» также тесно сотрудничает с областным отделением Союза, например, по вопросам организации Весеннего Дня Птиц и проведения орнитологических исследований.

С 2004 г. Экологическая группа «ГИД» стала коллективным членом Союза «За чистый Санкт-Петербург». Сотрудничество состоялось благодаря общему участию организации в международной сети AVA. В настоящее время оно вылилось в координацию группой «ГИД» в Калининградской области программы «Экошколы – «Зелёный флаг», на национальном уровне координируемой организацией «За чистый Санкт-Петербург». Пример деятельности этой организации свидетельствует о большой заинтересованности, в первую очередь, общест-венности России, в развитии экологического сознания, поддержке экологических проектов, развитии международного сотрудничества с зарубежными природоохранными организациями.

Многие проекты по развитию экотуризма в Северо-Западном регионе России осуществляются в рамках приграничного сотрудничества. Финляндия, Швеция и Норвегия давно осуществляют двусторонние проекты с российской стороной. Например, начиная с 2004–2005 гг. было организовано обучение для работников особо охраняемых территорий, занятых в сфере природного туризма Карелии в Финляндии, Швеции, проведены совместные семинары, организованы выставки.

В начале 2000-х годов было реализовано несколько проектов с участием Финляндии, направленных на развитие экологического туризма на Северо-Западе России и на повышение международного, в частности, приграничного сотрудничества в регионе. Например, в 2004 г. был осуществлен проект «Разви-

тие экологического туризма в Муезерском районе». Его целью стало проведение исследования в области биосферы района реки Лиекса и оценка состояния охраны окружающей среды, чтобы затем это учитывалось при организации маршрутов экологического туризма в Муезерском районе Карелии. Тогда же был создан План развития экологического туризма в Муезерском районе, издана методическая литература по организации природных комплексов, введен новый туристический маршрут «Реболы-Лендеры» по трем красивейшим озерам Карелии [4].

Повышению привлекательности туристских маршрутов в Карелии способствовала разработка новых туров, сочетающих посещение природных и культурных объектов. Примером такого подхода может служить маршрут «Четыре времени года (Четыре сезона в Калевале)».

Для популяризации развития экологического туризма в Карелии был создан видеофильм о природе Калевалы, открыт веб-сайт «Четыре сезона в Калевале», издан путеводитель для российских и иностранных туристов. Проведение летнего фольклорного фестиваля в деревне Юшкозеро также должно способствовать привлечению туристов в этот уголок Карельской земли. Для удобства приезжающих сюда на отдых возведен современный туристический Инфоцентр в Калевальском районе, оборудован офис, приобретено туристское снаряжение. Для продвижения этого интересного тура за рубеж налажены устойчивые связи Инфоцентра с некоторыми финляндскими турфирмами

Сейчас в Карелии приобретает популярность такая разновидность экологического туризма как сельский туризм. Для этого было создано специальное общественное объединение, включившее владельцев 59 сельских усадеб. Его задача - координация развития сельского туризма в Республике Карелия. Основные маршруты сельского туризма будут пролегать в Медвежьегорском и Пудожском районах, где целый ряд усадеб получил гранты на подготовку жилья для приема гостей. Совместно с финской стороной проведено несколько семинаров по сельскому туризму. Для организаторов этого маршрута были проведены обучающие поездки в Ирландию и Финляндию [4].

Аналогичные проекты действуют Олонецком районе (проект «Развитие культурного, сельского и экологического туризма») и в Баренцевом регионе (проект «Trekisgrfnset – экотуризм и охраняемые территории»). Например, в Олонецком районе был открыт визит-центр в уникальной зоне отдыха диких гусей, разработано несколько туристских маршрутов по историческим карельским деревням.

Интереснейшим примером приграничного сотрудничества в области природоохранной деятельности и развития экотуризма стал проект «Зеленый пояс Фенноскандии», в котором участвуют Россия, Финляндия и Норвегия. Сотрудничество в области развития Зеленого пояса Фенноскандии базируется на трехстороннем финляндско-норвежско-российском Меморандуме о взаимопонимании, подписанном в 2010 г. [8].

Идея о создании такого проекта, охватывающего особо охраняемые природные территории от Баренцева моря до Финского залива, появилась в начале 1990-х годов, когда на территории России, граничащей с Финляндией, стали проводить широкомасштабные рубки леса. Цель создания Зеленого пояса Фенноскандии – сохранять биологическое разнообразие природы, развивать природоохранное, научное и культурное сотрудничество, развивать экотуризм. В рамках проекта «Зеленый пояс Фенноскандии» планируется создание новых заповедников и национальных парков: Ингерманландский заповедник и национальный парк Ладожские шхеры в России, Ленинградская область, и Парк Калевальский в Финляндии.

Таким образом, Россия стремится активизировать международное сотрудничество в сфере туризма и, в частности, в сфере экологического туризма. Это сотрудничество развивается как на государственном, так и на общественном уровнях, как в масштабах всей страны, так и на уровне регионов. Россия заинтересована в поддержке своих природоохранных инициатив, поэтому можно высказать предположение о дальнейшем углублении международного сотрудничества с различными международными организациями, правительствами на двусторонней и многосторонней основе.

В качестве специфических проблем, характерных для международного сотрудничества России в области экологического туризма, а также рекомендаций по их преодолению необходимо отметить следующее. Во-первых, особое внимание следует обратить на формы приграничного сотрудничества в решении экологических проблем России – обмен опытом с Финляндией, Швецией, Норвегией в области экологической политики. Во-вторых, необходимо содействовать международному сотрудничеству российских экологов и туроператоров с зарубежными туроператорами, экологами, международными природоохранными и экологическими фондами и союзами. В-третьих, следует сочетать в рамках одного предлагаемого тура культурных и экологических сюжетов для повышения его привлекательности на туристском рынке. Наконец, эффективным средством может стать популяризация экотуризма и реклама экотуров.

Особого внимания в контексте изучения экотуризма заслуживает проблема охраны культурного, исторического и природного наследия, подчеркивающие важность его сохранения для дальнейшего развития туризма. Памятники истории, культуры и природы являются национальным достоянием страны. Освоение территории для туристских целей требует бережного подхода по принципу: «сохрани – восстанови – не навреди» [13, с. 11]. Многие регионы богаты такими уникальными историческими территориями, как древние города, усадебные и дворцово-парковые ансамбли, комплексы культовой архитектуры, исторические постройки, историко-культурные памятники и др.

К сожалению, многие проблемы развития экологического туризма в России являются следствием, продолжением внутренних проблем, с которыми сталкивается Россия в последние годы. Решение проблем внутреннего характера (со-

циальных, политических, экономических и др.) позволит значительным образом скорректировать и проблемы, связанные с развитием туризма, в том числе, экологического, который является неотъемлемой сферой общественной, экономической жизни России. Кроме общих проблем также необходимо формировать экологическое сознание, вырабатывать чувство ответственности за сохранение природного и культурного богатства страны. Это можно осуществлять через сеть различных курсов, введение специальных учебных дисциплин, информационно-воспитательной работы и некоторых других способов формирования экологического сознания граждан. Наконец, развитие международного сотрудничества в сфере экологического туризма, обмен опытом и современными методиками его организации также способны внести свой вклад в дальнейшее развитие этого вида туризма в России.

Литература

1. Боголюбова Н.М., Николаева Ю.В. Сотрудничество в сфере сохранения природного и культурного наследия во внешней культурной политике (на примере деятельности ЮНЕСКО в Арктике) // Уч. зап. РГГМУ, 2011, № 19, с. 169-177.
2. Время отдыхать в России – http://www.russianow.ru/Content.aspx?st_id=54
3. Дроздов А.В. Основы экологического туризма. – М., 2005, с. 81-82.
4. Карелия официальная. Официальный портал органов государственной власти республики Карелия <http://www.gov.karelia.ru/gov/Power/Ministry/Development/Tourism/tourproj.html#06>
5. Колбовский Е.Ю. Экологический туризм и экология туризма. – М., 2006, с. 66.
6. Корнеев С.Е. Развитие туризма в Санкт-Петербурге и на Северо-Западе России. – СПб., 2003, с. 64.
7. Косолапов А.И. Теория и практика экологического туризма. – М., 2005, с. 37.
8. Международное сотрудничество по охране природы в Баренцевом регионе – <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=420831&lan=fi&clan=ru>
9. Основные положения стратегии устойчивого развития России /Под ред. А.М. Шелехова. – М., 2002 – <http://www.sbras.nsc.ru/win/sbras/bef/strat.html>
10. Развитие индустрии туризма в России // Аргументы и факты, 2004, №7, с. 16.
11. Санкт-Петербург: потребность турбизнеса в инвестициях оценивается в 2-3 млрд долл. – <http://www.allmedia.ru/newsitem.asp?id=676215>
12. Туризм на Северо-Западе Российской Федерации: развитие и инвестиции / Под ред. Т.И. Власовой. – СПб., 2002, с. 75.

В.Н. Рудченко

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ТУРИЗМ КАК ЧАСТЬ ТУРИСТСКОЙ
СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ ПРИГОРОДНОЙ ЗОНЫ
МЕГАПОЛИСА**

V.N. Rudchenko

**ECOLOGICAL TOURISM AS PART OF TOURIST STRATEGY
OF THE MEGALOPOLIS SUBURB DEVELOPMENT**

В статье ставится задача рассмотреть туризм с точки зрения экологии на примере экотуризма. В результате анализа существующих на рынке тенденций и разработанных в туризме терминов дано обобщающее определение экотуризма. Уточнен принцип экологичности входящий в предлагаемые на туристском рынке эко туры или маршруты. На примере Санкт-Петербурга и его пригородов, представлено возможное их развитие с точки зрения эко туризма. Разработана интегральная методика оценки результативности экотуризма и определены принципы способствующие формированию комплексной методики продвижения экотуризма.

Ключевые слова: туризм, экологический туризм, экотур, индустрия туризма.

In article tourism is analyzed from the point of view of ecology on an example of ecological tourism. Generalizing definition of ecological tourism is made as a result of the existing tendencies analysis in the market and the developed terms in tourism. The principle of «ecological purity» in the tourist market is specified. On an example St. Petersburg and its suburbs, provided opportunities for their development in terms of ecotourism. The integrated performance measurement and the contributing principles for ecotourism promotion are presented

Key words: tourism, ecological tourism, ecological tour, tourism industry.

Туризм является самой быстрой отраслью в Европе его нагрузка на экологию и природные ресурсы растет с каждым годом. В течение последних двух десятилетий международный туризм в Европе увеличился в среднем на 3,8 % в год. Ведущая международная организация в сфере туризма (далее UNWTO) предсказывает ежегодное увеличение на 3,1 %, что на один процентный пункт больше ожидаемого экономического роста. Поэтому не только в целях полноценного развития экотуризма, но и гармонизации экономики и человека в рамках концепции «устойчивое развитие туризма» UNWTO было принято решение о необходимости управления этим ростом с целью оказанию положительного влияния на социальные условия, окружающую среду и культурные памятники территории туризма. Например, по данным Росстат, за последние два года доходы, в нашей стране, от экологического туризма увеличились в 12 раз, а также построено и реконструировано 13 крупных туристических центров [1]. Выбор места для путешествия по-прежнему определяется ландшафтом и климатом. Так, например Европа предлагает прибрежные зоны, острова, горы, исторические места и сельскую местность. К сожалению, не только в России, но и на мировом уровне вопросам экологичности туризма и экотуризма уделялось и уде-

ляется мало внимания. Очевидно, что туризм станет успешной отраслью только в том случае, если управление будет вестись с учетом охраны окружающей среды и экологической безопасности. В настоящее время, по данным European Commission, складывается следующая картина туристских предпочтений.

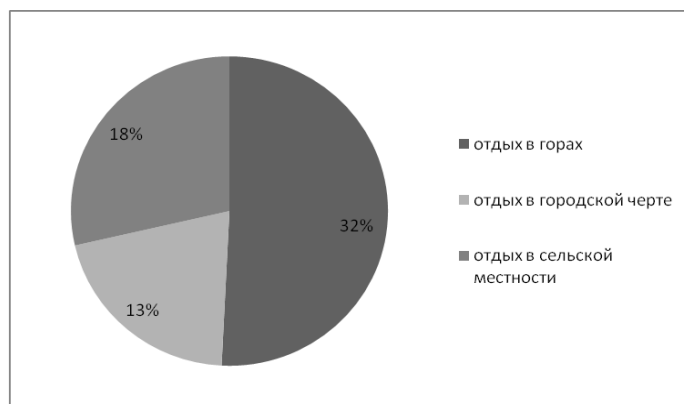


Рис. 1. Туристские предпочтения по видам отдыха

Анализ туристских предпочтений и туристских тенденций, позволили автору сделать следующие выводы:

1. Продолжительность отпусков увеличивается. Например, в Нидерландах среднее число отпусков на одного человека возросло с 1,21 до 1,71.
2. Европейцы предпочитают делить отпуск на части.
3. Туристы все больше предпочитают выезды на природу, культурным программам.
4. В ЕС расходы на развлекательные и культурные цели в туризме увеличились на 60 %.

Анализ российского туристского рынка по сегментам показал, что доля экологического туризма в общем объеме туризма страны составляет 15 %. В то время мировой показатель экотуризма превысил отметку в 25 % и является основополагающим источником доходов, например, для Кении, Коста-Рики и ряда других стран. Организация Объединенных Наций даже объявила 2002 г. «Годом экологического туризма» [3].

Однако Россия с ее богатым природным и культурным наследием является одной из наиболее привлекательных стран для мирового экологического туризма. Не смотря на общемировые тенденции развития данного вида туризма и существующие перспективы, России все еще не удается вывести отечественный экотуризм на конкурентоспособный уровень.

В то же время, если говорить о терминологии, то экотуризм – достаточно новое понятие, в трактовке которого допускаются разночтения. Он призван создавать экономические стимулы для сохранения окружающей среды. При этом само понятие «экотуризм» охватывает довольно широкий спектр путешествий –

от небольших познавательных туров для школьников до регулярных туристских программ в национальных парках и заповедниках. Прибыль от этого вида туризма частично можно использовать для финансирования природоохранных мероприятий [4].

Экологический туризм – такой вид туризма, который не наносит ущерба природной среде или предусматривает минимальное воздействие на среду обитания [4].

По словам П. Шэклфорда, представителя ВТО в Европе, термин «экотуризм» используется в индустрии туризма уже более 10 лет. Имеют место также утверждения, что впервые термин был использован Миллером в 1978 г. как обозначение одного из вариантов устойчивого развития туризма [5].

Международная организация туризма определяет экологический туризм следующим образом: экологический туризм – это «ответственное путешествие в природные зоны, области, сохраняющее окружающую среду и поддерживающее благосостояние местных жителей».

Международная организация экотуризма (TIES) дает следующие определение: экотуризм – ответственное путешествие в природные зоны, области, сохраняющее окружающую среду и поддерживающее благосостояние местных жителей [6].

В России термин «экологический туризм» появился в середине 80-х годов 20 века в Бюро международного молодежного туризма (БММТ) «Спутник» Иркутского обкома ВЛКСМ, когда его специалистами были разработаны и внедрены такие маршруты, как «Экотур по Кругобайкальской железной дороге», «Экотур по долине реки Голоустной», и др. Эти маршруты впервые в стране были официально названы «маршрутами экологического туризма» и именно под таким названием вошли в каталоги БММТ «Спутник» ЦК ВЛКСМ. Тогда под словосочетанием «экологический туризм» подразумевались маршруты, оборудованные таким образом, чтобы присутствие туристов минимально отражалось на природной среде, а сами они не только отдыхали, но и знакомились с экологическими проблемами Байкала, более того, по возможности участвовали в их решении. Понятие «экотуризм» в те времена воспринималось скорее как моральная категория, нежели экономическая, поскольку в организации своих маршрутов БММТ «Спутник» тесно взаимодействовал с зарождавшимся байкальским экологическим движением, боевой студенческой дружиной им. Улдиса Кнакиса факультета охотоведения Иркутского сельскохозяйственного института [7].

Таким образом, рассмотрев существующие определения можно сделать следующий вывод. С точки зрения автора четко прослеживаются два направления определения эко туризма:

1. Экотуризм – это путешествия, предпринимаемые в нетронутые цивилизацией места. Это неискаженные или незагрязненные области с уникальными природными объектами. Обычно в данных зонах путешественник может найти пейзаж, дикорастущие растения и дикие животные.

2. Экотуризм – усилия по поддержанию равновесия в природе. Данное направление состоит из изучения природной и культурной окружающей среды и направлен на улучшение окружающей среды обитания человека.

3. Кроме того, в современной туриндустрии становится популярным такое направление, как экологические фитнес туры. Автор считает, что данное направление является подвидом экотуризма. Экологические фитнес туризм можно рассматривать как сочетание физической активности с использованием всех оздоравливающих природных факторов курортов мира: климата, целебных минеральных вод и грязей, чистого воздуха, солнца и моря.

Одновременно UNWTO выделяет принципы экологичности в туризме, которые необходимо учитывать при формировании стратегии продвижения туристских регионов [8]:

- использование экологичного транспорта – велосипедов, безмоторных лодок, парашютов и т.п. или экологичного вида топлива;
- организацию привалов, бивуаков, туалетов, костров, приготовление пищи (из экологически чистых местных продуктов) в строго отведенных для этого местах;
- грамотную утилизацию мусора (мусор не выбрасывают на маршруте, а собирают, после чего он поступает на специальную переработку);
- привлечение туристов для решения местных экологических проблем (сбор мусора и др.);
- сбор грибов, ягод, лекарственных растений, любых природных сувениров только в разрешенных зонах;
- осуществление строительства мест отдыха – приютов, хижин, гостиниц, кемпингов и т.п. из экологически безвредных материалов и так, чтобы не нарушить нормальное экологическое развитие окрестного ландшафта.

Таким образом, основываясь на разноплановость существующих определений и требований к экологичности туризма, автор предлагает проводить деление территории России с точки зрения различных туристских зон по видам эко туризма. Например, в Северо-Западном регионе зоны подходящие для экологического туризма, как правило, подразумевают посещение особо охраняемых территорий – заповедников, иногда даже пещер, водопадов и уникальными видами флоры и фауны. Кроме того, практически в каждой зоне эко туризма находятся старинные усадьбы, постройки и монастыри, что создает возможность совмещать различные виды туризма и усиливать туристские потоки. Необходимость развития различных видов туризма, таких как эко и этнотуризм, также подтверждает и то, что существует стабильный контингент туристов заинтересованный специфическими видами туризма и, к сожалению, данный сегмент пока не охвачен на Северо-Западе. С точки зрения автора, Северо-Западный регион находится в определенном преимуществе перед другими туристскими дестинациями, так как он имеет достаточно природных ресурсов, которые он может продвигать на базе уже известной и высоко конкурентной на мировом рынке туристской базе Санкт-Петербурга. Развитие экотуризма в Северо-

Западном регионе предлагается развивать по двум направлениям: экотуризм Санкт-Петербурга и пригородных зон мегаполиса, экотуризм на базе Санкт-Петербурга. Одновременно, экотуризм на базе Санкт-Петербурга предлагается рассматривать по двум направлениям: экотуризм Ленобласти, экотуризм Ленинградской области и других областей Северо-Западного региона.

1. Экотуризм Санкт-Петербурга и пригородных зон мегаполиса. Около трехсот лет пригородные зоны Санкт-Петербурга, такие как Пушкин и Павловск, развивались как загородная царская резиденция для оздоровительного отдыха. Место было выбрано не слишком удаленное от столицы и с особым климатом: благоприятная роза ветров, особое расположение магнитных полей создают особую климатическую зону. Наряду с перечисленными привлекательными чертами для туризма, в регионе практически отсутствуют крупные промышленные предприятия. На протяжении всей истории Пушкин и Павловск являются курортами. Например, в Пушкине располагаются парки музея-заповедника, занимающие более 700 гектаров. Однако, к сожалению, о пригородах многие туристы узнают только по прибытии в Санкт-Петербург, заранее не зная, насколько привлекательны для них существующие объекты. Для Пушкина основным привлекательным объектом для туристов является музей-заповедник «Царское Село». На территории Павловска расположены памятники ландшафтной архитектуры: «Царский зверинец», «Глазово», «Ферма», «Дом графини Самойловой». Государственные музеи-заповедники пригородов Санкт-Петербурга созданные в советский период, позволили практически восстановить уникальные и всемирно известные дворцово-парковые ансамбли. Однако, туристы предпочитают однодневные визиты в рамках тура по Северо-Западу или выезжая на несколько часов от Петербурга. Поэтому для формирования новых стереотипов туристского поведения, необходимо формировать различные программы туристской лояльности направленные на ознакомление туристами разных видов туризма и их заинтересованности не наносить краткосрочные визиты, а изучать и раскрывать многогранный потенциал пригородов Санкт-Петербурга [9].

2. Экотуризм Ленинградской области. Данное направление предлагается развивать через климатические особенности и разноплановость туристских дестинаций. Для этого также необходимо использовать исторически культурную взаимосвязь с главной туристской дестинацией Северо-Запада – Санкт-Петербургом. Особое место в этом направлении принадлежит охраняемым природным территориям, заповедникам, национальным и природным паркам, заказникам и памятникам природы.

3. Экотуризм Ленинградской области и других областей Северо-Западного региона. Данное направление развития экотуризма предполагает активизацию таких туристских территорий как Архангельская и Мурманская области, на территориях которых расположено множество лесов, рек и озер.

Взаимосвязь данных областей и регионов в единую концепцию продвижения экологического туризма в России, автор предлагает осуществлять через

формирование на данных территориях туристских кластеров. Использование теории кластерного подхода в туризме позволяет повысить конкурентоспособность предприятий туризма и экономики страны. Базой для кластеров является территориальная близость и концентрация туристских субъектов, наличие связей, что, в конечном счете, дает синергетический эффект кластера в туризме.

На международном туристском уровне формирование туристских кластеров идет в Южно-Африканской Республике, Австралии, США, Великобритании, Швеции, Греции, Мексике.

В качестве яркого примера можно рассмотреть туристский кластеры:

- республика Алтай, Алтайский край, Кемеровская область
- маршрут Кижи-Валаам-Соловки.
- на Байкале, главном туристическом кластере центре Сибири, расположено три заповедника и два национальных парка.

Автор считает, что для создания условий развития кластеров в экотуризме отвечающих запросам потребителей необходима единая модель, состоящая из взаимосвязанных элементов. Саму кластерную территорию туризма предлагается рассматривать состоящую из следующих элементов:

1. Экологические ресурсы на территории кластера – база кластера;
2. Туристские организации, формирующие и реализующие туристские продукты эокластера;
3. Поставщики сопутствующих услуг, которые формируют отличительные черты данного эокластера от других туристских территорий.
4. Общественные организации и местное население, занятые в индустрии туризма эокластера.

Между вышеперечисленными составными элементами кластера существуют экономические связи между участниками и обратная связь с потребителями.

В различных европейских странах существуют различные административные структуры для экотуризма. Автор предлагает по Северо-Западному округу сформировать Центр экотуризма, целью которого будет являться разработка программ нацеленных на развитие экотуров и поддержание баланса между развитием туризма и экологической составляющей туризма. Также предполагается данному центру передать функцию выдачи разрешений на пользование природными объектами в туристских целях.

Учитывая изложенный выше авторский подход развития эко туризма на Северо-Западе, при формировании единой концепции развития экотуризма, автор считает необходимо учитывать:

1. Сильное влияние фактора сезонности, так как наиболее популярные туристские маршруты пролегают по морским побережьям и горам.
2. Пагубное влияние туристской нагрузки на природные территории.

Например, Капри (Италия) испытывает нагрузку вследствие приема приезжающих туристов. Майорка урбанизировала 30 % прибрежной полосы для расширения пляжей. В то же время, злоупотребление водой в отелях приводят к нехватке воды и переизбытку сточных вод.

4. *Хаотическое развитие инфраструктуры экотуризма (турбаз, временных лагерей).* Автор считает важным заметить, что на сегодняшний день не существует едино принятой в России или в регионах оценки результативности экотуризма. Эксперты ВТО в подсчете прибытий и поступлений от видов туризма используют понятие "туризм, ориентированный на природные туристские ресурсы", или "природный туризм" (nature based tourism), куда относят и экотуризм [10]. Однако, Совет Европейского союза (ЕС) в мае 2002 г. принял резолюцию о необходимости улучшения координации политики, оказывающей влияние на туризм – программа «Agenda 21», которая содержит интегрированную оценку туристической деятельности по всему ЕС и выработку показателей экологически безопасного развития туризма.

Автор предлагает эффективность экотуризма рассчитывать по блокам:

1. Показатели экологической безопасности.

Показатели экологической безопасности – совокупность параметров окружающей среды: социально-демографических, социальной инфраструктуры, социально-экономических, климато-географических, санитарно-гигиенических, медицинского обслуживания, медико-демографического, заболеваемости, физического развития [11].

Данную группу показателей предлагается составлять на основе статистических данных различных представительств органов государственной власти и целесообразно их рассматривать в динамике с целью выявления отклонений от разработанных нормативов.

2. Доходы от экотуризма предлагается определить как расходы въезжающих посетителей на эко территорию:

- платежи перевозчикам за транспорт,
- поступления от однодневных посетителей эко территории,
- предварительные платежи за товары и услуги, полученные в месте назначения.

$$D = d \times K_v, \quad (1)$$

где D – доходы территории от экотуризма; d – доход 1 въехавшего; K_v – кол-во въехавших.

Одновременно, на уровне каждой экотерритории предлагается отслеживать в динамике *объем обслуживания* – качественный показатель, измеряющийся в человеко-днях.

$$OO = K_n \times K_{\text{дней}}, \quad (2)$$

где K_n определяется числом человек, принятых на обслуживание; $K_{\text{дней}}$ – фактической продолжительностью обслуживания каждого туриста в календарных днях.

На региональном уровне в отечественном туризме автор считает необходимым использовать спутниковые счета. Оценка показателей спутникового счета туризма должна включать показатели счета производства туристского продукта на эко территории, счета потребления и предложения туристского продукта в разрезе типологических групп посетителей, счета туристской добавлен-

ной стоимости и занятости, счета туристских расходов посетителей региона экотуризма.

3. Доходы от экотуризма учитывающие международные концепции.

Для сопоставимости показателей экотуризма разных территорий как в одной стране, так и в мире ВТО рекомендует делать расчеты по фактическим затратам и применять следующую группировку:

- комплексные поездки, пакеты услуг на отдых и комплексные туры;
- размещение;
- питание и напитки;
- транспорт;
- рекреационные, культурные и спортивные мероприятия;
- посещение магазинов;
- прочее.

Автор предлагает для усиления эко концепции внедрить в отечественную туристскую практику начиная от регионального уровня следующие направления:

1. Поддерживать малый и средний турбизнес способствующий развитию инфраструктуры туризма и в частности эко туризма.

2. Создать межведомственный совет по развитию туризма для совершенствования законодательной базы.

3. Создать единый центр по продвижению соответствующего турпродукта.

4. Учитывать и распространять опыт других туристских территорий.

5. Усиленно использовать экомаркировку.

Экомаркировка – это знак или графический символ, который в результате процедуры проверки на соответствие выработанным экологическим критериям присутствует на товаре или его упаковке, и подтверждается документально соответствие выработанным критериям экомаркировки.

Сейчас в развитом мире существует большое количество экологических знаков, выработаны критерии для многих групп товар (для пищи, бытовой химии, бумаги и т.п.) или услуг (предоставление электроэнергии). Процесс создания экознака и критериев к нему по каждой группе товаров инициируется экологическими некоммерческими организациями. Данный знак используется, чтобы потребителю было проще ориентироваться в том, что товар не представляет угрозы для здоровья человека.

В настоящее время наиболее известны следующие экомаркировки:

«Голубой ангел» (Германия) – старейшая программа экомаркировки, которой уже более 30 лет. Эта маркировка появилась в 1977 г., а в 1978 г. ей была отмечена первая продукция.

«Северный лебедь» – наиболее успешная программа экомаркировки, действующая в странах Скандинавии. Эта экомаркировка была введена в Швеции, Норвегии, Финляндии и Исландии, а позже и Дании, при поддержке правительства, промышленности, розничной торговли и других организаций.

«Цветок ЕС» – экологическая маркировка стран – членов Евросоюза.

«Листок жизни» – российская программа экомаркировки, разработчиком которой является НП «Санкт-Петербургский Экологический союз». В 2007 данная система вошла в члены GEN и признана международным сообществом соответствующей принципам стандарта ISO 14 024 и мировой практике добровольной экологической сертификации [12].

Обычно знаки экомаркировки ставятся на продукцию, тем не менее, автор считает, что данное направление можно использовать также для продвижения эко территорий в туризме. Для этого предлагается выделить специальный орган в комитете по туризму и спорту, который будет заниматься: разработкой требований и критерий отнесения территории к эко зоне и будет следить за безопасностью туризма территории.

Таким образом, с одной стороны, экотуризм стимулирует общение человека с природой, с другой – предотвращает негативное воздействие на природу, побуждая туристов к ее охране. Являясь неотъемлемым компонентом устойчивого развития, туризм приводит к гармонизации экологических, социально-культурных, и экономических воздействий.

Литература

1. Данные по международному туризму. International Tourism Charter. URL: www.intertourceter.com (Дата обращения 23.02.2013).
2. Environmental signals (EEA) 2011. Environmental assessment report N 8. European Environment Agency, Copenhagen.
3. Принципы нового туризма. URL: www.tourbook.ru (Дата обращения 03.08.2012).
4. Каверина Т.П., Квартальнов В.А. Туризм как вид деятельности. – М.: PMAT, 1996, с. 284.
5. Храбовченко В.В. Экологический туризм. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 208 с.
6. Бюллетень международного экотуризма. URL: http://www.ecotourism-russia.ru/eshche_odna_vnutrennjaja/bulleten_mezhdunarodnogo_obshchestva_ekoturizma_ties_.html (Дата обращения 19.02.2013).
7. Экологический туризм. URL: <http://univerlib.ru/page/13-opredelenije-ekoturizma-2617.html> (Дата обращения 09.02.2013).
8. Исследования туристской организации. – WTO. Madrid, 2009, p. 6.
9. Рудченко В.Н. Автореферат на тему «Стратегия продвижения туристского продукта пригородной зоны мегаполиса». – СПб.: СПбГУЭиФ, 2007.
10. Экологический туризм URL: <http://univerlib.ru/page/13-opredelenije-ekoturizma-2617.html>. (Дата обращения 18.01.2013).
11. Гражданская защита. Понятийно-терминологический словарь / Под общ. ред. Ю.Л. Воробьева. – М.: Флайст, Инф.-изд. центр «Геополитика», 2001.
12. Экологические знаки на товарах. URL: <http://www.goodsmatrix.ru/articles/1124.html> (Дата обращения 13.01.2013).
13. Малинин В.Н., Шевчук О.И. Об изменениях глобального климата в начале 21-го столетия // Уч. зап. РГГМУ, 2010, № 15, с. 150-155.
14. Храбовченко В.В. Экологический туризм. – М.: Финансы и статистика, 2003.
15. Экстремальный туризм. URL: www.extremal.ru.
16. Принципы нового туризма. URL: www.tourbook.ru
17. Исследования туристской организации. – WTO. Madrid, 2013, p. 6.
18. Товбина В.Л. Новая экологическая парадигма – важный фактор обеспечения устойчивого развития // Уч. зап. РГГМУ, 2012, № 26, с. 248.

ЭКОНОМИКА

Д.Х. Сабанчиева

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ХОЗЯЙСТВУЮЩИХ СУБЪЕКТОВ-ПРИРОДОПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ

D.H. Sabanchieva

THE ECONOMIC SECURITY OF BUSINESS ENTITIES THAT USE NATURAL RESOURCES

В статье рассматривается проблема обеспечения экономической безопасности предприятий-природопользователей. Проведена классификация предприятий природопользователей. Рассмотрены угрозы экономической безопасности предприятий-природопользователей, связанные с государственным регулированием сферы природопользования.

Ключевые слова: экономическая безопасность, угрозы, природопользователи.

The problem of ensuring the economic security of enterprises that use natural resources. The classification of natural resource companies. Discussed the threats to the economic security of enterprise-nature related to the state regulation sphere of nature.

Key words: economic security, threat, nature.

Деятельность предприятий-природопользователей традиционно рассматривается с позиций обеспечения охраны окружающей среды, повышения эффективности использования природных ресурсов. В таких исследованиях интересы предприятий-природопользователей отходят на второй план, и о проблеме обеспечения экономической безопасности разговоров не ведется. Не претендуя на приоритет частных интересов предприятий-природопользователей по сравнению с интересами общества и государства в сфере экологии, полагаем, что анализ экономической безопасности хозяйствующих субъектов, чья деятельность непосредственно связана с использованием природных ресурсов, поможет не только данным субъектам, но и государству, в части разработки таких мер организационного и экономического воздействия на природопользователей, которые, с одной стороны, позволят реализовывать свою прямую цель – обеспечение экологической безопасности страны, эффективная охрана окружающей среды и рациональное использование ограниченных природных ресурсов, а с другой, будут реализуемы предприятиями, то есть не будут снижать существенно уровень их экономической безопасности.

Активное обсуждение проблем экономической безопасности России идет более 10 лет. В 2000-е годы появились даже учебные курсы «Экономическая

безопасность», используемые для преподавания во многих вузах России. Однако в дискуссиях и в литературе по этой проблематике осталось еще много проблем [5].

Полагаем, что экономическая безопасность как явление объективной действительности не может возникнуть и существовать само по себе, а является результатом согласованной деятельности различных субъектов. В этой связи речь должна идти об экономической безопасности в сферах деятельности конкретных субъектов системы обеспечения экономической безопасности. Так система обеспечения экономической безопасности не станет действенным инструментом государственной политики, если не будут конкретизированы предмет, объект, цель, задачи и методы обеспечения экономической безопасности конкретных субъектов (Минфин РФ, ФСБ РФ, МВД РФ и т.п.), а также в конкретных сферах и отраслях экономики (в отраслях материального производства, в финансовой сфере и т.п.) [6].

Поэтому далее в соответствии с целью и задачами нашей работы мы рассмотрим и конкретизируем понятие и содержание экономической безопасности хозяйствующих субъектов-природопользователей (или предприятий-природопользователей).

Прежде всего, стоит определиться с тем, кто из хозяйствующих субъектов подпадает под категорию предприятий-природопользователей.

Формы природопользования осуществляются в двух видах использования природы: общего и специального природопользования.

Общее природопользование осуществляется субъектами (физическими и юридическими лицами) в силу принадлежности им естественных (гуманитарных) прав, возникающих и существующих как результат их рождения и существования (пользование атмосферным воздухом для дыхания, водой – для питьевых и хозяйственно-бытовых нужд и т.д.).

Специальным природопользованием признается такое, которое реализуется физическими и юридическими лицами на основе разрешений компетентных органов государства. Оно носит целевой характер. Специальное природопользование связано с потреблением (использованием) природного ресурса. В данном случае под потреблением (использованием) природного ресурса понимается использование «части материальных благ, которая прямо добывается из окружающей среды без прохождения через одну или более стадий производства» [8]. Далее, применяя термин природопользование, мы будем иметь в виду именно специальное природопользование.

Однако для целей разработки проблемы экономической безопасности предприятий-природопользователей данной степени конкретизации хозяйствующего субъекта, выступающего объектом обеспечения экономической безопасности, не достаточно. Поэтому далее проведем классификацию предприятий природопользователей по другим критериям-признакам.

По видам используемых объектов природопользование подразделяется на:

- землепользование;
- водопользование;
- лесопользование;
- пользование недрами;
- пользование животным миром;
- использование атмосферного воздуха.

Деятельность субъектов-пользователей выделенными выше природными ресурсами имеет свои особенности, связанные как с естественными условиями хозяйствования, так и со специальными государственными методами воздействия, которые варьируются в зависимости от используемых ресурсов.

По способу использования ресурсов предприятия-природопользователей можно разделить на:

- субъекты, использующие природные ресурсы в качестве исходного сырья;
- субъекты, использующие природные ресурсы в качестве среды (территории) функционирования;
- субъекты, использующие природные ресурсы в качестве объекта для размещения отходов хозяйственной деятельности;
- субъекты, использующие природные ресурсы для прочих целей.

Для каждого вида используемых природных ресурсов можно выделить конкретные способы их использования, в соответствии с которыми также можно классифицировать предприятия-природопользователи.

Так, например, недропользователи могут быть разделены на [7]:

- хозяйствующие субъекты, занятые добычей полезных ископаемых;
- хозяйствующие субъекты, занятые строительством и эксплуатацией подземных сооружений;
- хозяйствующие субъекты, занятые геологическим изучением недр (мониторинг подземных вод, мониторинг экзогенных геологических процессов) и др.

По воздействию на окружающую среду предприятия-природопользователи можно разделить на:

- субъекты, оказывающие негативное воздействие на окружающую среду;
- субъекты, оказывающие нейтральное воздействие на окружающую среду;
- субъекты, оказывающие положительное воздействие на окружающую среду.

Для целей настоящей статьи объект анализа ограничен субъектами, оказывающими негативное воздействие на окружающую среду.

Следует отметить, что тема обеспечения экономической безопасности предприятий, как таковых, широко представлена в научной литературе. Поэтому останавливаться на анализе понятия «экономической безопасности предприятия» не имеет смысла.

Отметим лишь, что зачастую экономическая безопасность предприятий рассматривается как составная часть национальной экономической безопасно-

сти или экономической безопасности государства (страны). Конечно, предприятия, являясь основной хозяйственной единицей, выступают главными созидателями продукции (товаров, работ, услуг), предоставляют рабочие места, участвуют в формировании ВВП и способствуют экономическому росту. В таком ракурсе утверждение о наличии прямой корреляционной связи экономической безопасности предприятий и экономической безопасности государства справедливо. Однако можно привести и несколько иные аргументы, ставящие под сомнение данный тезис.

Отношения предприятий и государства, как показывает действительность, являются далеко не тождественными по следующим позициям:

- налоги. Для государства они являются главным источником дохода бюджета, а для предприятий – значимой статьей затрат. Соответственно явно противоположны и целевые функции данных субъектов относительно величины налогов. Уклонение от уплаты налогов иногда можно рассматривать в качестве инструмента обеспечения экономической безопасности предприятий;

- перспектива принятия управленческих решений. Если для государства управленческие решения носят, как правило, долго- и среднесрочные перспективы, то для отдельных граждан, управляющих предприятиями, решения нацелены на краткосрочную перспективу. Этому есть объективная причина, а именно тот факт, что длительность функционирования государств, как правило, больше, чем у человека или юридического лица;

- законы, нормы, правила. Государство – основной источник норм и предписаний, которые, в том числе, регулируют и деятельность субъектов хозяйствования. Для предприятий нормы, выступают благом, лишь в том случае, если они эффективны. Но в любом случае следование установленным нормам и правилам сопряжено с издержками, величина которых зависит от эффективности данных норм. Поэтому в настоящее время актуальными становятся исследования, в которых оппортунистическое поведение хозяйствующих субъектов рассматривается в качестве способа обеспечения экономической безопасности [3, 4].

Отношение к окружающей природной среде. Для государства окружающая природная среда (во всяком случае, формально) выступает в качестве общественного блага, которое необходимо охранять, ресурсы которого необходимо использовать бережно и рационально. Для хозяйствующих субъектов окружающая природная среда – это, прежде всего, источник ресурсов, а следовательно, и прибыли.

Особенно остро данные противоречия видны в сфере природопользования.

Анализируя экономическую безопасность системы любого уровня, нельзя не коснуться угроз, под которыми следует понимать явления или действия, которые деструктивно воздействуют (реальные) или могут воздействовать (потенциальные) на экономическую систему и создающие опасность для ее развития [10].

Угрозы экономической безопасности предприятий-природопользователей следует разделить на два блока. Первый блок – это угрозы экономической безопасности, характерные для любого хозяйствующего субъекта, вне зависимости от наличия или отсутствия статуса природопользователя. Второй блок – это угрозы экономической безопасности, присущие непосредственно и только природопользователям. Данные угрозы наиболее важны для нас. Назовем этот блок статусными угрозами. Их также целесообразно разделить на угрозы экономической безопасности предприятий-природопользователей в зависимости от вида используемого природного ресурса и способа его использования.

В качестве основной и первостепенной угрозы экономической безопасности предприятий-природопользователей можно выделить ограниченность и истощаемость используемых природных ресурсов. Период функционирования хозяйствующего субъекта-природопользователя (а следовательно, и его экономическая безопасность), в первую очередь, ограничен временем наличия используемого природного ресурса в том качественном и количественном состоянии, которое позволяет его использовать.

Также в качестве угрозы экономической безопасности предприятий-природопользователей можно выделить административную нагрузку, величина которой на предприятие возрастает при наличии статуса природопользователя. В данном случае речь идет о более жестком государственном регулировании природопользования, обусловленном необходимостью стимулировать предприятия к рациональному использованию природных ресурсов и необходимостью их воспроизводства.

Мы не ставим под сомнение необходимость государственного регулирования хозяйственной деятельности предприятий-природопользователей и не выражаем отрицательного отношения к ним в адрес субъектов хозяйствования. Однако в рамках системы обеспечения экономической безопасности предприятий-природопользователей государственные меры ограничительного характера, несмотря на цель обеспечения рационального природопользования, одновременно выступают факторами, ограничивающими экономические возможности конкретных хозяйствующих субъектов, а следовательно, и их экономическую безопасность. В этой связи экономическая безопасность предприятий-природопользователей должна рассматриваться именно в рамках существующих ограничений природоохранного законодательства, которое в настоящее время насчитывает одних только федеральных законов около 30 единиц [7]. Это также является одной из основных особенностей ведения хозяйственной деятельности данных субъектов.

К угрозам экономической безопасности предприятий природопользователей следует отнести и административные барьеры, характерные только для отрасли природопользования. Например, к таким барьерам следует отнести лицензирование деятельности, нормирование деятельности природопользователей и др.

Деятельность предприятий-природопользователей подвержена большому по сравнению с другими хозяйствующими субъектами влиянию управленческих решений чиновников, ответственных за государственное регулирование данной сферы. Некоторые из этих решений оказывают непосредственное воздействие на экономическую безопасность природопользователей. К таковым можно отнести решения ответственных должностных лиц о: выдаче разрешения, лицензии, ограничении, приостановлении, прекращении работы предприятий, сооружений, иных объектов и любой деятельности, причиняющей вред среде и несущей потенциальную опасность для здоровья человека. Исполнение данных управленческих решений носит обязательный характер для всех организаций и лиц, на которых они распространяются, а банковские учреждения обязаны прекращать финансирование запрещенной деятельности до отмены решения о ее запрете [2].

Для целей экономической безопасности конкретных природопользователей нельзя рассматривать как положительные и следующие положенные в основу государственного управления природопользованием и состоянием окружающей среды в Российской Федерации:

- принцип приоритета охраны окружающей среды [9]. В соответствии с ним в случае противоречия интересов хозяйственной деятельности и интересов охраны окружающей среды, управленческое решение должно приниматься в соответствии с требованиями охраны окружающей среды;
- принцип презумпции экологической опасности планируемой хозяйственной деятельности [1].

Фактором, отрицательно влияющим на экономическую безопасность предприятий природопользователей, выступает платность использования природных ресурсов. Перечень издержек природопользователей, обусловленных непосредственно статусом природопользователя весьма широк и в целом зависит от вида используемых ресурсов. Но в общем виде их можно разделить на:

- издержки, связанные с получением права доступа к природному ресурсу (например: сбор за участие в конкурсе (аукционе) для недропользователей, арендная плата для лесопользователей);
- издержки, связанные с использованием природными ресурсами (например: для недропользователей: разовые платежи за пользование недрами при наступлении определенных событий, оговоренных в лицензии; регулярные платежи за: пользование недрами для регионального геологического изучения; пользование недрами для образования особо охраняемых геологических объектов, имеющих научное, культурное, эстетическое, санитарно-оздоровительное и иное значение, разведку полезных ископаемых на месторождениях, введенных в промышленную эксплуатацию, в границах горного отвода, предоставленного пользователю недр для добычи этих полезных ископаемых, разведку полезного ископаемого в границах горного отвода, предоставленного пользователю недр для добычи этого полезного ископаемого; для лесопользователей: плата по договору купли-продажи лесных насаждений).

В рамках данного блока можно выделить отдельно налоговые издержки, в том числе: земельный налог, водный налог, налог на добычу полезных ископаемых, сборы за пользование объектами животного мира и за пользование объектами водных биологических ресурсов и др.); издержки, связанные с негативным воздействием на окружающую среду, которые можно разделить на: платежи за загрязнение в пределах утвержденных лимитов; платежи за сверхлимитное загрязнение; возмещение ущерба; штрафы).

Платежи и налоги за загрязнение и пользование природными ресурсами представляют собой косвенные рычаги воздействия государства и выражаются в установлении платы за выбросы или сбросы, а также за владение, пользование и другие законные действия с природными ресурсами. Уровень платежа соответствует социально-экономическому ущербу от загрязнения или какому-либо другому показателю, например экономической оценке ассимиляционного потенциала природной среды, стоимости какого-либо природного ресурса и т.д. платеж за загрязнение – это плата за право пользования ассимиляционным потенциалом природной среды. Пользователь этого ресурса платит за него так же, как он платит за приобретаемое сырье, электроэнергию и т.д. [9].

В рамках данной статьи мы не рассматриваем количественную характеристику издержек предприятий-природопользователей. Однако приведем здесь цитату, которая позволит читателю сформировать некоторое представление о положении данных субъектов хозяйствования: «для огромного числа природопользователей, едва сводящих концы с концами, не имеющих никаких накоплений, оснащенных большой долей изношенного и поэтому особенно опасного в экологическом плане оборудования повышение экологических требований часто просто не под силу и здесь не помогут никакие рычаги принуждения – ни экономические, ни правовые» [11]. Таким образом, высказанная выше мысль о том, что несоблюдение установленных государством норм и правил в определенных случаях может выступать в качестве способа экономического «выживания» или обеспечения экономической безопасности – не лишена смысла и для предприятий-природопользователей.

Исходя из этого, угрозы экономической безопасности природопользователей можно разделить еще на две группы:

- угрозы экономической безопасности предприятий-природопользователей, связанные с соблюдением установленных норм и правил;
- угрозы экономической безопасности предприятий-природопользователей, связанные с несоблюдением установленных норм и правил.

Данную статью, конечно же, нельзя рассматривать в качестве работы, содержащей решение проблемы обеспечения экономической безопасности хозяйствующих субъектов-природопользователей. Однако в ней есть решение задач, являющихся звеньями в достижении вышеуказанной цели:

- во-первых, деятельность предприятий-природопользователей и государственное регулирование данной сферы рассматриваются не с позиций обеспе-

чения охраны окружающей среды, повышения эффективности использования природных ресурсов, а с позиций обеспечения экономической безопасности природопользователей;

– во-вторых, мы обозначили специфические стороны функционирования предприятий-природопользователей, которые имеют непосредственное отношение к обеспечению их экономической безопасности.

– в-третьих, в статье приведена классификация самих предприятий-природопользователей, которая должна лечь в основу анализа экономической безопасности данных субъектов (угроз, инструментов обеспечения и т.д.);

– в-четвертых, в статье приведена классификация угроз экономической безопасности предприятий-природопользователей, способы противодействия которым необходимо разработать в рамках дальнейших научных исследований.

Литература

1. Федеральный закон от 10.01.2002 №7-ФЗ (ред. от 25.06.2012) «Об охране окружающей среды» // Собрание законодательства РФ, 14.01.2002, № 2, ст. 133.
2. Богомолов С.А. Обязанности природопользователей // Право и экономика, 2001.
3. Грачев А.В., Ковтунова С.Ю. Экономические аспекты взаимодействия хозяйствующих субъектов и органов внутренних дел в рамках противодействия теневым экономическим явлениям. – СПб.: Изд-во СПб ун-та МВД России, 2011.
4. Грачев А.В., Пузыревский Л.С. Теневая экономика как инструмент обеспечения экономической безопасности хозяйствующих субъектов // Научно-технич. ведомости СПбГТУ, 2011, № 3.
5. Латов Ю.В. Российская теневая экономика в контексте национальной экономической безопасности // Вестник Ростовск. гос. ун-та, 2005, т. 5, № 1, с. 16-28.
6. Литвиненко А.Н., Грачев А.В., Максимова О.Ю. Экономический подход к управлению ресурсами органов внутренних дел в системе обеспечения экономической безопасности страны: монография. – СПб.: Изд-во СПб ун-та МВД России, 2012.
7. Охрана окружающей среды, природопользование и обеспечение экологической безопасности в Санкт-Петербурге в 2011 году / Под ред. Д.А. Голубева, Н.Д. Сорокина. – СПб., 2012.
8. Пономарева М.А. Формирование организационно-экономического механизма управления устойчивым развитием природо-хозяйственной системы региона: темпорально-территориальная концепция: Дисс... д-ра экон. наук. – Ростов-на-Дону, 2012.
9. Феофилова Т.Ю. Теоретическое обоснование регионального социально-экономического развития: формирование понятийно-терминологической системы // Уч. зап. РГГМУ, 2011, № 21, с. 172-180.
10. Шкварок В.М. Теоретические основы и классификация угроз экономической безопасности России: Автореф. дисс...к.э.н. 08.00.05. – СПб., 2008.
11. Материалы сайта <http://lib.vvsu.ru> (дата обращения 15.09.2012).

Е.Е. Петрова**УПРАВЛЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИМИ РИСКАМИ
В ИНВЕСТИЦИОННОМ АНАЛИЗЕ****Е.Е. Petrova****MANAGEMENT OF ECOLOGICAL RISKS
IN INVESTMENT ANALYSIS**

В статье отражены этапы управления экологическими рисками, раскрыто содержание оценки риска, рассмотрены основные количественные характеристики показателей риска аварий. Приведена классификация методов оценки рисков аварий и методов управления рисками.

Ключевые слова: управление экологическими рисками, оценка риска, количественные характеристики показателей риска.

The article identifies the stages of ecological risks management, reveals the contents of risk assessment, considers the major quantity characteristics of breakdown risks factors. It offers a classification of breakdown risks assessment methods and risk management methods.

Key words: management of ecological risks, risk assessment, quantity characteristics of risk factors.

Одним из сопутствующих элементов любой хозяйственной деятельности является риск нанесения ущерба окружающей среде или здоровью человека. Экологический риск – это соотношение величины возможного ущерба при воздействии экологического фактора и вероятности реализации этого воздействия; это допущение вероятности причинения вреда природной среде и границ вмешательства в нее. Степень риска обычно определяется как произведение ожидаемого ущерба на вероятность того, что этот ущерб будет нанесен.

Основная цель управления риском – это его минимизация при заданных ограничениях на ресурсы и время, осуществляемая поэтапно:

1. Сравнение характеристик рисков, полученных в процессе их оценки, с целью установления приоритетов среди источников и факторов риска, их воздействия, которое требует первоочередного внимания со стороны субъектов управления.
2. Сопоставление выявленных негативных и позитивных сторон функционирования объекта, т. е. источника риска.
3. Ответ на вопрос о степени приемлемости риска (риск приемлем полностью, частично, неприемлем).
4. Выбор одной из «типовых» мер, способствующих минимизации или устранению риска.
5. Принятие регулирующего решения.

Оценка экологического риска необходима для изучения сценариев возможных аварий и их последствий для окружающей среды и населения – для анализа

предусмотренных мер и средств предупреждения и ограничения последствий аварии, порядка расчета ущерба, нанесенного деятельностью предприятия, детализации средств смягчения этого ущерба, оценки воздействия на среду остаточного загрязнения, системы информирования надзорных организаций и граждан о возможной аварии.

Оценка риска включает в себя следующие этапы:

- первичная идентификация опасности; – описание источника опасности и связанного с ним ущерба;
- оценка риска в условиях нормальной работы;
- оценка риска во внештатном режиме работы (при аварии, хранении и транспортировке опасных веществ);
- спектр возможных сценариев развития аварии;
- статистические оценки и вероятностный анализ риска.

В общем случае показатели риска выражаются сочетанием вероятности (или частоты) и тяжести последствий рассматриваемых нежелательных событий.

Всесторонняя оценка риска аварий основывается на анализе причин возникновения (отказов технических устройств, ошибок персонала, внешних воздействий) и условий развития аварий, поражения производственного персонала, населения, причинения ущерба имуществу организации или третьим лицам, вреда окружающей среде.

Основные количественные характеристики показателей риска аварий:

- технический риск, определяемый методами теории вероятностей;
- индивидуальный риск, определяемый частотой поражения отдельного человека в результате воздействия исследуемых факторов опасности (выражается отношением числа пострадавших людей к общему числу рискующих за определенный период времени);
- потенциальный территориальный риск, определяемый частотой реализации поражающих факторов в рассматриваемой точке территории;
- социальный риск, определяемый функцией распределения ущерба;
- коллективный риск, определяемый ожидаемым количеством пострадавших в результате аварий на объекте за определенный период времени;
- статистически ожидаемый ущерб в стоимостных или натуральных показателях.

При анализе риска аварий могут быть использованы методы «Проверочного листа», «Что будет, если...?», анализа вида и последствий отказов, анализа опасностей и работоспособности, анализа «дерева отказов», анализа «дерева событий», количественного анализа рисков [3].

Методы «Проверочного листа» и «Что будет, если...?» основаны на опросах специалистов и работников, связанных с функционированием опасных производственных объектов. Данные методы используются для оценки соответствия условий эксплуатации опасного производственного объекта требованиям промышленной безопасности.

Анализ вида и последствий отказов (АВПО) основан на рассмотрении каждого технического устройства (установки, блока, изделия) или составной части технической системы на предмет того, как он стал неисправным (вид или причина отказа) и каковы вероятностные последствия отказа на техническую систему. АВПО применяется для качественного анализа опасности рассматриваемой технической системы.

Анализ опасности и работоспособности (АОР) применяется для изучения влияния отклонений технологических параметров (температуры, давления и пр.) от регламентных режимов с точки зрения возможности возникновения опасности. Метод АОР основан на определении возможных отклонений и их причин для каждой составляющей опасного производственного объекта или технологического блока.

Анализ «дерева отказов» (АДО) используется для изучения причин возникновения аварийной ситуации на основе знания частот исходных событий. Метод АДО основан на выявлении причинно-следственных связей с помощью построения логико-графического «дерева отказов».

Анализ «дерева событий» (АДС) применяется для изучения развития аварийной ситуации. Метод АДС основан на построении «дерева событий».

Методы АДО и АДС могут быть дополнены методом, предложенным К. Исикавой – знаменитым японским специалистом по качеству. Данный метод получил название «схемы Исикавы» (в японской литературе эту схему из-за ее формы часто называют «рыбьей костью» или «рыбным скелетом»). Схема представляет собой графическое упорядочение причинно-следственных связей, характеризующих объект анализа.

Методы количественного анализа основываются на расчетах нескольких показателей риска аварий и могут включать один или несколько указанных выше методов.

В основе оценки риска аварий лежит экспертная таблица локальных рисков, которая содержит две группы оценок:

- оценка риска по параметрам процесса;
- оценка риска по ситуации.

Оценка риска по параметрам процесса формируется экспертами как вероятность аварии по интервалам значений параметров технологического режима: скорость, давление, температура, расстояние, масса, вибрация и т.д. Эта группа оценок риска формируется по отдельным агрегатам и участкам предприятия.

Оценка риска по ситуации формируется экспертами как вероятность аварии по комбинации значений нескольких параметров технологического процесса. Набор этих ситуаций составляется на базе имитационного исследования.

Итоговая оценка может быть сформирована как пессимистическая (гарантированный риск), оптимистическая (надежда на благоприятный исход) и осторожная (реальные взгляды). Их сочетание позволяет достоверно оценить риск, выбрать способы и средства защиты для минимизации риска, проанализировать последствия аварийных ситуаций при всех возможных воздействиях.

Нельзя на 100 % предотвратить экологический риск, но можно экономически застраховаться от возможных убытков, связанных с его реализацией.

Управление экологическими рисками промышленного предприятия должно осуществляться в рамках системы экологического менеджмента на стадиях планирования, организации и реализации экологических действий и мероприятий, способствуя оптимизации принимаемых управленческих решений. Выделяют следующие методы управления рисками [2]:

- методы избегания риска: регулирование поведения объекта за счет изменения характера его функционирования, уклонения от ситуаций, в которых высока возможность понесения ущерба (переселение людей с загрязненной территории, перенос предприятия в зону с меньшей сейсмической активностью);

- методы, снижающие вероятность проявления неблагоприятного события: изменение условий функционирования объекта без изменения его характера (замена технологии производства на менее опасную или экологически безопасную, повышение квалификации персонала с целью уменьшения вероятности аварии);

- методы, уменьшающие ущерб от неблагоприятного события: усиление степени защищенности объекта (строительство дамб от наводнений, сейсмически устойчивых зданий и сооружений, использование антикоррозионного покрытия для оборудования);

- передача риска: обычно осуществляется в виде страхования собственных возможных убытков от неблагоприятных событий или ответственности перед третьими лицами за причиненный им ущерб вследствие, например, аварии на производстве или каких-либо других действий, повлекших ухудшение качества окружающей среды и связанные с ним потери у других объектов. Вопросами страхования убытков и потерь, обусловленных ухудшением качества окружающей среды и изменениями (ухудшениями) условий природопользования, занимается экологическое страхование и страхование в сфере природопользования;

- компенсация ущерба, обусловленного ухудшением качества окружающей среды, предполагает возмещение потерь третьей стороне, если это ухудшение произошло по вине рассматриваемого объекта (в том числе и затраты на ликвидацию последствий).

Реализация основных мероприятий, направленных на снижение и предотвращение эколого-экономических рисков, связана с финансовыми затратами, которые могут значительно различаться в зависимости от выбранного метода защиты от рисков. Оценка эффективности предполагаемых вложений может проводиться с использованием следующих подходов [4]:

- анализ эффективности затрат (метод «затраты – эффективность»). Это выбор наилучшего мероприятия для достижения уровня допустимого риска с учетом стоимости затрат на его осуществление;

- анализ затрат и выгод (другое название – затратно-прибыльный анализ). Применяется при точном определении стоимости ущерба и возможного полу-

чения выгод для предприятия от внедрения мероприятий по снижению риска, например, снижение выплат по заболеваемости, снижение штрафных санкций. Варианты снижения риска отбираются с использованием критерия «затраты – выгоды». В качестве результатов мер по снижению риска рассматривается величина предотвращенного риска (разность риска до осуществления планируемых мер и остаточного риска после их реализации); сопоставление уровней риска, выраженных в условных единицах. Применяется при невозможности получения стоимостной характеристики. Фактические значения рисков соотносятся с действующей шкалой, на которой выделяются три основные области [1]:

1) чрезмерного риска (существует реальная угроза для жизни и здоровья человека, устойчивость экосистемы);

2) приемлемого риска (показатели по рискам не превышают результатов повседневной деятельности предприятия, не оказывают существенного влияния на состояние окружающей среды, здоровье человека, финансовое состояние предприятия);

3) нецелесообразного риска (возможны отклонения от нормальной, повседневной ситуации, показателя риска – в зоне между недопустимыми значениями и нормой).

В случае идентификации чрезмерных рисков проведение мероприятий будет связано, как правило, со значительными финансовыми вложениями, но и они не всегда могут снизить значение рисков до уровня допустимого. В этом случае деятельность этого источника опасности прекращается. При идентификации приемлемых рисков вложения в мероприятия по снижению этих рисков нецелесообразны. Наибольшие выгоды для предприятия приносят мероприятия по снижению рисков, которые находятся в области нецелесообразных. Эффект достигается за счет получения экономии суммарной величины издержек, снижения социального риска.

Литература

1. Петрова Е.Е. Система экологических показателей в инвестиционном анализе // Уч. зап. РГГМУ, 2011, № 17, с. 131-144.
2. Риски в природе, техносфере и экономике / В.А. Акимов, В.В. Лесных, Н.Н. Радаев, МЧС России. – М.: Деловой экспресс, 2004.
3. Ферару Г.С. Экологический менеджмент. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2012. – 528 с.
4. Хаустов А.П., Редина М.М., Силаева П.Ю. Экологическое проектирование и риск-анализ. – М.: РУДН, 2008. – 320 с.

А.В. Новиков

НАЦИОНАЛЬНАЯ ФОРМУЛА МОДЕРНИЗАЦИИ ДЛЯ ЭКОНОМИКИ РОССИИ

A. V. Novikov

THE NATIONAL FORMULA OF MODERNIZATION FOR ECONOMY OF RUSSIA

В статье рассматривается модернизация как проблема, хотя и охватывающая, в первую очередь, сферу экономики, но которую нельзя изучать и решать без взаимодействия практически со всеми направлениями жизнедеятельности человека и общества. Анализируются модели модернизации с учётом ментальных и цивилизационных особенностей России. Подчёркивается необходимость координации процессов социально-экономических преобразований с совокупностью неформальных институтов российского общества.

Ключевые слова: модели модернизации, неформальные институты общества, национальный менталитет, цивилизационный подход.

The article deals with the approach to modernization as to a problem, taking up the economic sphere first of all, but which can't be studied and solved without interaction with all directions of human and society vital activity. Mentality and civilization peculiarities are taken into account in modernization model analyze. It is emphasized the necessity of co-ordination of social and economic transformation processes with the total combination of Russian society unformal institutions.

Key words: modernization models, society unformal institutions, national mentality, civilization peculiarities.

В современной России необходимость проведения социально-политических, экономических и иных преобразований принято обосновывать с помощью термина «модернизация», понимание которого достаточно неоднозначно.

Под модернизацией чаще всего понимается изменение в соответствии с требованиями современности, или усовершенствование, улучшение, обновление объекта, приведение его в соответствие с новыми требованиями и нормами, техническими условиями, показателями качества.

В таком понимании модернизация предстаёт как задача, решаемая по определённой формуле, акцент в которой делается на производственно-технологический элемент: добываются средства и ресурсы, покупаются технологии и задача решена. Однако модернизация – «это не задача, а проблема» [1, с. 130-131], проблема, которую нельзя рассматривать и решать без взаимодействия практически со всеми сферами жизнедеятельности человека и общества.

Это особая форма развития, в основе которой развитие технологии и экономики, но не эволюционное, а революционное, сопровождаемое теми или иными, достаточно быстрыми, институциональными преобразованиями.

Таким образом, модернизация представляет собой всесторонний процесс преобразований, социально-экономическо-технологическую революцию, кото-

рая меняет все сферы жизни общества. Модернизационные преобразования в экономико-технологической сфере сопровождаются изменениями как формальных, так и неформальных институтов в соответствии с требованиями современности. Но каким образом «современность» может выставить свои «требования»?

Поэтому возникает вопрос о том, каким образом определяются эти требования, какие последствия можно и нужно ожидать при выполнении этих требований? Кроме того, надо понять, в чём состоит суть «современности», как изменятся её требования завтра, а, главное, надо ли выполнять эти требования, или же правильное самим определить свои собственные цели и найти правильные пути для их скорейшего достижения.

Согласно историческому опыту, каждому государству рано или поздно, добровольно или принудительно под действием меняющихся природных или геополитических факторов приходится ускорять естественное развитие экономико-технологической сферы (путём внедрения технических достижений, чаще всего, заимствованных у соседей) и при этом принудительно вводить новые, или изменять старые, институты общества, то есть, осуществлять модернизацию.

Россия до конца XVII в., а Япония, Китай и Турция до середины XIX в., сохранявшие собственные цивилизационные особенности от посягательств Запада, были вынуждены перенимать материальные и технические изобретения Запада, то есть, индустриальную систему и всё, что ей сопутствует, вместе с общественными и политическими институтами.

Таким образом, ориентация осуществлялась на более развитого в технологическом отношении и агрессивного соседа, чьё социальное и экономическое состояние и задавало те самые «требования современности».

Начиная со времени бурного развития промышленности в Западной Европе определять «требования современности» стала западная цивилизация и под «модернизацией» стали понимать стремление «равняться» на Запад, который в силу явного технологического превосходства над остальными народами фактически навязал им своё представление об образе цивилизационного существования [2, с. 425]. После Второй мировой войны за эталон стали принимать США, которые быстрее всех перешли к «светлому либеральному и постиндустриальному будущему».

В высказываниях одного из ведущих теоретиков модернизации, Ш.Н. Эйзенштадта, прослеживается мысль о том, что модернизация порождена тем типом цивилизации, который возник в Европе, и является результатом эволюции западноевропейской цивилизации, коей присущи демократизм власти и либерализм экономик: «Модернизацию ... следует рассматривать как специфический тип развития цивилизации, который берет происхождение в Европе и который распространяется в своих экономических, политических и идеологических аспектах по всему миру, охватывая его почти целиком, особенно после второй мировой войны» [3, с. 21]. Иными словами, это та самая «западнизация», означающая «стремление Запада сделать другие страны подобными себе по социальному строю, экономике, идеологии, психологии и культуре» [4, с. 416].

При таком положении дел становится ясно, что если перед нами не стоит цель ликвидировать все цивилизации, кроме одной, то следует учитывать не только все возможные положительные последствия модернизации, но и скрытые угрозы, которые несёт данный процесс. И зависит процент «позитивности» и «негативности», этого процесса, от того типа, или модели, модернизации, которое выберет для себя данное общество.

В результате анализа развития различных государств были предложены две основные модели модернизации [5, с. 50].

Инициатива модернизации может зародиться внутри государства, тогда это «догоняющая» модернизация, а может, извне, тогда модель модернизации принимает форму, известную как «вестернизация».

Вестернизация представляет процесс перехода от традиционных обществ к современным путём прямого переноса, западных ценностей – структур, технологий и образа жизни. Этот процесс осуществляется при полном отрицании ценности собственного опыта народа и при полном изменении сфер политики, социальной жизни, экономики, культуры, и представляется как «гуманная, бескорыстная и освободительная миссия Запада, являющего собою вершину развития цивилизации и средоточие всех мыслимых добродетелей» [4, с. 416].

Отсутствие готовности и склонности вестернизируемых народов к принятию новых институтов во внимание не принимается. Присваивание природных и человеческих ресурсов рассматривается как плата за западные ценности, являющиеся, по мнению западных политиков и идеологов, эквивалентом материальных ценностей, получаемых Западом.

Цель этого процесса, как предупреждал А.А. Зиновьев, – довести другие страны «до такого состояния, чтобы они потеряли способность к самостоятельному развитию, включить их в сферу влияния Запада, причём не в роли равноправных и равномошных партнеров, а в роли сателлитов или, лучше сказать, колоний нового типа» [4, с. 416-417].

Минусы этой модели (для вестернизируемых народов) очевидны: развитие обеспечивается, но путем утраты национально-государственной независимости, решение задачи повышения уровня жизни населения выполняется лишь для небольшой части жителей, хозяйственная сфера развивается односторонне, в той части, в которой заинтересованы «заказчики» преобразований. Как отмечает А.С. Панарин, «тонкая внутренняя игра западной культуры, состоящая в балансировании между аскезой труда и гедонизмом досуга и потребительства, на расстоянии не улавливается. Чужая культура не может передать другим свою аскезу, а вот её внешние плоды в виде высокого уровня потребления, комфорта, индустрии досуга и развлечений оказываются наиболее коммуницирующими» [6, с. 188]. Князь Н.С. Трубецкой, почти столетие назад, подвергая критике идею создания единой цивилизации, что, в конце концов, является целью вестернизации, указывал на скрытое стремление к нивелировке и унификации народов под шаблон романо-германской цивилизации. «Они должны понять,

что та культура, которую им поднесли под видом общечеловеческой цивилизации, на самом деле есть культура лишь определённой этнической группы романских и германских народов» [7, с. 6-65].

Вторая модель модернизации – «догоняющая», решение о её проведении принимается «сверху». Термин «догоняющая» модернизация может равноправно быть заменён на «имитационную», или модель «заимствования».

Суть процессов догоняющей модернизации – в индустриализации и улучшении условий существования человека. Инициатива введения таких преобразований идёт, как правило, «изнутри» государства, а форма осуществления процесса зависит от уровня развития страны, степени осознания массами стоящих перед ними экономических задач, их готовности к решению этих задач. Эта модель имеет те же недостатки, что и первая, так как «догонять» одинаково успешно по всем направлениям практически невозможно. Но проявляются эти недостатки в менее выраженной форме.

События второй половины XX в. показали как недостатки догоняющей модели, так и правомочность введения в теорию модернизации ещё одной модели – «постмодернизации», представляющей собой модернизацию как развитие на основе собственных традиций. Современный пример этого типа модернизации дают страны юго-восточной Азии, хотя прообраз такого пути можно увидеть при рассмотрении развития ряда государств Европы в XVIII - XIX веках, когда «современным» государством и образцом для подражания была Англия. Беря за основу развития особенности собственной хозяйственной системы и культуры и опираясь на национальный менталитет, не стремясь изменить его и подстроить под восприятие западных институтов, оказалось возможно построить институциональную систему, способную соперничать с системой «образца».

В то же время анализ результатов функционирования данной модели модернизации показывает хотя и медленное, но, к сожалению, верное охватывание западнизацией стран, выбравших эту модель развития, что можно объяснить перерастанием эпохи модернизации в эпоху глобализации, которая распространяется по миру в соответствие со своими собственными законами [8, с. 159].

Все модернизации, проводившиеся в России, в период с конца XV в. до конца XX в., ряд авторов относит к типу «догоняющих» [5, с. 58; 9, с. 75; 10, с. 18-24].

Однако, особенности процесса модернизации в России, сходные с некоторыми чертами модели модернизации Китая, Мексики, Японии, дают основание выделить её в особую модель.

В.Г. Хорос, В.А. Красильщиков и др. называют эту модель «имперской» модернизацией. Имперская модель модернизации – это «модернизация во имя сохранения военно-политического статуса империи, ради усиления военнотехнической мощи, которая позволяла бы как противостоять нападению извне, так и поддерживать собственную экспансию» [11, с. 24-35; 12, с. 36-41; 13, с. 15]. Изменения же экономических, социальных институтов, сопровождающие подобный процесс, являются только следствием и служат наилучшему и наибо-

лее быстрому и эффективному достижению поставленной цели – цели создания мощного военно-производственного комплекса: сильной армии, оснащённой современным вооружением, и работающих на неё предприятий. Причём подвергаются коррекции, и не обязательно в сторону «западнизации» – демократизации, только те институты, которые препятствуют решению поставленной задачи.

А. Дугин называет модернизацию, имевшую место в России, «модернизацией без вестернизации», ввиду того, что «периодически черпая в Европе технологическое вдохновение, Россия использовала технологии инструментально, отрывая их от культурного контекста», объясняя такое положение «устойчивой чертой национального отношения к технологиям» [14, с. 34]. И в этом, как представляется, суть, особенность и отличие всех модернизационных процессов, наблюдавшихся в истории России на протяжении уже почти шестисот лет.

Каждая из перечисленных моделей (за исключением имперской модернизации) подразумевает либерализацию национальных экономик и политических систем, что должно сопровождаться усвоением «западного образа жизни». То есть всего того, что принято называть неформальными институтами общества, к которым относится и национальный, в том числе и экономический, менталитет.

Таким образом, можно считать, что у России есть ещё возможность выбора стратегии развития.

Во-первых, плыть по течению в потоке глобализации, куда её затягивают сторонники вестернизации, теряя национальную идентичность, приобщаясь к индивидуалистическим, коммерческим идеалам Запада.

Во-вторых, заимствовать существующие институты экономической и социально-политической жизни западной цивилизации, стараясь сочетать их с российскими реалиями.

В-третьих, перейти к новой концепции развития, – национальной формуле модернизации, установив чёткие правила её внедрения. Для этого необходимо переработать опыт западной цивилизации с учётом её ошибок и издержек, выбрать приемлемые для нас формы социально-экономической жизни, с учётом российского миропонимания, многовековых норм и традиций хозяйственной и культурной жизни России. Эти нормы и традиции, интегрируясь с избранными элементами западной институциональной среды, должны создать условия для возрождения всех сфер жизни России, а национальный менталитет и в модернизированных формах должен сохранить свою специфику.

Литература

1. Ауган А. Национальные ценности и модернизация. – М., 2010.
2. Бьюкенен П.Дж. Смерть Запада. М. – СПб., 2004.
3. Eisenstadt S.N. Introduction: Historical Traditions, Modernization and Development // Patterns of Modernity, Ed. By S.N.Eisenstadt. N.Y., 1987, Vol.1. The West, p. 5. Цит. по кн.: Модернизация. Зарубежный опыт и Россия. – М., 1994.
4. Зиновьев А.А. Запад. Феномен западнизма. – М., 1995.
5. Федотова В.Г. Модернизация «другой» Европы. – М., 1997.
6. Социальная модернизация России: Материалы обсуждения за «круглым столом» в Институте

- философии РАН // Вестн. Рос. акад. наук, 1993, т. 63, № 3.
7. *Трубецкой Н.С.* Европа и человечество // Трубецкой Н.С. История. Наука. Язык. – М., 1995.
 8. *Харламова Т.Л.* Государственное управление процессом экономического развития в условиях глобализации // Уч. зап. РГГМУ, 2011, № 19, с. 158-163.
 9. *Рязанов В.Т.* Реформы и циклы модернизации российской экономики // Росс. экон. журнал, 1992, № 10.
 10. *Дерлугьян Г.* Модерн и модернизаторы // Эксперт, 2010, № 1 (687).
 11. *Красильщиков В.А.* Вдогонку за прошедшим веком. Развитие России в XX веке с точки зрения мировых модернизаций. – М., 1998.
 12. *Хорос В.Г.* Русская история в сравнительном освещении. – М., 1996.
 13. Российская модернизация: проблемы и перспективы (Материалы «круглого стола») // Вопросы философии, 1993, № 7.
 14. *Дугин А.* Евразийский путь как национальная идея. – М., 2002.

Н.Л. Гагулина

**ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ:
КАЧЕСТВО ЖИЗНИ И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА**

N.L. Gagulina

**ECONOMIC TRANSFORMATION:
QUALITY OF LIFE AND ENVIRONMENTAL PROTECTION**

Результатом экономической трансформации российской экономики стали структурные сдвиги, оказывающие влияние на качество жизни, что находит отражение в ВВП. На основе анализа основных макроэкономических показателей, отраженных в системе национального счетоводства, в статье показано взаимовлияние качества жизни и состояния окружающей среды.

Ключевые слова: экономическая трансформация, валовой внутренний продукт, качество жизни, экономические издержки на охрану окружающей среды, инвестиции в природоохранную деятельность.

The structural shifts having impact on quality of life that finds reflection in gross domestic product became result of economic transformation of the Russian economy. On the basis of the analysis of the main macroeconomic indicators reflected in system of national bookkeeping, interference of quality of life and a state of environment is shown in article.

Key words: economic transformation, gross internal product, quality of life, economic costs for environmental protection, investments into nature protection activity.

Знание действия зависит от знания причины и
заключает в себе последнее.

Б. Спиноза

Эволюция экономических систем сопровождается трансформацией. Это процесс, имеющий планетарный масштаб и влияющий практически на всю мировую экономику [1]. Глобальные трансформации сопровождаются преобразованием цивилизационного пространства и изменением содержания его составляющих – природно-экологической, социо-демографической, технологической, экономической, геополитической и социо-культурной.

На практике трансформация находит отражение в изменении структуры экономической системы. В исторические эпохи, предшествующие современной, основой экономики являлось материальное производство, которое сопровождалось совершенствованием и расширением спектра производимых товаров. Структура экономики начала стремительно меняться в поздне-индустриальную эпоху, с последней четверти XX столетия. В мире опережающими темпами росло производство различного рода услуг – социальных, информационных, рыночных. Доля услуг в экономике как развитых, так и развивающихся стран, достигала от $\frac{3}{4}$ до 0,8 ВВП. В масштабе мировой экономики происходило сокращение сельскохозяйственного и промышленного производства [2].

Сравнительный анализ отраслевой структуры российского ВВП и стран «большой восьмерки», проведенный на основе анализа данных Госкомстата РФ [6], показывает что в производстве российского ВВП также произошли существенные структурные сдвиги, которые характеризуются доминированием производства сферы услуг над сферой материального производства. Это тенденция, характерная для всей мировой экономики. Например, в США с 1990 по 2007 г. доля услуг в структуре ВВП выросла с 63 до 77%, в зоне евро – с 62 до 71%, в Австралии – с 63 до 69%, в Японии – с 37 до 68% при сокращении доли сельского хозяйства с 7 до 3% и промышленности – с 36 до 28% (в целом по миру).

Формально отраслевая структура российского ВВП приблизилась к структуре производства стран «большой восьмерки». Это тот результат, на который был нацелен весь процесс реформирования российской экономики, начатый в годы перестройки. Основным аргументом в пользу его привлекательности выступает утверждение о том, что структура экономики развитых стран соответствует современной стадии развития мировой цивилизации, которую ученые называют постиндустриальной стадией [3]. Для данной стадии характерна доминирующая роль отраслей, которые традиционно составляли третичный или – сервисный, сектор экономики. Эффективное развитие отраслей данного сектора обеспечивает высокий уровень развития экономики всей страны и, соответственно, высокий уровень жизни населения.

Чтобы проанализировать, как повлияли произошедшие в нашей стране трансформации на качество жизни, воспользуемся данными, приведенными в журнале *«International Living»* [7]. За основу оценки качества жизни здесь принято девять различных критериев, таких как здоровье населения, уровень его культуры и образованности, материальное благополучие и развитость инфраструктуры, политическая стабильность и безопасность, комфортность климатических условий и состояние окружающей среды, политическая свобода и риск. В таблице 1 приведены данные критериальных показателей по странам «большой восьмерки». Вклад каждого показателя в окончательный результат указан в скобках.

По оценкам издания *«International Living»*, которое ежегодно составляет рейтинг из 192 стран по 100-балльной шкале, выделяя из них наиболее благоприятные для жизни, Россия по итогам 2011 г. переместилась со 120 на 118 место в рейтинге.

Практически для всех стран «большой восьмерки» характерны одинаково высокие рейтинги по показателю культура и досуг, связанному с уровнем образованности населения и его участием в научных сообществах и общественных организациях. Сравнительно низкие рейтинги наблюдаются по материальному благополучию, что объясняется последствиями финансового кризиса (рис. 1). Провальным для России, с точки зрения качества жизни, является обеспечение безопасности в стране и уровень риска, который для всех рассматриваемых стран, за исключением Канады, составляет 100%, а для России – 67%. Так же, и

даже хуже, в России обстоят дела со свободой выбора – всего 25 против 100% для остальных стран (кроме Италии и Японии – 92%). Перечисленные критериальные показатели прямо или косвенно связаны с институциональными условиями в стране. Страны с более сильными институтами характеризуются высокими значениями данных критериальных показателей.

Таблица 1

Оценка качества жизни (по материалам издания «International Living»), %

Страна	Место страны в рейтинге	Прожиточный минимум (20 %)	Культура и досуг (10 %)	Экономика (15 %)	Окружающая среда (5 %)	Свобода (10 %)	Здоровье (10 %)	Инфраструктура (10 %)	Безопасность и риск (10 %)	Климат (10 %)	окончательный результат
Франция	4	58	100	65	75	100	100	55	100	88	75
Германия	7	50	97	65	67	100	93	70	100	80	74
США	1	76	87	100	51	100	90	100	100	85	86
Канада	29	61	84	62	56	100	84	53	98	68	70
Италия	11	54	97	60	67	92	90	60	100	88	73
Великобритания	9	60	78	72	69	100	82	71	100	84	74
Япония	10	61	81	70	66	92	100	61	100	84	74
Россия	118	55	80	45	47	25	68	53	67	72	54

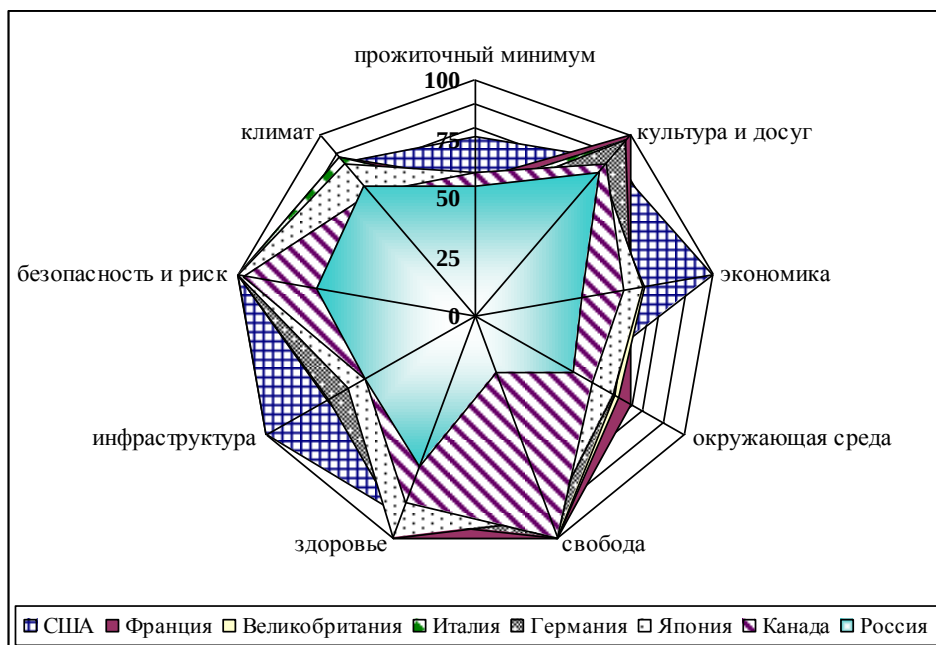


Рис. 1. Критериальная оценка качества жизни для стран «большой восьмерки»

Вызывает беспокойство ухудшение положения нашей страны в рейтинге по окружающей среде. Совокупная значимость климата и окружающей среды

в общей критериальной оценке составляет столько же, сколько и для экономики, – 15 %. До сих пор состояние окружающей среды в нашей стране рассматривалось как сильная сторона, как конкурентное преимущество. Одна из явных причин – значительный природно-ресурсный потенциал и уменьшение объемов загрязнения биосферы вследствие сокращения масштабов промышленного производства, связанного со структурной перестройкой экономики. Кроме того, еще с советских времен на территории страны сохранились колоссальные масштабы особо охраняемых природных территорий, обеспечивающие высокий ассимиляционный потенциал и естественную способность среды к самоочищению.

Необходимость в охране окружающей среды, – объективное, закономерное явление, обусловленное техногенным характером развития современной цивилизации и неизбежностью возникновения отрицательных последствий хозяйственной деятельности для ряда экономических субъектов. Решение природоохранных проблем может иметь два экстремума. Первый – полный запрет на любые виды загрязнений, нарушение почв и прочие негативные воздействия на окружающую среду и здоровье человека. Сама возможность осуществления хозяйственной деятельности при этом будет определяться масштабом мер по преодолению данного запрета или их экономическим выражением – величиной природоохранных затрат, которые могут достигать гигантских размеров. Вторым экстремум – отсутствие запрета на негативные воздействия. Затраты, связанные с осуществлением природоохранной деятельности, в этом случае будут равны нулю. Однако, в целом для общества это также неприемлемо, как и первый вариант, в связи с огромной величиной экономического ущерба от загрязнения окружающей среды. В составе экономического ущерба при этом будут присутствовать как индивидуальные, так и общественные затраты, связанные с ликвидацией последствий ущерба. Все промежуточные варианты решения природоохранных проблем сводятся к частичному ограничению хозяйственной деятельности, нацеленному на снижение антропогенного воздействия.

Следовательно, как осуществление природоохранных мероприятий, так и бездействие в сфере охраны окружающей среды является источником затрат. Слишком высокие природоохранные затраты сделают нерентабельным осуществление ряда видов хозяйственной деятельности, а слишком большая величина экономического ущерба вызовет такой рост общественных издержек загрязнения окружающей среды, который сделает неприемлемым для общества деятельность, ставшую источником ущерба. Заметим, что общественные издержки загрязнения окружающей среды выражаются через убытки, которые терпит общество в целом в результате загрязнения окружающей среды. В денежном выражении они исчисляются суммой, которая способна компенсировать потерю полезности всем, кто ее при этом потерял. Соответственно, природоохранные затраты несут экономические субъекты, деятельность которых стала источником этих затрат, и государство. Вместе с тем, затраты общества на осуществление дорогостоящих мероприятий по защите ОПС от негативных

техногенных воздействий не снижают экономическую эффективность всего общественного воспроизводства в длительном периоде. Они компенсируются предотвращенным или ликвидированным ущербом, который наносится экономике страны загрязнением ОПС и потому имеют право на существование.

Основываясь на существующей методологии подходов к решению природоохранных проблем, будем использовать данные о затратах на охрану окружающей среды в качестве исходной базы для исследования причин снижения критериальной оценки качества жизни в России по показателю «окружающая среда».

Согласно методологии, принятой Федеральной службой государственной статистики России, затраты на охрану окружающей среды – общая сумма расходов государства (бюджетов Российской Федерации, субъектов Российской Федерации, муниципальных образований), предприятий (организаций, учреждений), имеющих целевое или опосредованное природоохранное значение, которая включает как целевые капитальные вложения, текущие (эксплуатационные) затраты, затраты на капитальный ремонт, так и операционные бюджетные расходы по содержанию государственных структур, основная деятельность которых связана с охраной окружающей среды. В объем природоохранных затрат также входят расходы: на содержание государственных природных заповедников и национальных парков, на охрану и воспроизводство животного мира, на научные исследования и разработки, на образование в сфере охраны окружающей среды и др. Таким образом, затраты на охрану окружающей среды – это общая сумма текущих расходов и капитальных вложений государства, предприятий и населения, направленных на охрану и улучшение качества окружающей среды. По России затраты на охрану окружающей среды включают общую сумму расходов государства и предприятий (организаций, учреждений), имеющих целевое или опосредованное природоохранное значение.

Динамика природоохранных затрат в абсолютном выражении в целом положительная, с преобладанием в общей сумме затрат на очистку сточных вод – от 44 % в 2003 г. до 48 % в 2011 г. (рис. 2).

Неравномерность распределения затрат по направлениям использования говорит о том, что проблемам охраны водных ресурсов уделяется больше внимания, чем каким-либо другим компонентам природной среды. В 2011 г. 21 % затрат приходится на охрану атмосферного воздуха, 11 % на обращение с отходами, 11 % – на долю прочих затрат, 6 % на защиту и реабилитацию почв, на охрану подземных и поверхностных вод, 3 % на сохранение биоразнообразия и среды обитания [5].

В 2011 г., как и в 2003 г., затраты на охрану атмосферного воздуха составили 21 %, а затраты на защиту и реабилитацию почвы, подземных и поверхностных вод 6 % (рис. 3). Удельный вес остальных составляющих затрат на охрану окружающей среды к концу рассматриваемого периода снизился: на 4 % – затраты на сохранение биоразнообразия и среды обитания и на 2 % – прочие природоохранные расходы.

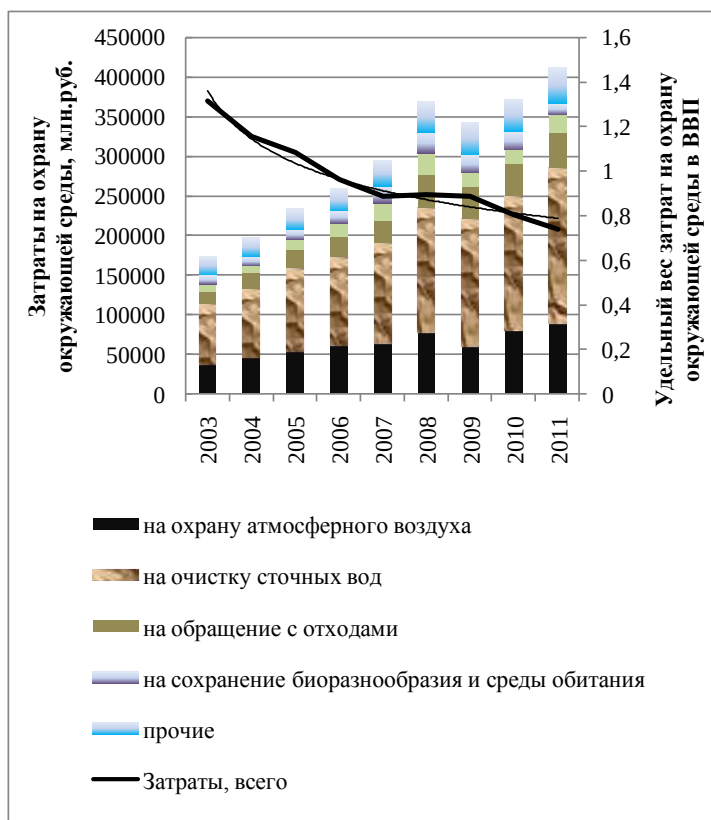


Рис. 2. Сопоставление динамики затрат на охрану окружающей среды (в фактически действовавших ценах; миллионов рублей) и их удельного веса в составе ВВП Российской Федерации

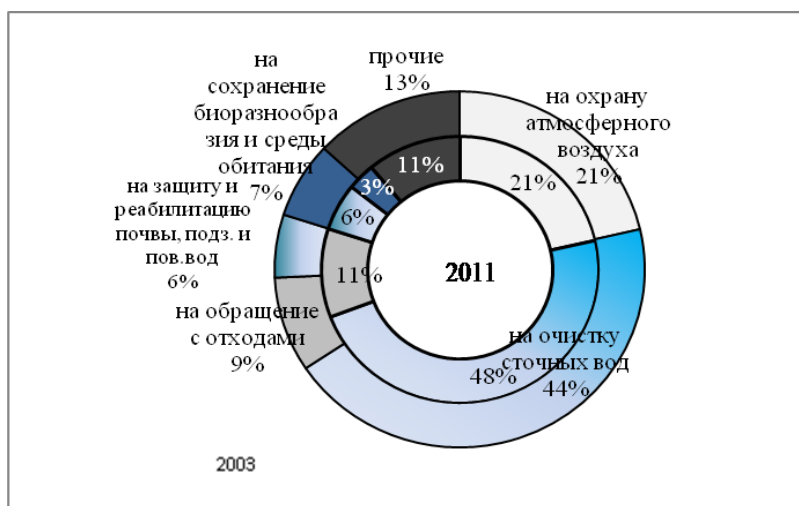


Рис. 3. Изменения в структуре затрат на охрану окружающей среды

Как уже было замечено, в 2011 г., по сравнению с 2003 г., в составе затрат на охрану окружающей среды возрос удельный вес затрат на очистку сточных вод (на 4 %) и – на 2 % затраты на обращение с отходами.

Подводя итог анализу структуры затрат на охрану окружающей среды в динамике с 2003 по 2011 г., можно сделать следующие выводы:

- Структура природоохранных затрат стабильна, так как соотношение их основных составляющих не изменилось;
- В целом имеет место положительная динамика затрат на охрану окружающей среды.

В связи с этим, особый интерес вызывает изменение удельного веса рассмотренных природоохранных затрат в составе ВВП. Обращаясь к графику, изображенному на рис. 2 и подтвержденному данными табл. 2, можно заметить понижающую тенденцию: удельный вес затрат на охрану окружающей среды в ВВП снижается из года в год – с 1,32 до 0,74%.

Таблица 2

Удельный вес затрат на охрану окружающей среды в ВВП, %

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
ВВП в текущих ценах, млрд руб.	13208,2	17027,2	21609,8	26917,2	33247,5	41276,8	38807,2	46321,8	55798,7
Удельный вес затрат на охрану ОС в ВВП, всего	1,32	1,16	1,08	0,96	0,89	0,89	0,88	0,82	0,74
В том числе:									
на охрану атмосферного воздуха	0,28	0,27	0,25	0,23	0,19	0,19	0,15	0,18	0,16
на очистку сточных вод	0,58	0,51	0,49	0,41	0,38	0,39	0,42	0,35	0,35
на обращение с отходами	0,11	0,12	0,1	0,09	0,08	0,09	0,1	0,09	0,08
на защиту и реабилитацию почвы, подземных и поверхностных вод	0,07	0,05	0,06	0,06	0,06	0,07	0,05	0,04	0,04
на сохранение биоразнообразия и среды обитания	0,09	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,02
прочие	0,17	0,14	0,12	0,10	0,09	0,09	0,11	0,09	0,08

Более детальный анализ природоохранных затрат можно провести на основе анализа данных по текущим затратам на охрану окружающей среды (табл. 3).

Все расходы по охране окружающей среды и рациональному использованию природных ресурсов, осуществляемые за счет собственных или заемных средств предприятия, либо средств государственного бюджета, представляют собой текущие затраты на охрану окружающей среды.

Сюда относятся следующие виды затрат: по содержанию и эксплуатации основных фондов природоохранного назначения; на мероприятия по сохране-

нию и восстановлению качества природной среды, нарушенной в результате производственной деятельности; на мероприятия по снижению вредного воздействия производственной деятельности на окружающую среду; по обращению с отходами производства и потребления; на организацию контроля за выбросами (сбросами), отходами производства и потребления в окружающую среду и за качественным состоянием компонентов природной среды.

Таблица 3

**Текущие затраты на охрану окружающей среды в Российской Федерации
(в фактически действующих ценах, млн руб.) [4]**

Затраты	2003	2004	2005	2006	2007	2008 ²⁾	2009	2010	2011
На охрану и рациональное использование водных ресурсов	67166	77046	84895	93023	104814	103490	112840	110122	124447
На охрану атмосферного воздуха	26469	29666	33751	40593	41854	43393	32911	43351	51094
На охрану окружающей среды от отходов	13827	16726	19954	24049	25073	30507	30531	32904	38128
На рекультивацию земель	3243	3122	4055	5275	5557	6515	7373	7086	8929
Всего	110705	126560	142655	162940	177298	183905	183655	193463	222599

Не включаются в состав текущих затрат на охрану окружающей среды средства, выплаченные другим предприятиям (организациям) за прием и очистку сточных вод, хранение и уничтожение отходов, а также амортизационные отчисления, начисленные на основные фонды по охране окружающей среды.

Анализ изменения текущих затрат на охрану окружающей среды показал, что за период они возросли в 2,01 раза, что обусловлено довольно высокими темпами роста российского ВВП. Хотя в 2011 г., по сравнению с 2003 г., на 5 % стало меньше затрат на очистку сточных вод и на 1 % – на охрану атмосферного воздуха, они как и прежде, занимают лидирующие позиции. Существенно возросли затраты на охрану окружающей среды от отходов – на 5 %, что обусловлено сменой модели потребительского поведения населения. Затраты на рекультивацию земель увеличились не существенно – на 1 %.

Еще один показатель природоохранной деятельности, который находит отражение в системе государственной статистики – инвестиции в основной капитал, направленные на охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов (табл. 4). Они включают затраты на новое строительство, расширение, реконструкцию, техническое перевооружение и модернизацию объектов, которые приводят к увеличению первоначальной стоимости объекта и относятся на добавочный капитал организации.

На протяжении всего периода имеет место абсолютный прирост инвестиций по всем направлениям охраны окружающей среды, предусмотренными принятой в России моделью природоохранной деятельности (рис. 4).

Таблица 4

Динамика инвестиций на охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов, млн руб.

Инвестиции	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
направленные на охрану атмосферного воздуха	10889	15521	19839	21316	21642	27542	23242	26127	27882
направленные на охрану водных ресурсов	14915	15748	26143	30241	32823	45696	39219	46025	46610
направленные на рекультивацию земель	6415	5563	9206	11027	15749	17749	11045	9340	13785
Всего	35407	41168	58738	68188	76884	102388	81914	89094	95662

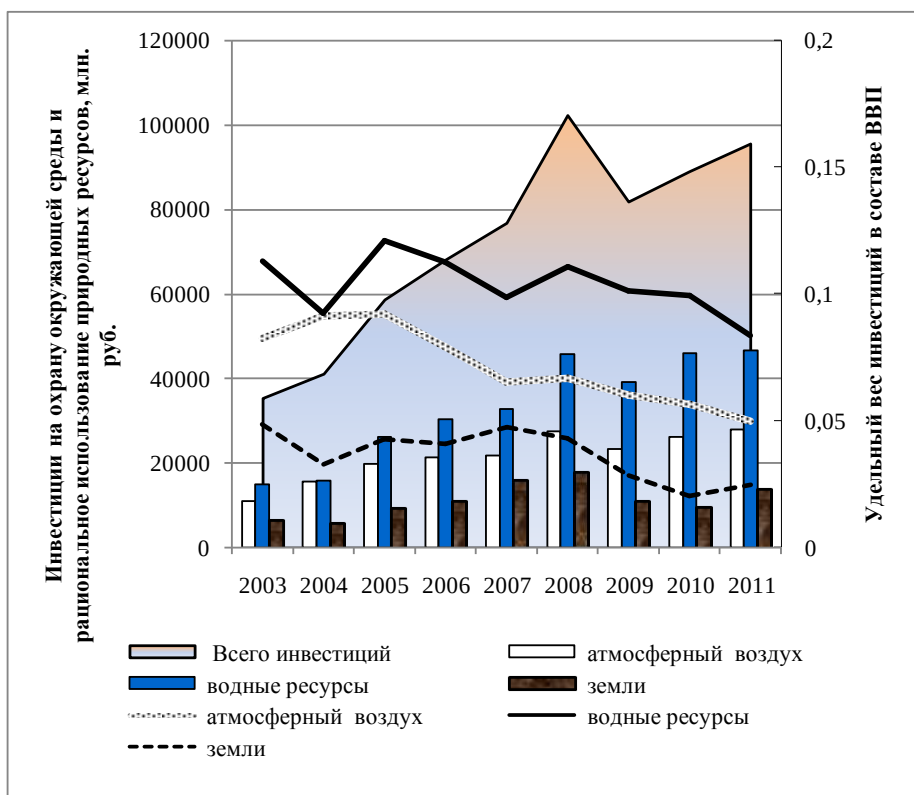


Рис. 4. Динамика инвестиций в основной капитал, направленных на охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов (в фактически действовавших ценах, млн руб.)

Основным источником финансирования инвестиций на охрану окружающей среды являются собственные средства организаций [4]. В 2008 г. их доля возросла и составила 67,9 % против 63,6 % в 2007 г. На долю инвестиций, выделенных на указанные цели из федерального бюджета, а также бюджетов субъектов Российской Федерации и местных бюджетов, в 2008 г. приходилось

29,4 % и она уменьшилась по сравнению с 2007 г. на 4,8 %, при этом уменьшение доли средств федерального бюджета составило 5,4 %. Доля средств экологических фондов остается незначительной и составляет лишь 0,2 % в объеме инвестиций на охрану окружающей среды и имеет тенденцию к уменьшению. Кроме того, в 2008 г. почти вдвое (до 20,2 % в общей величине инвестиций по источникам поступления) возросло поступление средств из бюджетов субъектов Российской Федерации и местных бюджетов. Данные тенденции объясняются действием встроенных стабилизаторов, которые сработали в кризисный период 2008 г. В дальнейшем тренд, который имел место в течение рассматриваемого периода, продолжился.

Вместе с тем, настораживает ежегодное сокращение удельного веса инвестиций в основной капитал, направленных на охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов, в составе ВВП, которое проиллюстрировано в виде графиков на рис. 4. Главным образом это связано с уменьшением удельного веса инвестиций, направленных на охрану атмосферного воздуха. И здесь мы сталкиваемся с серьезным экологическим риском, имеющим экономический характер.

Как было показано выше, результатом проведенных в конце XX столетия реформ стала структурная перестройка экономики, объемы промышленного производства сократились, вырос удельный вес транспорта, связи и других инфраструктурных отраслей, имеющих непосредственное отношение к сфере материального производства. Промышленных источников загрязнения стало меньше, объемы выбросов от них уменьшились и, в условиях увеличения количества автомашин, все больший вклад в загрязнение атмосферного воздуха стал вносить автомобильный транспорт. Автотранспорт – источник загрязнения, который оказывает не менее негативное воздействие на здоровье населения и состояние окружающей среды, чем промышленность, но меры воздействия на данный источник более сложные и трудоемкие. Следовательно, сокращение удельного веса природоохранных затрат в ВВП действительно приведет к ухудшению качества жизни в стране.

Катастрофическим такое положение дел назвать нельзя, тем более что международные сопоставления затрат на охрану окружающей среды для стран «большой восьмерки» показывают, что природоохранные затраты могут достигать и 0,5 % от ВВП, как, например, в Германии (рис. 5). Однако в условиях трансформации экономической системы нашей страны, приходящейся на последние 20 лет, и сырьевой ориентации экономики в течение более 40 лет, сокращение удельного веса в ВВП природоохранных затрат может превратить состояние окружающей среды из фактора конкурентоспособности в дополнительный дестабилизирующий фактор. Ситуация усугубляется постоянным понижением качества общественных институтов в нашей стране, что сопровождается инертностью общества в жизненно-важных вопросах – начиная от участия в выборах и заканчивая качеством окружающей среды.

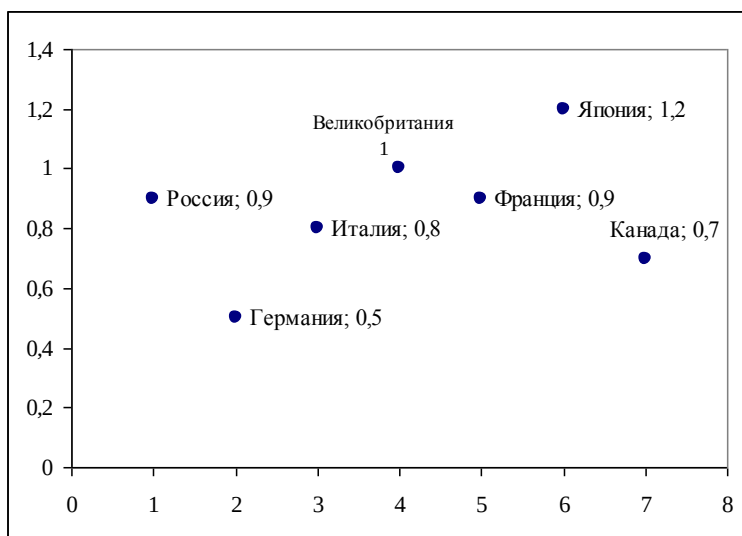


Рис. 5. Удельный вес затрат на охрану окружающей среды в странах «большой восьмерки» в 2006–2009 гг. (в процентах к ВВП)

В заключение хочется добавить, что качество жизни определяется состоянием окружающей среды и ее способностью выполнять функции жизнеобеспечения. Но и состояние окружающей среды зависит от качества жизни – слабые общественные институты, высокий уровень рисков в экономике, низкий уровень материального благосостояния, ресурсоемкий экстенсивный экономический рост – способствуют расхищению природно-ресурсного потенциала, истощению доступных запасов природных ресурсов, ухудшению качества воды, воздуха, утрате эстетических свойств ландшафтов.

Литература

1. Глобальные экономические трансформации XXI века. – М.: Экономика, 2011. – 382 с.
2. Левин С.Л. Современные принципы инновационного развития агропродовольственной сферы России с учетом обеспечения продовольственной безопасности // Уч. зап. РГГМУ, 2011, № 20.
3. Природопользование и устойчивое развитие. Мировые экосистемы и проблемы России. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2006. – 448 с.
4. Россия в цифрах, 2012.
5. Сборник «Охрана окружающей среды в России», 2011 – режим открытого доступа официального сайта Федеральной службы госстатистики
http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat/rosstatsite/main/publishing/catalog/statisticCollections/doc_1139919459344
6. Сборник «Россия и страны – члены Европейского Союза», 2011 – режим открытого доступа официального сайта Федеральной службы госстатистики
http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat/rosstatsite/main/publishing/catalog/statisticCollections/doc_1137677636609
7. 2011 Quality of Life Index: 194 Where to Find the World's Best Quality of Life in 2011: International Living Publishing, Ltd. - December 30, 2010.

В.Н. Рудченко, Н.Н. Рудченко

ЭНЕРГЕТИКА КАК БАЗИС ПРИВЛЕЧЕНИЯ ИНВЕСТИЦИЙ В ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ РОССИИ

V.N. Rudchenko, N.N. Rudchenko

THE ENERGY IS THE BASIS OF INVESTMENT'S ATTRACTION IN THE FIELD OF RUSSIAN INNOVATIVE DEVELOPMENT

В современных условиях экономического и инновационного развития стран наблюдается тенденция все большего использования инноваций для стимулирования экономики в ресурсной сфере. Россия – это страна с огромной территорией и разными климатическими зонами, ресурсный потенциал которой в несколько раз превышает всё производство энергии в мире. Тем не менее, область экономики ресурсного потенциала и инновационное развитие возобновляемых источников энергии еще не достаточно развито и является полем для развития инноваций и привлечения дополнительных инвестиций в инновационное развитие экономики страны. Данная статья посвящена анализу уровня инновационного развития в отечественном и зарубежном энергетическом комплексе. Проводится сравнительный анализ, дающий возможность авторам выявить наиболее эффективные меры, проведенной модернизации в сфере инновационного развития энергетики, на базе которых предлагаются направления совершенствования отечественной инвестиционной привлекательности инновационного развития энергетического комплекса.

Ключевые слова: энергетика, инновации, инвестиции, инвестиции в инновации, альтернативная энергетика, инвестиции в инновационное развитие энергетики.

In modern conditions of economic and innovative development of the countries there is a tendency of the growing use of innovation to stimulate the economy in the resource sector. Russia is a country with a huge territory and diverse climatic zones, the resource potential of which is several times greater than all the energy production in the world. Nevertheless, this region is not developed enough and is a field for the development of innovations and attraction of additional investments in the innovative development of the country economy. This article is devoted to the analysis of the level of innovation development in the domestic and foreign energy complex. Carried out a comparative analysis, which allows the authors to identify the most effective measures, carried out modernization in the sphere of innovation development of the energy sector, on the basis of which are offered directions of improvement of the domestic investment attractiveness of the innovative development in the energy complex.

Key words: energy, innovations, investments, investments in innovation, alternative energy, investments in the innovative development of the energy sector.

С 2011 г. в России реализуется «Стратегия инновационного развития России до 2020 года» [1], в рамках которой энергетика выделяется, как одно из перспективных инновационных направлений в экономике. Одновременно, следуя базовому сценарию развития, к 2030 г. в России будут введены 173 ГВт новых генерирующих мощностей. Тем не менее, большая часть мощностей, необходимых к 2030 г. до сих пор не построена. Одновременно надо выводить устаревшее оборудование и вводить новые мощности. По оценкам Программы раз-

вития ООН, потери энергии и энергоемкость экономики в Российской Федерации в 1,5–2,5 раза выше, чем в Европе, где среднедушевое потребление энергии больше. Очевидно, что экономить уже произведенную энергию значительно дешевле, чем ее производить инновационными методами. Тем не менее, с нарастающими темами производственного развития и увеличением мирового потребления, поддержание выработки предприятий в соответствие с растущими потребностями стран без дополнительных источников энергии становится невозможным. Поэтому к 2020 г. в Российской Федерации планируется снизить энергоемкость валового внутреннего продукта минимум на 40 % по сравнению с 2007 г. и делать акцент на инновационное развитие страны [2]. Тем не менее, авторы считают важным отметить, что в течение предыдущих 20 лет инновационная система в России фактически пришла в упадок. С одной стороны, произошло быстрое открытие внутреннего рынка для импортной продукции, а с другой – фактически прекратилось финансирование НИОКР, которое в значительной степени концентрировалось в отраслевых научно-исследовательских институтах и заводских лабораториях [3]. Доля российских предприятий, стремящихся заниматься инновациями в энергетике, за последние 10 лет практически не изменилась, оставаясь на уровне 10 %, что в 3–5 раз меньше, чем в развитых странах [4]. Вместе с тем, за тот же период резко выросли затраты на НИОКР, в энергетическом секторе [5]. Таким образом, развитие инновационных направлений в энергетике становится неизбежным направлением развития экономики государства.

Одновременно, в наиболее быстро развивающихся и перспективных секторах энергетики растет потребность в инновационном элементе. Сегодня наиболее динамично развивающимся сектором энергетики с точки зрения инноваций является альтернативная энергетика.

К инновационным нетрадиционным или альтернативным источникам энергии относятся:

- тепло Земли (геотермальная энергия),
- тепло Солнца (в том числе энергия ветра, морских волн, тепла морей и океанов),
- «малая» гидроэнергетика: морские приливы и отливы, биогазовые, теплонасосные установки и другие преобразователи энергии.

Наибольшее распространение технологии, связанные с энергетикой получили в развитых странах. В отличие от России, представители развитых зарубежных стран намного раньше озаботились поиском альтернативных и экологически чистых источников энергии и развитием инновационных направлений в энергетике. Авторы считают, что их интерес в этой области был вызван двумя ключевыми факторами:

Во-первых, истощение ресурсной базы традиционных источников энергии, находящихся на их территории, и рост цен на энергоносители на мировом рынке.

Во-вторых, активизация деятельности экологических организаций, вследствие серьезного ухудшения экологического фона планеты.

Одновременно, сама энергетика представляет собой комплекс, состоящий из различных секторов. На сегодняшний день наравне с инновациями рассматривается использование альтернативных видов энергии, позволяющих повышать выработку за счет использования более чистой по химическому составу энергии и без наносимого вреда окружающей среде, являясь при этом возобновляемым источником. В России, учитывая ее климатические условия, наиболее развита ветровая энергетика. Энергия, которая содержится в ветре, от 70 до 90 раз, превышает потребление всех видов энергии населением Земли.

Ветер как процесс движения воздуха относительно земной поверхности возникает в результате неравномерного распределения атмосферного давления и направлен от зоны высокого давления к зоне низкого давления. Если бы давление воздуха в каждой горизонтальной плоскости было во всех точках одинаково, ветра не было бы. С высотой скорость ветра меняется из-за убывания силы трения. Наибольших контрастов разница давления достигает на границе «суша-океан» из-за разницы в нагревании поверхности, в большинстве случаев прибрежные районы наиболее привлекательны для развития ветроэнергетики [2].

Именно ветроэнергетика это наиболее растущий сектор энергетики в секторе возобновляемых источников энергии, о чем свидетельствуют средние темпы роста мировой установленной мощности ветровой энергетики за последние 5 лет – более 30 % в год [6]. Данная тенденция свидетельствует о возможном росте использования альтернативной энергии и замещении традиционных источников выработки электроэнергии, что будет способствовать экономии ресурсов страны и увеличению экономической эффективности предприятий через введение инновационных технологий в сектор энергетики. Одновременно, в большинстве стран приняты законы, создающие льготные условия, как для производителей, так и для потребителей альтернативной энергии, что является определяющим фактором успешного внедрения.

К примеру, США свою инновационную политику начали формировать в 80-х годах XX в. И первым делом приняли десять основополагающих законов в инновационной сфере, ключевые из которых – «О технологических инновациях», «О процедурах патентования в университетах и малом бизнесе» и «О трансфере федеральных технологий». В США создана одна из самых развитых организационно-правовых инфраструктур поддержки инновационной деятельности в энергетике. Среди налоговых стимулов наибольшее распространение получил налоговый кредит, предоставляемый страховым компаниям для инвестиций, сумма которого составляет 100–120 % от инвестированной суммы, а выплаты по которому растянуты на 10-летний период.

В рамках курса на создание инновационной экономики и инновационной энергетики, в Китае был принят ряд государственных планов научно-технического развития, в числе которых можно назвать «Программу среднесрочного и долгосрочного развития науки и техники на 1990–2020 гг.», «План 863» – работа в сфере высоких технологий, программу «Факел» — направленную на освое-

ние и коммерциализацию наукоемких технологий в энергетике на базе современных производств, «Искра» – внедрение высоких технологий на поселково-волостных предприятиях, «Восхождение» – ведение приоритетных фундаментальных исследований в энергетике. При этом, как показывает статистика, финансирование науки в Китае постоянно увеличивается: в 1995 г. – 10 461,5 млн долл. и 2008 г. – 121 426,5 млн долл. Также значительно увеличился штат ученых: в 1995 г. – 751 700 человек и в 2008 г. – 1 965 357 чел. [4].

Проведенный автором анализ показал, что Германия и Испания имеют наибольший инновационный прирост в энергетическом секторе (1808 МВт и с 1764 МВт). Потому, с нашей точки зрения, именно эти страны являются передовыми и особо привлекательными для инноваций в данных проектах [7].

В то же время, рассматривая инновационную составляющую политики Германии в сфере энергетики, установлено, что Германия уже закрыла восемь реакторов, остальные девять планируется остановить к 2022 г. На альтернативные виды энергетики в Германии приходится около 20 %. К 2020 г. его долю планируется повысить до 35 %, а к 2050 – до 80 % [8]. Анализируя новые направления политики Германии в области энергетики, установлено, что Германия заявила о намерении заглушить все действующие в стране АЭС к 2022 г. и сделать акцент на более экологичных энергетических источниках. По данным экспертов, атомная энергетика обеспечивает около 22 % спроса страны в электроэнергии [9].

Хороший рост инноваций в энергетическом секторе экономики, отмечается в Австралии, которая увеличила установленную мощность на 193 МВт до 572 МВт. Мировая Конференция по вопросам энергетики-2005 в Мельбурне, дала толчок для нового роста ветроэнергетики страны и потока инноваций в данную сферу. Премьер-министр и министр энергетики Австралии объявили введение Государственной программы содействия развитию ветроэнергетики. В связи с этим, в ближайшие годы можно ожидать существенный рост инвестиций в предприятия данного сектора. В Австралии введена обязательная квота для продавцов электроэнергии – доля экологически чистых ресурсов в совокупном размере должна составить не менее 2% годового производства энергии. Доля выработки электроэнергии ВЭУ Австралии составляет 0,3 % общей выработки электроэнергии в целом по стране, хотя в некоторых штатах этот показатель достигает 70 % [10].

В тоже время, рассматривая политику Японии в области нововведений в энергетике необходимо упомянуть, что наибольшее внимание стало уделяться данному сектору экономики в 2011 г., когда землетрясение разрушило инфраструктуру северо-восточных районов Японии и привело к катастрофе на АЭС "Фукусима". После данной катастрофы будущие направления японской политики в области энергетики не ясны, так как есть вероятность, что региональные власти не согласятся на перезапуск реакторов. Тем не менее, премьер-министр страны Й. Нода заявил, что для поддержания японской экономики и уровня жизни необходим перезапуск двух ядерных реакторов [11]. Сегодня на возоб-

новляемые источники в Японии приходится всего 9 %, и правительство собирается активно способствовать развитию альтернативных видов энергии, так как несмотря на свое инновационное направление и дороговизну, является для Японии более безопасным [12].

За период с 1970 г. ветроэнергетики в мировом показателе выработки электроэнергии увеличилась практически с нуля до 3,9 % [4]. Доля выработки альтернативной энергии, в сравнении с другими видами генерации, остается незначительной. Хотя в некоторых странах данная доля составляет существенную часть, к примеру, в Дании этот показатель составляет 23,5 % общей установленной мощности энергосистемы страны (рис. 1).

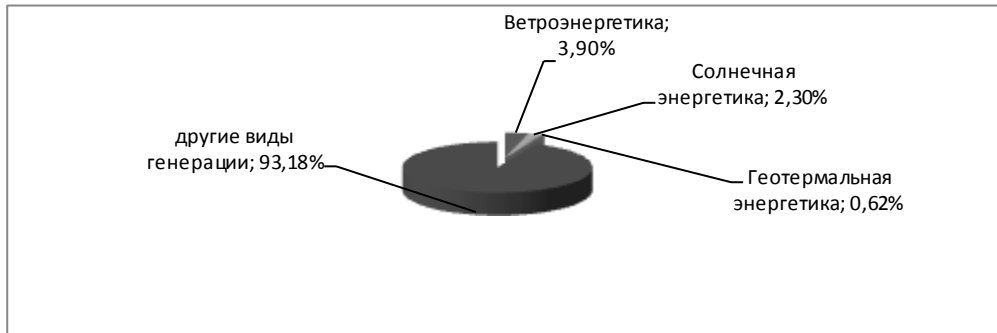


Рис. 1. Структура выработки электроэнергии в мире

Источник: Наука, технологии и инновации: 2011. Краткий статистический сборник. – М.: Центр исследований проблем развития науки РАН, 2011.

Мощности ВЭС распределяются фактически среди нескольких стран. На Германию приходится 31% от суммарной установленной мощности ВЭС в мире, Испанию – 16,9 %, США – 15,4 %, Индию – 7,5 % и Данию – 5,3 % (рис. 2).

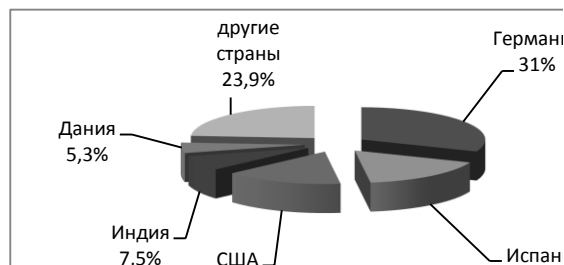


Рис. 2. Распределение мощностей ВЭС среди стран мира

Источник: Россия и страны мира. 2007–2012: Стат сб. / Росстат. – М., 2012.

В России отмечается наличие благоприятного потенциала ресурсов ветра, в особенности в удаленных районах Севера и Дальнего Востока, сельской местности и регионов с отсутствием единой энергосистемы. Площадь данных территорий составляет около 2/3 территории страны [14], что делает использование ВЭУ достаточно привлекательным в России. Авторы считают, что внедрение практики использования ВЭУ именно в этих областях помогут разрешить про-

блемы энергообеспечения и завоза топлива. Например, крупнейшая в России ВЭС, находящаяся в Калининградской области, которая производит около 8,2 млрд. кВтч электроэнергии в год, замещая углеводородное топливо для генерации сопоставимого объема электричества.

Проведенный анализ темпов и результатов внедрения альтернативной энергии, по мнению авторов, позволяет сделать вывод о преимуществах и предпосылках развития ветровой энергетики в России:

- Для эксплуатации альтернативных источников не требуется топлива.
- Высокий потенциал. Расчетный потенциал кинетической энергии, имеющейся в альтернативной энергии, по оценкам исследователей, составляет около 1360 трлн кВт·ч [15].
- Суммарные затраты (производство, установка, последующее обслуживание и отсутствие топливного снабжения) в источник генерации на основе альтернативных источников при схожих параметрах выработки электроэнергии находятся на уровне или даже немного ниже, чем в большинство традиционных систем основанных на традиционных видах топлива.
- Возможность покрытия локализованного спроса. Их возведение в малонаселенных районах экономически эффективнее подключения потребителей к централизованной энергосистеме.
- Возможно применение (с определенными технологическими ограничениями) в объединенной энергосистеме страны, включающей другие типы генерации.
- Достаточно высокий уровень прогнозирования графика развития альтернативных источников энергии, в различных регионах, что позволяет создать системы со стабильными показателями выработки электроэнергии, а также с использованием гибридных систем.
- Повышение энергобезопасности региона. Развитие альтернативных источников снижает зависимость региона от органических источников энергии (газ, уголь, дизельное топливо). Особенно актуальным это является для изолированных районов Дальнего Востока, где например, ветроэнергетика могла бы заместить дизельные электростанции, и тем самым частично решить проблемы поставок топлива в регион.
- Отсутствие вредного воздействия на атмосферу. Доля электроэнергетики в загрязнении воздушного бассейна достигает почти 1/3 [14]. Ввиду ратификации Россией Киотского протокола проблема снижения выбросов парниковых газов принимает особую актуальность, а замещение малых тепловых установок, доля которых в общих выбросах в атмосферу достигает 10%, могло бы частично решить данную проблему.
- Минимизация воздействия на экосистемы [17].

Одновременно, авторы установили, что через увеличение спроса на участки, расположенные на территориях с благоприятным потенциалом ветра, можно спрогнозировать увеличение стоимости участков, что в свою очередь отразится на капитальных вложениях в строительство генерации. Кроме того, учитывая

имеющие темпы роста ветроэнергетики в ближайшие годы можно спрогнозировать увеличение темпов прироста мировой установленной мощности.

В то же время, авторы считают, что необходимо сделать акцент и развивать инновационные направления на отечественные индивидуальные хозяйства, села и деревни, расположенные на удалении от крупных поселений, на населенные пункты, где отсутствует возможность подключения к централизованным источникам электро- и теплоснабжения. В России около 25 млн человек живут в отдаленных районах, не связанных с центральной энергетической системой, или в местах, где централизованное электроснабжение дорого и ненадежно [4]. Некоторые из территорий, необслуживаемых централизованной системой, подключены к меньшим автономным системам. Около 10 млн. человек обслуживаются отдельными генерирующими системами, работающими на дизельном топливе или на бензине. Большинство таких систем находятся в районах крайнего севера России, на Дальнем Востоке и в Сибири.

В 2010 г. около 10 тыс. дизельных генераторов мощностью до 1000 кВт и около 60 тыс. бензиновых генераторов мощностью 0,5–5 кВт обслуживали колхозы, поселки и отдельных потребителей [4]. Почти половина из этих установок простаивала от нескольких дней до нескольких месяцев в году из-за проблем с доставкой топлива и высоких цен на горюче-смазочные материалы. Во многих случаях дизельные и бензиновые двигатели функционируют лишь по несколько часов в день для экономии топлива.

В то же время, в России молодые инновационные компании не владеют необходимыми для развития бизнеса ресурсами и, не имея соответствующего обеспечения и гарантий возвратности средств, не в состоянии получить банковский кредит, коммерческий заём или разместить свои ценные бумаги на фондовом рынке. Таким образом, анализ мирового опыта и современной российской экономики показывают, что для развития всех отраслей национальной экономики, особенно энергетического комплекса необходима инвестиционная поддержка.

Э. Рагель, партнер компании «Эрнст энд Янг», считает, что: «Возобновляемая энергетика открывает привлекательную инвестиционную возможность для российских энергетических компаний. Ввиду неопределённости прогноза тарифов и роста потребления электроэнергии в России диверсификацию, заключающуюся в выходе на рынки возобновляемых источников энергии, которые активно развиваются за пределами России, следует рассматривать в качестве альтернативы, позволяющей увеличивать выручку и прибыль. Выпущенный «Эрнст энд Янг» отчёт об индексах привлекательности стран может использоваться российскими энергетическими компаниями в качестве эффективного инструмента для выбора стран, в наибольшей степени отвечающих инвестиционным критериям» [16].

Судя по анализу существующих в России тенденций, авторы пришли к выводу, что происходящие процессы в отечественном энергетическом комплексе необратимо ведут к потере Россией своего инновационного потенциала, как

унаследованного от Советского Союза, так и сформировавшегося в последние годы. В связи с этим, предлагают следующие меры, которые повысят инвестиционный потенциал российского энергетического комплекса:

1. Создать систему государственных фондов, через которые оказывать на конкурсной основе финансовую поддержку энергетическим предприятиям на ранних стадиях развития.

2. Внедрение в российскую практику зарубежного передового опыта в сфере инвестиций в инновации энергетического комплекса.

3. Привлечение в Россию о зарубежных экспертов в области инноваций и энергетики.

4. Проведение законодательной гармонизации отношений федерального центра с регионами в области регулирования инвестирования в инновационное развитие энергетического сектора.

5. Создание особых экономических зон развития инноваций в энергетическом комплексе, которые могут стать катализатором процесса инвестиционной привлекательности инновационного развития энергетики России [18].

Литература

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 8 декабря 2011 г. № 2227-р. «Об утверждении Стратегии инновационного развития Российской Федерации на период до 2020» URL: http://minsvyaz.ru/ru/doc/?id_4=685
2. Доклад Программы развития ООН за 2011 год «Энергетика и устойчивое развитие».
3. *Ивантер В.В., Комков Н.И.* «Состояние, перспективы и условия инновационного обеспечения модернизации экономики России / Новая экономика, инновационный портрет России. – М.: Центр стратегического партнерства, 2010, с. 73.
4. Россия и страны мира. 2007–2012: Стат сб. / Росстат. – М., 2012.
5. Инновационная политика Российской Федерации: проблемы и решения. URL: www.koorvin.com (Дата обращения 19 марта 2012).
6. Green Book on Innovation. European Commission, December 2010, p.104-107.
7. SmartGrid – энергетика будущего. URL: <http://www.smartgrid.ru/smartgrid/news> (Дата обращения 24 августа 2012).
8. Инноватика будущего. URL: <http://science.compulenta.ru/677814/> (Дата обращения 14 июля 2012).
9. Новости РБК. URL: <http://top.rbc.ru/economics/08/06/2012/654389.shtml>. (Дата обращения 15 июля 2012).
10. Инновационная деятельность в Российской Федерации: условия, факторы, тенденции // ЭнергоРынок, 2012, № 10.
11. Географический справочник ЦРУ. – Екатеринбург: У-Фактория, 2010.
12. Компюлента. URL: <http://science.compulenta.ru/677814/> (Дата обращения 9 мая 2012).
13. Наука, технологии и инновации: 2011. Краткий статистический сборник. – М.: Центр исследований проблем развития науки РАН, 2011.
14. Инновационные подходы к повышению качества кадрового потенциала образовательных учреждений. Материалы к «правительственному часу» Федерального Собрания РФ 12 октября 2011 г. Издание подготовлено Аналитическим управлением Аппарата Совета Федерации.
15. Инновационное развитие: перспективы, ожидания и комментарии // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление, 2011, № 13.
16. Экономическое развитие: перспективы и возможности. URL: <http://www.chekltd.com/> (Дата обращения 15 декабря 2012).
17. *Карлин Л.Н., Дикинис А.В., Сапунов В.Б.* Критерии экологической нагрузки // Уч. зап. РГГМУ, 2011, № 15, с. 177-190.
18. Лидирующие технологии URL: www.leadnet.ru (Дата обращения 23 декабря 2012).

М.Р. Кононенко

**ОБОСНОВАНИЕ РЕКОМЕНДАЦИЙ
ПО ФОРМИРОВАНИЮ И РАЗВИТИЮ МОРСКОГО КЛАСТЕРА
В ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**

M.R. Kononenko

**RECOMMENDATIONS ON FORMATION AND DEVELOPMENT
OF THE MARITIME CLUSTER IN THE LENINGRAD REGION**

Статья посвящена анализу кластерного подхода к организации морехозяйственной деятельности и содержит рекомендации по развитию регионального морского кластера в Ленинградской области.

Ключевые слова: морской кластер, морехозяйственная деятельность, кластерная политика.

The article is devoted to the analysis of cluster approach to the maritime activities and provides recommendations for the development of a regional maritime cluster in the Leningrad region.

Key words: maritime cluster, maritime activity, cluster policy.

Кластерный подход к организации морехозяйственной деятельности имеет ряд преимуществ перед традиционной отраслевой формой. Развивая стратегические инициативы в рамках отраслевого подхода, уязвимым звеном становится согласование отраслевых стратегий в определенных прибрежных зонах, межотраслевые диспропорции. Устранению данных пробелов способствуют кластеры - неформальные объединения крупного бизнеса с множеством малых и средних предприятий, инжиниринговых, проектных и конструкторских компаний, учебных заведений, промышленных ассоциаций, фирм, представляющих рыночную и производственную инфраструктуру, взаимодействующих друг с другом для выпуска определенного типа продуктов и выполнения услуг в рамках единой цепочки создания стоимости.

Процессы кластеризации – естественные экономические движения, запускаемые обычно фирмами-лидерами, однако, могут быть и стимулированы извне, например, через государственную политику, в том числе созданием координирующего учреждения, а также более широким доступом к общественным благам на данной территории. В настоящий момент во многих странах используются инструменты для стимулирования процессов кластеризации, в том числе и в России.

В частности, Концепцией долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации [5], предусматривается «создание сети территориально-производственных кластеров, реализующих конкурентный потенциал территорий, формирование ряда инновационных высокотехнологичных кластеров в европейской и азиатской части России». На федеральном уровне также сформирован ряд инструментов, позволяющих обеспечить финансирование ме-

роприятий по развитию кластеров. Например, эффективные механизмы финансирования проектов развития кластеров сформированы в результате образования и деятельности ряда институтов развития, включая Инвестиционный фонд Российской Федерации, государственную корпорацию «Банк развития и внешнеэкономической деятельности (Внешэкономбанк)», ОАО «Российская венчурная компания» [3].

В морехозяйственной деятельности кластерный подход играет особую роль в силу объективно высокой взаимосвязанности отраслей, составляющих морской кластер, ограниченности прибрежной зоны (в пространственном аспекте), особенности взаимодействий морская среда-экономика, значимостью для развития страны.

Создание морского кластера позволит осуществить координацию планов развития различных отраслей, связанных как технологически, так и пространственно в использовании единой прибрежной зоны.

Несмотря на значительные инициативы по реализации кластерной политики в России, термин «морской кластер», (или «морехозяйственный кластер») не получил широкого распространения. В работах Г.В. Батуровой [1], сформулировано определение морехозяйственного кластера как «пространственно-организованная в пределах геотории совокупность промышленно-производственных субъектов и связанных с ними коммерческих и некоммерческих организаций, целевая функциональная доминанта которой направлена на достижение и поддержание конкурентоспособности опорной территории в условиях субрегиональной интеграции и глобализации за счёт участия в рациональном использовании пространств и ресурсов Мирового океана». Данное определение позволяет включить в морехозяйственный кластер широкий перечень отраслей, связанных с использованием пространств и ресурсов мирового океана, поэтому важной задачей анализа перспектив развития морского кластера для конкретного субъекта федерации является определение границ кластера.

Таким образом, для оценки потенциала морского кластера Ленинградской области необходимо, в первую очередь, определить состав секторов в морском кластере, установить его экономическое значение для экономики, как России, так и Ленинградской области, затем оценить, насколько секторы взаимодействуют и усиливают друг друга, и, наконец, разработать стратегические меры по укреплению кластера.

С учетом производственно-технологической взаимосвязи, а также территориально-производственной общности секторов к морскому кластеру в Ленинградской области возможно отнести следующие виды деятельности или секторы в составе морского кластера:

- морской транспорт;
- рыбное хозяйство и рыболовство;
- судостроение;
- морской туризм и рекреация;

- использование водных ресурсов и охрана окружающей среды;
- добыча полезных ископаемых на шельфе;
- образование в сфере морских наук;
- морские научные исследования;
- морская инженерия.

Большинство секторов являются частью не только морского кластера, что затрудняет анализ и сбор данных.

Поэтому определение границ каждого компонента является отдельной задачей, при этом важно не переоценить истинный размер морского кластера.

Рекомендации по развитию морского кластера во многом зависят от стадии жизненного цикла кластеров, а также зрелости входящих в них секторов, являющихся потенциальными или реальными участниками кластера.

Согласно [8] государственная политика должна быть направлена на стимулирование развития кластеров с учетом ситуации в конкретном регионе или стране, при этом возможные инструменты кластерной политики следующие (табл. 1).

Таблица 1

Инструменты кластерной политики

Блок инструментов	Примеры политики
Поддержка, ориентированная на компании	финансовая поддержка проектов фирмы; советы и консультации для отдельных фирм; стимулирование развития компании-лидера;
Мотивация, привлекательность	политика, направленная на привлечение внешних фирм в кластер
Поддержка инфраструктуры	физическая инфраструктура; инфраструктура знаний, информационная (включая учебные заведения); специальные услуги или технологические центры; другие организации кластера
Предоставление информации	по технологиям; по общим вопросам бизнеса; по вопросам рынка/экспорта.
Поддержка обучения, научных исследований, рекрутинг	обучение и подготовка кадров; программы исследований; схемы мобильности
Поддержка совместной работы	сети и программы сотрудничества; поддержка социального взаимодействия

Оценка потенциала кластеризации в морехозяйственной деятельности в Ленинградской области осуществлялась с учетом следующих показателей (адаптировано по [9]):

– Структурные показатели, которые включают тип и количество морских секторов, а также количество и размеры компаний, входящих в кластер. Чем шире кластер с точки зрения секторов, тем больше его потенциал взаимодействия и силы. Выделение секторов-драйверов, обладающих новыми технологиями и оборудованием, а также имеющих более сильное влияние на динамику

кластера, что означает, по сути, выявление специализации морского кластера.

– Экономические показатели. Например, ценность, создаваемая кластером, выраженная в прямой и косвенной добавленной стоимости, занятость, налоги, инвестиции, включая иностранные, динамика показателей во времени.

– Интернационализация. Возможность экспорта является явным свидетельством и эмпирическим доказательством того, что секторы и компании способны конкурировать на мировом рынке, следовательно, имеют лучшие шансы для образования сильного кластера. Кроме того, согласно Методическим рекомендациям по реализации кластерной политики, «включение отечественных кластеров в глобальные цепочки создания добавленной стоимости позволяет существенно поднять уровень национальной технологической базы, повысить скорость и качество экономического роста за счет повышения международной конкурентоспособности предприятий, входящих в состав кластера» [3].

– Критическая масса и наличие фирм-лидеров. Компании-лидеры способны инициировать инновационные процессы в больших масштабах, тем самым интегрируя много мелких поставщиков и стимулируя их к инновациям и экспорту. Наличие, количество и доля рынка фирм-лидеров в кластере, является ярким свидетельством способности морского кластера к инновациям и экспорту.

Однако следует учесть, что оценка по вышеперечисленным критериям не всегда достоверно характеризует развитость кластера. Некоторые жизненно важные элементы кластера трудно поддаются количественной оценке, часто требуется более глубокий анализ для того чтобы понять причинно-следственные связи и динамику многих переменных, в частности степень взаимодействия и сотрудничества между компаниями внутри кластера.

С этой целью в дополнение к количественным показателям рекомендуется анализ в соответствии со следующими критериями:

- усилия органов власти, наличие/отсутствие барьеров, инвестиционный климат региона;
- интеграционные процессы, организационная структура и бизнес-сети;
- инновационный потенциал;
- образование и информирование;
- имидж и коммуникации, продвижение позитивного бренда.

Изучение отраслей, входящих в морской кластер, показывает высокую степень их географической концентрации в Ленинградской области, однако подробный анализ свидетельствует о низком уровне взаимодействия между входящими в их состав фирмами и предприятиями. В этом необходима помощь органов власти, включая учреждение агентств по региональному развитию в качестве организаций, оказывающих поддержку развивающимся региональным кластерам.

В качестве сформированных секторов, в которых уже налажены отношения сотрудничества, и хорошо развиты кластерные характеристики, выделены: морской транспорт, судостроение, рыбное хозяйство и рыболовство. Для дан-

ных отраслей эффективными мерами являются: создание общей деловой инфраструктуры для кластера, осуществление программ совместного сбыта на внешних рынках, совместных научных разработок и др.

Для потенциальных секторов (морской туризм и рекреация, использование водных ресурсов и охрана окружающей среды, добыча полезных ископаемых на шельфе, образование в сфере морских наук, морские научные исследования, морская инженерия) наиболее продуктивны меры по просвещению и популяризации кластеров, методы экономического стимулирования кластеров, сетевое объединение субъектов в некоммерческую организацию и др.

В основе формирования рекомендаций по усилению морского кластера в Ленинградской области основной акцент сделан не на прямое вмешательство в рыночные силы, а на создание условий, рамок, в которых частный сектор может функционировать лучше, а также на усиление «морского» потенциала региональной системы и его способности обеспечить устойчивую добавленную стоимость и занятость. В то же время органы власти должны решительнее поддерживать экспорт из кластера и заботиться о сохранении привлекательности территории (конкурентоспособного уровня «игрового поля») по сравнению с другими территориями на различных мировых рынках.

С учетом анализа отраслей морского кластера, проведенного выше, можно предложить 3 основных направления формирования и развития морского кластера в восточной части Финского залива:

1. Содействие институциональному развитию кластеров.
2. Поддержка сформированных секторов морского кластера.
3. Активизация секторов, имеющих высокий потенциал для участия в морском кластере.

По каждому направлению развития сформированы развернутые рекомендации, схематично изображенные на рис. 1.

Ниже раскрыто содержание рекомендаций с описанием мер по кластеризации морского хозяйства Ленинградской области.

В развитии кластеров возрастает важность общественных институтов, способствующих установлению тесного неофициального сотрудничества между партнерами в интересах региональной экономики. Кроме того, при создании морского кластера требуется формальное структурирование консультативных процедур внутри органов власти (между министерствами, которые непосредственно связаны с морским кластером, а также различными уровнями власти).

Первое направление кластерной политики, связанное с *содействием институциональному развитию кластеров*, нацелено на преодоление фрагментарного характера и разобщенности предприятий морского кластера. В этой связи, в качестве рекомендации предлагается создание независимой платформы, объединяющей морские организации и способствующей укреплению взаимодействия между различными секторами, а также обеспечивающей диалог «власть – частный сектор».

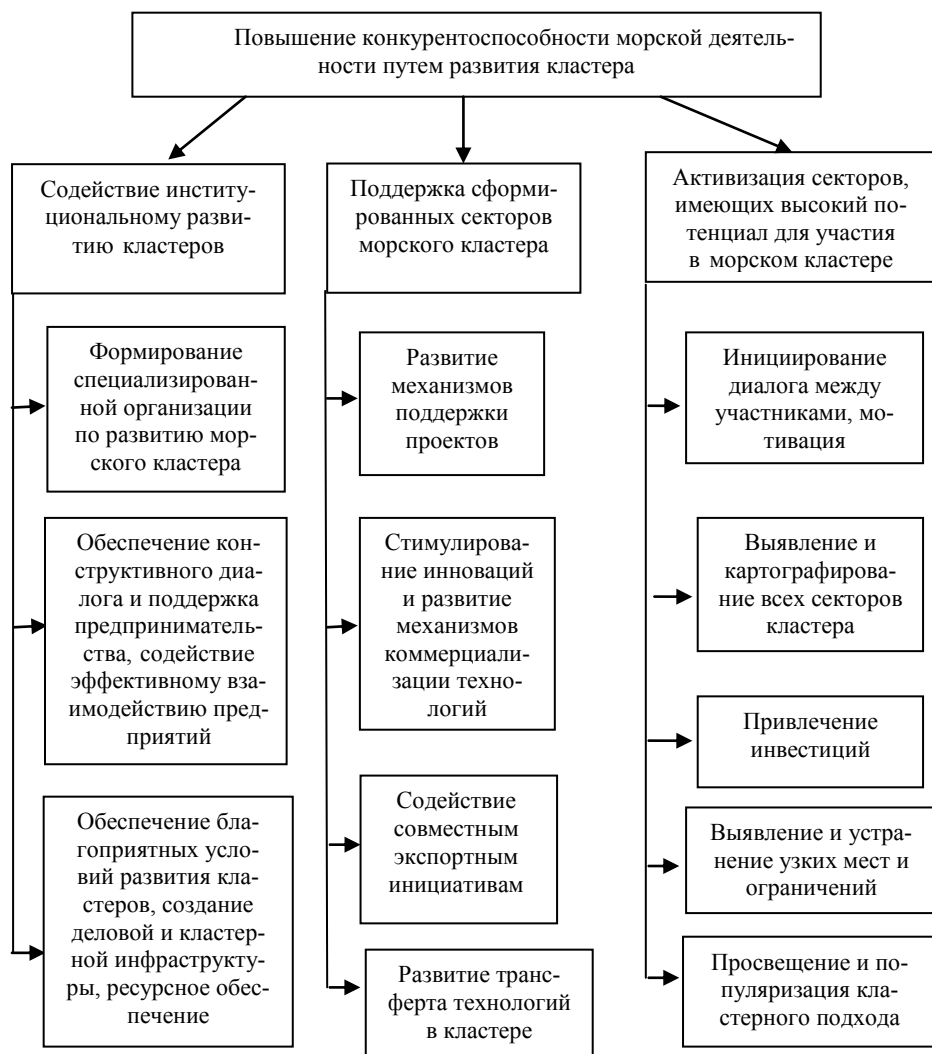


Рис. 1. Общая схема направлений и рекомендаций для формирования и развития морского кластера

Функции указанной организации могут быть возложены как на вновь создаваемые, так и уже существующие организации.

Установление эффективного информационного взаимодействия между участниками кластера и укрепление сотрудничества между ними может быть возложено на Совет по морской деятельности при губернаторе Ленинградской области, Секцию по вопросам сотрудничества, как координационный орган. Однако если формирование кластеров рассматривать в контексте совместного развития морехозяйственного комплекса не только Ленинградской области, но и Санкт-Петербурга, поскольку его функционирование основано на использо-

вании единой акватории Восточной части Финского залива, следует изучить варианты объединенного органа через создание Координационного совета по развитию морского кластера (по аналогии с Советом по транспортной системе г. Санкт-Петербург и Ленинградской области).

При координационном совете необходимо создать морской инновационный форум для укрепления связей между секторами морского кластера и организациями рыночной инфраструктуры, включая торговые организации, с целью развития межсекторальных инновационных проектов.

Специализированная организация по развитию морского кластера, должна выполнять функции:

- обеспечение координации деятельности участников кластера;
- стимулирование сотрудничества между исследовательскими коллективами и предприятиями кластера;
- создание механизмов мониторинга деятельности предприятий кластера;
- установление информационного обмена между участниками кластера;
- оказание методической, информационно-аналитической консультационной и образовательной поддержки всем участникам морского кластера, бизнес-ассоциациям.

Морской инновационный форум должен обладать гибкостью состава и структуры, отсутствием жестких формальных ограничений и барьеров, обеспечивать открытость кластера как системы.

Кроме того, создание специального органа позволит осуществлять *постоянный мониторинг деятельности предприятий кластера*, целью которого является выявление и распространение лучшей практики, как в области развития кластеров, так и конкретных секторов морской деятельности, а также анализировать проблемы и ограничения в развитии. Информация, полученная в результате мониторинга, позволит определить необходимые меры к поддержке предприятий.

Обеспечение конструктивного диалога и поддержка предпринимательства, содействие эффективному взаимодействию предприятий реализуется через создание единого информационного поля с принятием мер по стимулированию сотрудничества: организация конференций, семинаров, рабочих групп, создание специализированных интернет-ресурсов и электронных списков рассылки. Перечень конкретных мероприятий определяется на основе диагностики текущего взаимодействия участников, выявления дублирования их активностей в различных функциональных плоскостях, анализа возможностей и направлений формирования организованных схем взаимодействия для участников кластерного развития. Неравномерность поля взаимодействия в рамках существующих функциональных пространств создает резерв повышения эффективности, реализуемый в рамках кластерных инициатив.

В мероприятиях по обеспечению *благоприятных условий развития кластеров, создание деловой и кластерной инфраструктуры* необходимо предусмотреть

реть меры, направленные на развитие рынка труда, а также обеспечение морских отраслей объектами производственной и рыночной инфраструктуры.

Наличие достаточного количества и хорошо квалифицированной рабочей силы является одним из условий развития морского кластера.

Поскольку кластер определяется как своеобразная организационная форма взаимодействия множества самостоятельных организаций (научных, образовательных и производственных), то возможность концентрации специалистов высокого уровня (ученых, организаторов производства, инженеров, технологов, конструкторов и т.д.), действующих в одном направлении, становится в кластере основным преимуществом [7].

Есть целый ряд серьезных узких мест в рынке труда морских отраслей и профессий, которые можно устранить с помощью следующих мер:

- прогнозирование потребностей участников кластера в специализированных человеческих ресурсах, содействие развитию сотрудничества между предприятиями и образовательными учреждениями.

- участие в разработке государственного задания на подготовку специалистов, осуществление взаимодействия комитета экономического развития и инвестиционной деятельности с комитетом общего и профессионального образования по подготовке специалистов для предприятий в рамках целевой подготовки.

- содействие совместной разработке образовательных программ профессионального образования;

- общественно-профессиональная аккредитация и оценка качества содержания образовательных программ в интересах развития кластера.

- популяризация морской профессии и образования и усилия по повышению их привлекательности.

Конкурентные позиции морского кластера зависят в значительной степени от развитости *инфраструктуры* и политики пространственного планирования правительства. Меры по инфраструктурному развитию включают:

- осуществление целевых инвестиций в расширение инженерной и транспортной инфраструктуры, жилищное строительство, реализуемое с учетом задач развития кластеров (среди мероприятий: приоритетный инвестиционный проект создания Производственно-логистического кластера на базе Усть-Лужского рыбокомбината, финансирование реконструкции Волго-Балтийского водного пути);

- развитие государственно-частного партнерства, которое может помочь ускорить строительство инфраструктурных проектов и в то же время улучшить конкурентную позицию ряда морских секторов;

- обеспечение безопасности проведения работ на море, обеспечение навигационной информацией и справочной литературой;

- организация натурного обследования водных путей на территории Ленинградской области с целью определения состояния береговой зоны, наличия

и состояния гидротехнических сооружений для выработки предложений по развитию береговой транспортной инфраструктуры. Сбор сведений о наличии причальных сооружений, пригодных для обслуживания пассажиров, судов и выполнения грузовых работ на внутренних водных путях Ленинградской области (силами администраций муниципальных образований);

- развитие инфраструктуры, обеспечивающей трансфер знаний и технологий.

Необходим учет потребностей развития инфраструктуры морского кластера при разработке схем территориального планирования муниципальных образований.

Второе направление в политике формирования и развития морского кластера, связано с *поддержкой сформированных секторов морского кластера* (морской транспорт, судостроение, рыбное хозяйство и рыболовство).

Развитие механизмов поддержки проектов, направленных на повышение конкурентоспособности предприятий, осуществляется через последовательную реализацию финансовой политики региональных органов власти, включая:

- возможности привлечения заёмных средств для реконструкции и модернизации производственных мощностей предприятий морского кластера, используя государственные гарантии Ленинградской области;

- субсидирование процентных ставок по инвестиционным кредитам для предприятий морского кластера;

- содействие маркетингу продукции (товаров, услуг), выпускаемой предприятиями, через организацию выставок, круглых столов;

- предоставление налоговых льгот, в соответствии с действующим законодательством;

- снижение административных барьеров.

Стимулирование инноваций и развитие механизмов коммерциализации технологий рекомендуется поддерживать с помощью специальных мер:

- предоставление консультационной помощи при создании новых инновационных предприятий;

- содействие в привлечении финансирования, в том числе со стороны индивидуальных инвесторов и венчурных фондов;

- создание объектов инновационной инфраструктуры (бизнес-инкубаторов, центров трансфера технологий);

- обеспечение научной составляющей кластера, содействие проведению регулярных комплексных исследований в водах Финского залива Балтийского моря [4];

- поддержка новых перспективных ниш специализации (в частности в судостроении), развитием смежных рынков товаров и услуг.

Содействие совместным экспортным инициативам, развития новых экспортных рынков, включая субсидирование части затрат предприятий по созданию промышленных образцов, по регистрации и правовой охране за рубежом изобретений и иных результатов интеллектуальной деятельности.

Развитие морских отраслей тесно связано с международным сотрудничеством и зачастую требует интеграции на политическом уровне.

Третье общее направление, рекомендуемое для развития морского кластера, заключается в *активизации секторов, имеющих высокий потенциал для участия в морском кластере (морской туризм и рекреация, морская инженерия, охрана окружающей среды и др.)*. Данное направление раскрывается через реализацию следующих рекомендаций:

– *Инициирование диалога между участниками, мотивация потенциальных участников*. Рекомендуется оказание финансовой поддержки (через организацию конкурса Правительством Ленинградской области), программам объединяющим, прежде всего, бизнес (крупный и мелкий) и научные и образовательные учреждения. Обязательной чертой программы развития кластера должна стать интеграция широкого круга взаимосвязанных организаций и снижение фактора ограничения конкуренции и одностороннего распределения выгод от государственной поддержки. *Информационное обеспечение* включает методическую и образовательную поддержку процессам активизации и развития кластеров.

– *Выявление и картографирование потенциальных секторов морского регионального кластера*. Процедура картирования включает сбор и обработку данных для пространственного представления обобщенной информации на выбранной картографической основе [4]. Возможность системного и долгосрочного использования морской среды связано с применением принципов морского пространственного планирования, цель которого – установить более рациональную организацию использования морского пространства и взаимодействия между видами использования, сбалансировать требования развития с необходимостью защиты окружающей среды и содействовать достижению социальных и экономических целей путем планирования и открытого обсуждения. Морское пространственное планирование связано также с выделением зон с различным режимом управления акваториями, а также рациональным взаимным размещением отраслей с целью увеличения синергетического эффекта от взаимодействия, и одновременно снижающее уровень возможной конфликтности.

– *Привлечение инвестиций*. Рекомендуется вовлечение в процесс развития кластеров уже созданных институтов развития: Инвестиционный фонд, "Банк развития и внешнеэкономической деятельности (Внешэкономбанк)", ОАО «Российский Венчурный Фонд», механизмы поддержки инновационного предпринимательства, малого предпринимательства, создание технопарков и особых экономических зон. При этом следует подчеркнуть, что государство является главным инвестором на первоначальной стадии развития кластера. В дальнейшем возможным и желательным является смешанное (частное и государственное) финансирование, вплоть до самофинансирования [6].

– *Выявление узких мест и ограничений*. Поскольку ресурсы всегда ограничены, нецелесообразна одновременная поддержка всех участников процесса

кластеризации, возможности развития всегда ограничены мощностью слабейших (или наименее производительных) звеньев, часто называемых в экономической литературе «узкими местами».

Среди узких мест и ограничений на сегодняшний момент можно назвать: механизм информационно-консультативной и образовательной поддержки развития кластеров; слабое развитие объединений предпринимателей, общественных организаций в морской сфере, финансовую обеспеченность научных кадров, результативность научно-исследовательской деятельности в морской сфере.

– *Просвещение и популяризация кластерного подхода*. Продвижение идеи кластеров, ее «адвокатирование» (по аналогии с идеей полезности конкуренции [2]).

Важно отметить, что при разработке конкретной программы кластерного развития необходимо концентрироваться одновременно на сочетании двух направлений: расширении и углублении местного рынка и привлечении иностранных инвесторов.

Литература

1. Батунова Г.В. Региональные морехозяйственные кластеры как основа социально-экономического развития приморских территорий. / Стратегическое планирование в регионах и городах России / Доклады участников IX Общеросс. форума «Стратегическое планирование в регионах и городах России», Санкт-Петербург, 18–19 октября 2010.
2. Куценко Е.С. Кластеры в экономике: Основы кластерной политики государства. [Электронный ресурс] / Режим доступа <http://www.promcluster.ru/index.php/publications-clusters/63-clusters>
3. Методические рекомендации по реализации кластерной политики в субъектах Российской Федерации (от 26.12.2008 г. № 20636-АК/Д19)
4. Оганова С.А., Плинка Н.Л. Развитие геоинформационных систем как инструмента комплексного управления прибрежными зонами // Уч. зап. РГГМУ, 2012, № 25, с. 149-155.
5. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 17 ноября 2008 г. № 1662-р.
6. Руководство по формированию кластеров – основные направления формирования и управления кластерными инициативами // Внутриверопейская Связь Кластеров. Перевод МИГСУРАГС при Президенте РФ.
7. Ямковская М.В. Индикаторная оценка туристической деятельности на примере Калининградской области // Уч. зап. РГГМУ, 2011, № 21.
8. Isaksen, A., & Hauge, E. (2002). Observatory of European SMEs: Regional Clusters in Europe. European Commission, Luxembourg
9. Policy Research Corporation and Institute of Shipping Economics and Logistics (2001). Economic Impact of Maritime Industries in Europe. European Commission, DG3, Enterprise, [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://europa.eu.int/comm/enterprise/maritime/maritime_industrial/economic_impact_study.htm

СОЦИАЛЬНО- ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

О.А. Канышева

Я И ДРУГОЙ В СОВРЕМЕННОЙ ФИЛОСОФИИ: ПРОБЛЕМА ДИАЛОГА

O.A. Kanysheva

I AND ANOTHER IN MODERN PHILOSOPHY: DIALOGUE PROBLEM

Статья раскрывает проблему Я и Другого, которая заключается в проблеме понимания как себя, так и Другого. Условием взаимопонимания является выстраивание диалога, как возможного условия снятия отчуждения Я по отношению не только к Другому, но и к себе, где Другой оказывается условием моего существования.

Ключевые слова: монолог, отчуждение, диалог, Я, Другой, язык, семиотика, смысл.

Article opens a problem I and Another which consists in a problem of understanding both, I and Another. Condition of mutual understanding is dialogue forming, as possible condition of removal of alienation I on the attitude not only towards Another, but also towards where Another appears a condition of my existence.

Keywords: monologue, alienation, dialogue, I, Another, language, semiotics, sense.

Не играй с глубинами другого.

Л. Витгенштейн

Я и Другой в современной философии является открытой темой, т.к. этот Другой это Я. Возможно, это проблема отчуждения Я от самого себя, неузнавание себя, которое грозит либо свыканием с тем кем Я себя разочарованно видит, либо борьбой с собой в конструктивной и деструктивной формах. Я решит себя изменить под тот образ, который ему дорог, либо Я уничтожит себя.

Проблема диалога становится актуальной: мы видим, как гибнут люди из-за его отсутствия, из-за невозможности начать его, а начав, продолжить. Его структура очень сложна и предполагает искусство бытияствования. Если Другой не становится причиной моего желания Я не в состоянии его начать.

Диалог есть имманентная форма существования мышления, движения культуры, противоположность монолога. Он всегда выступает как осмысление предмета мышления в процессе соотнесения с полюсами дуальной оппозиции.

Этот процесс совпадает с поиском меры между ними, фокуса преодоления полюсов оппозиции, нахождения меры нового смысла между ними. Диалог есть всегда внутренний процесс самоизменения, переосмысления.

Диалог есть бытие Я и Другого, условие их существования. Он есть зеркало, в которое одновременно смотрятся Я и Другой. Есть граница диалога, где Я и Другой меняются местами. На какое-то время Я есть этот Другой, а Другой есть это Я. В это пограничное время Я – Другой есть некоторое целое. Целостность составляет причину катарсиса, или тотальной удовлетворенности, или, как это ни парадоксально звучит, самодостаточности. Итак, Другой есть это условие.

Игра в диалог есть оккультное желание им управлять при помощи желания быть главным. Автономность Я есть заблуждение моей тотальной вездесущности. Я пророчествует, но это лишь один из векторов настроения и индивидуального опыта, которые, перемешиваясь, создают прогноз будущего. Это чем-то напоминает предсказание погоды, которое иногда сбывается, а иногда нет.

Диалогичность переживания предполагает его интенциональную природу, это всегда переживание о Другом. Я обретает способность к переживанию благодаря Другому. Выход за пределы своей субъективности предполагает переход к жизни Другого. Другой это Ты, это вещь, это бесконечность, это бессознательное, лики Я и т.д.

Я выстраивает диалог с Другим, как некоторое отношение. Это отношение может быть выстроено на сочувствии к Другому, или симпатии. Проблема «вхождения» в Другого рассматривается в разных философских традициях.

Предчувствие современного диалогического философствования пронизывает теории многих антигегельянцев прошлого столетия, в том числе Л. Фейербаха, который стремился создать материалистический антропологизм как теорию общения “я” и “ты”, С. Кьеркегора, восстанавливавшего в своих правах теологический диалогизм, и Ф. Ницше, разыгравшего в своих произведениях подлинно диалогическую систему познания.

Человеческое бытие в концепции Ясперса, как и у Хайдеггера, есть всегда “бытие с” (другими). Вне коммуникации нет и не может быть свободы. Экзистенция не может быть определена, но может “сообщаться с другой экзистенцией”, и этого достаточно, чтобы она существовала как реальность, а не как субъективная иллюзия. Диалог, межсубъектная коммуникация, предполагает любовь как ответственность Я перед Ты.

В целом же концепции диалога, созданные в 20-е годы нашего века, сегодня переосмысливаются и сближаются с социологией и лингвистикой. Такое сближение характерно для концепций диалога, созданных Ю. Хабермасом и К.-О. Апелем.

Ю. Хабермас создал “теорию коммуникативного поведения”, описывающую “двухуровневое” строение современного общества (“система” и “жизненный мир”). Опираясь на концепцию социального действия М. Вебера и анализ

речевых актов, осуществленный Дж. Л. Остином, Ю. Хабермас выделяет два типа поведения: коммуникативное, приводящее к возникновению социальных структур, способных к развертыванию и самоосуществлению, и стратегическое, преследующее утилитарный интерес и ведущее к обману партнера.

К.-О. Апель, стремясь соединить трансцендентализм с герменевтикой, перестроил трансцендентальную философию, обосновав ее заново понятием коммуникации. Введя понятия идеального и реального коммуникативных обществ, он предложил переосмыслить такие гносеологические термины, как “очевидность”, “истина” и т.п., на основе расхождений между идеальным типом сообщества и реально существующими в истории сообщества социальными группами.

Отчуждение, избавлением от которого обещает стать диалогизм, оказывается условием завязывания диалога, условием его существования и, в этом смысле, может быть устранено только вместе с ним.

На мой взгляд, в русской философии интересна и актуальна концепция взаимоотношения Я и Другого у М.М. Бахтина, которая связана с анализом других философских школ, существовавших в истории философской мысли. Если в целом охватить ситуацию, то можно увидеть что рационалистические школы по причине гносеологической установки занимают позицию монологическую, на что М.М. Бахтин предлагает диалогический подход. Этот подход лежит в сфере эстетического восприятия Другого.

Монологический подход представляет Я и Другого в единстве переживания. Тем самым теряется объективная оценка Я и Другого. Я и Другой сливаются в процессе познания и трудно не поменять местами Я и Другого. Авторитарность позиции превращает Другого в вещь, в объект.

Диалогическая позиция сохраняет Я и Другого в ценностном положении по отношению друг к другу и связаны с такими качествами как симпатия, сочувствие, сопереживание. Но все же М.М. Бахтин ставит выше этих форм переживаний чувство любви как особый метод познания Другого. Любовь – это «сквозное» проникновение в Другого, который продолжает оставаться субъектом и в процессе познания. «Изнутри самой сопереживаемой жизни нет подхода к эстетической ценности внешнего в ней самой (тела), только любовь как активный подход к другому человеку сочетает извне пережитую внутреннюю жизнь (предметную жизненную направленность самого субъекта) с извне пережитой ценностью тела в единого и единственного человека как эстетическое явление, сочетает направленность с направлением, кругозор с окружением» [Бахтин М.М., с. 107].

По мнению М.М. Бахтина, сам способ взаимодействия сознаний есть диалог. Любое соприкосновение с миром культуры становится “спрашиванием и беседой”, Диалогическое понимание возникает там, где встречаются два сознания. Понимание вообще возможно при условии существования другого, понимающего, сознания. В принципе любой философский или литературный текст можно считать диалогическим (а не только, скажем, диалоги Платона, Цицерона, Петрарки).

Диалог раскрывается через текст, понимаемый вполне семиотически, однако М.М. Бахтин полагает, что диалог первичен по отношению к тексту, поскольку текст выступает как продукт общения, а диалог оказывается механизмом текстопроизводства. М.М. Бахтин стремится показать возникновение текста из реплик диалога.

В силу политических причин М.М.Бахтин обходит молчанием вопрос о субъективности, в слиянии с которой только и возможен диалог двух эмпирических объектов. Однако именно это обстоятельство делает его концепцию открытой к семиотическим истолкованиям, что вдохновляло Ю. Кристеву, создавшую концепцию интертекстуальности вследствие изучения работ М.М. Бахтина, и советских семиотиков.

Другой есть предмет семиотического исследования. Я и Другой не совпадаем, поэтому появляется проблема истолкования Я и Другого через систему знаков. Я не совпадает с Оно, с сверх – Я, с самим собой. По отношению к Друговости выстраивается особенная чувственность, которая в истории философии приобрела символы Эроса, Агапе, Сторге, Филиа. Эрос символ Оно, Агапе символ сверх – Я, Сторге символ Я, а Филиа символ диалога Я и Другого (Оно, сверх – Я, Я).

Язык есть условие существования знаков и символов. «Язык – дом бытия», как говорит М. Хайдеггер. Я прикасаясь к Другому, становится мифологичным, религиозным, научным, философским. Миф интенционален, религия интерсубъективна, наука инструментальна. Я – тело соблюдает принцип меры, Я – душа соблюдает принцип подчинения низшего высшему, Я – дух соблюдает принцип единства. Мера есть схваченный смысл, подчинение есть обретенный дух, единство есть самотождественность как условие всякого познания.

Литература

Бахтин М.М. Автор и герой. К философским основам гуманитарных наук. – СПб.: Азбука, 2000. – 336с.

В.В. Небредовская

**ПРАВОСОЗНАНИЕ И ПРАВОВАЯ КУЛЬТУРА
МОЛОДЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ В СТРАНАХ СКАНДИНАВИИ¹**

V.V. Nebredovskaya

**LEGAL AWARENESS AND LEGAL CULTURE
OF YOUNG SPECIALISTS IN THE NORDIC COUNTRIES**

В данной статье затрагиваются вопросы правовой и электоральной культуры молодых специалистов, проработаны механизмы повышения уровня правового сознания; рассматривается проблема образовательных программ предназначенных для формирования у студентов знаний в сфере избирательного законодательства, основных личных, политических и социально-культурных прав и свобод, электоральной социализации и формирования ценностных ориентаций у данной группы населения. С этой целью был проанализирован опыт стран Скандинавии по привлечению будущих избирателей к участию в выборах и возможность его рецепции.

Ключевые слова: правосознание, молодые специалисты, функция политической социализации граждан; формирование ценностных ориентаций; электоральный выбор, электоральные установки и предпочтения избирателей.

This article reviews the issue of legal and electoral culture of young specialists, arrangements of raising legal awareness; the problem of educational programs intended to generate students' knowledge in the field of electoral legislation, the basic personal, political, social and cultural rights and freedoms, the electoral socialization and the valuable orientations of the group of population. To this purpose, author analyzed the experience of the Nordic countries in attracting future voters to participate in elections and the possibility of its reception.

Key words: awareness of the law, young specialists, the function of political socialization of citizens, the formation of value orientations, electoral choice, electoral settings, preferences of the voters.

Существует прямая связь между демократией, правосознанием и электоральной культурой граждан. Электоральное образование состоит из образовательных программ, направленных на освоение гражданами конституционных прав и обязанностей в сфере законодательства о выборах, основных начал избирательного права и процесса.

Актуальность обращения к проблеме формирования правовых ориентаций обусловлена противоречием между необходимостью становления активной позиции человека по отношению к социально-политическим, экономическим процессам в обществе и недостаточной правовой подготовленностью. Многие про-

¹ Работа выполнена в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009-2013 гг.» по мероприятию 1.5 “Проведение научных исследований коллективами под руководством приглашенных исследователей” Соглашение № 14.В 37.21.0278 «Психолого-педагогическое исследование профессиональной мобильности и правосознания молодых специалистов РФ и стран Скандинавии».

грессивные изменения в процессе развития правового государства Российской Федерации предполагают переоценку отношения к правовой действительности. Уровень формирования правовых ориентаций в личностном аспекте оказывает влияние на состояние правовой культуры общества [1, с. 158].

От выборов к выборам наша страна сталкивается с таким негативным социальным явлением как низкая явка лиц имеющих право голосовать. В науке это явление получило название «политический абсентеизм».

В широком смысле под абсентеизмом понимается факт равнодушного отношения населения к политической жизни, обывательское представление отдельных людей о том, что от них в политике «ничего не зависит».

В России избирательные права рассматриваются с точки зрения возможного, а не должного. Ответственность за неучастие в выборах не устанавливается. Вместе с тем проблема абсентеизма стоит достаточно остро. Признавая, что принцип добровольности участия в выборах внешне носит, бесспорно, демократичный характер, провозглашение его в России в современных условиях, по мнению некоторых специалистов, привело к крайне негативным последствиям, ставящим под сомнение как фактическую легитимность многих органов власти, избираемых явным меньшинством зарегистрированных избирателей, так и разумность всей избирательной системы России. Добровольность участия в выборах избирателей, в конечном счете, приведет к таким же последствиям, к каким привела бы добровольность уплаты налогов гражданами или, скажем, добровольность службы в Вооруженных Силах страны [2, с. 150].

Предлагаемое некоторыми авторами введение обязательного голосования, конечно, резко изменит современную картину, приведет к увеличению числа голосующих избирателей. Там, где оно вводилось, явка избирателей иногда возрастала до 90%, ибо неучастие в выборах зарегистрированных избирателей наказуемо [3, с. 12].

Необходимость выработки мер по преодолению пассивности, аполитичности граждан сегодня очевидна. Ведь от итогов выборов во многом зависит выбор курса развития страны.

Для повышения легитимности избираемых в России законодательных органов необходимо не снижать обязательный порог явки на выборах, а уделить внимание большей гласности в их работе, повысить уровень правосознания среди населения. На основании проведенных выборов депутатов Государственной Думы шестого созыва можно утверждать, что работу по привлечению интереса граждан к функционированию представительного органа и, следовательно, повышению явки избирателей на выборах следует начинать уже на следующий день после проведения съезда политической партии при решении вопроса о выдвижении списка кандидатов.

В преодолении абсентеизма избирателей заслуживает внимания опыт стран Скандинавии, связанных с Россией не только общностью Балтийского региона, но и многовековыми политическими и экономическими связями.

Автор, проведя исследование образовательных программ предназначенных для всех участников избирательного процесса, используемых в развитых скандинавских демократических правовых государствах (Финляндии, Дании, Норвегии, Швеции, Исландии) пришел к выводу, что в каждой стране проходят следующие мероприятия:

1. Повышение квалификации членов Избирательных Комиссий всех уровней.
2. Организация учебы и проведение цикла семинаров для членов территориальных и участковых комиссий по проблемам организации и проведения выборов и референдумов.
3. Создание и развитие системы информационного обмена в области правовой культуры участников избирательного процесса.
4. Проведение семинаров и консультаций с ответственными работниками органов внутренних дел и юстиции по вопросам содействия избирательным комиссиям в организации и проведении выборов и референдумов.
5. Проведение учебы организаторов выборов по вопросам проведения голосования граждан, проживающих за пределами страны, и деятельности международных наблюдателей.
6. Регулярное обобщение практики рассмотрения избирательных споров, обращений граждан и своевременное доведение результатов полученных данных до сведения участников избирательного процесса.
7. Повышение правовой культуры представителей политических общественных объединений, кандидатов, их доверенных лиц.
8. Работа по повышению правового сознания и правовой культуры избирателей.

Данные меры активно реализуются и внедряются Центральной избирательной комиссией Российской Федерации и Избирательными Комиссиями субъектов. Но, тем не менее, наша страна с той же периодичностью, с которой проходят выборы, сталкивается с низкой явкой лиц имеющих право голосовать на избирательные участки.

По мнению ряда исследователей, в связи с тем, что достаточно многочисленную группу избирателей составляют лица от 18 до 30 лет, причина кроется в их недостаточной заинтересованности, которая основывается на политической безграмотности.

Выборы депутатов Государственной Думы Федерального Собрания РФ 2011 г. и Президента Российской Федерации 2012 г. показывают необходимость глубинных объяснений многих сторон политической активности молодежи. Ведь даже при реальной численности возрастных когорт молодых и пожилых избирателей, удельный вес «активных» голосов будет различным по своему качеству, ибо первые будут обеспечивать условия жизни вторых, а не наоборот. Отсюда интерес к политическим ориентациям молодежи – как к тем, кто принимает участие в развитии страны, как к тем, кто наследует степень развития общества, как к тем, которые будут жить в Великой Державе. Именно эта воз-

растная группа людей представляет собой социально активную часть населения. Она наследует степень развития общества и поэтому вопросы участия молодежи в избирательном процессе становятся всё более значимыми на сегодняшний день. Необходимость выработки мер по преодолению пассивности аполитичности граждан сегодня очевидна, ведь от итогов выборов, в конечном счете, зависит курс развития страны.

Представляется, что вопрос развития электоральной правовой культуры составляет важнейший элемент формирования общей системы гарантий избирательных прав граждан. Кроме того, правовая культура и правосознание в целом создают каркас и предпосылки становления и развития институтов выборной демократии.

Специалисты Российского центра обучения избирательным технологиям при Центральной избирательной комиссии Российской Федерации (РЦИОТ при ЦИК России) считают, что «повышение активности молодежи требует ее систематического политического воспитания, начиная со школьной скамьи, и продолжая в студенческие годы» [4, с. 106].

На наш взгляд, здесь также заслуживает внимания опыт стран Скандинавии, где в целях повышения правовой культуры молодых специалистов изучается в рамках программы высшего образования, учебные дисциплины под названиями «Основы права» и «Основы гражданственности». Данные предметы определяют инвариантную (обязательную) часть учебного курса.

Отчасти именно поэтому у скандинавских избирателей воспитана устойчивая заинтересованность в результатах выборов, развито внимание к правовым формам реализации избирательных прав. Граждане скандинавских стран имеют активную избирательную позицию и осознанно участвуют в выборах. Большая часть лиц имеющих право голосовать имеет достаточно высокий уровень правосознания, политической грамотности и правовой культуры.

Электоральное образование, изучаемое молодыми специалистами в странах Скандинавии, которое также известно как избирательное образование, включает в себя сравнение основных понятий избирательного права, информирование о процедурах голосования и стадиях избирательного процесса, в том числе о таких понятиях, как:

- права и обязанности избирателей;
- взаимозависимость между выборами и демократией;
- тайна голосования;
- всеобщее избирательное право;
- решающее значение каждого голоса;
- условия, необходимые для проведения демократических подлинных выборов [5, с. 8].

Образование избирателей может осуществляться широким кругом организаций и частных лиц, включая высшие учебные заведения, избирательные комиссии, правительственные учреждения, а также иными заинтересованными

сторонами избирательного процесса (средствами массовой информации, политическими партиями, комиссиями по правам человека).

В избирательном законодательстве каждой из стран Скандинавии подчеркивается необходимость повышения осведомленности общественности относительно избирательных и парламентских вопросов путем проведения образовательных и информационных программ.

Например, избирательное законодательство Финляндии, Дании, Норвегии, Швеции, Исландии требует, чтобы Избирательные Комиссии «способствовали повышению уровня осведомленности общественности об электоральных процессах и действиях парламента путем реализации специальных образовательных программ» [6, р. 3].

Образовательная деятельность в области избирательного законодательства, осуществляемая Избирательными комиссиями стран Скандинавии, включает в себя:

- последовательное повышение уровня правового сознания и правовой культуры молодых специалистов;
- создание единой системы правового просвещения и обучения, основанной на индивидуальном подходе, позволяющей поднять уровень доверия юных избирателей к институту выборов;
- формирование у молодежи современных демократических представлений об избирательном праве и избирательном законодательстве;
- воспитание гражданской ответственности;
- составление программ и учебных материалов по избирательному законодательству для преподавателей, которые предписаны учебным планом для правовых дисциплин, а также проведение для штатных преподавателей профессиональных семинаров, направленных на обсуждение стратегии просвещения в области избирательного законодательства;
- обеспечение активного и осознанного участия избирателей в выборах;
- организация программ посещений государственных музеев, органов и иных учреждений, формирующих представление о представительных органах власти, которые проходят под руководством специализированных органов.

Вышеперечисленные учебные мероприятия направлены на изучение избирательной системы своей страны: обсуждение существующей избирательной системы, избирательных процессов и механизмов. В рамках учебного процесса проходят деловые игры, имитирующие выборы, в которых все присутствующие студенты исполняют роли избирателей и кандидатов.

В настоящее время Избирательные комиссии Финляндии, Дании, Норвегии, Швеции, Исландии совместно с методическими отделами, разрабатывают пособия и рекомендации. Региональные и территориальные избирательные комиссии также участвуют в повышении электоральной культуры молодых специалистов, создают программы, способствующие улучшению образования в области изучения основ избирательного законодательства для учащихся средних специальных и высших учебных заведений, которые включают:

- сетевые образовательные презентации и мультипликации, которые размещены на интерактивных ресурсах;
- мультимедийные пособия.

Одним из элементов электорального образования является «информация дня выборов», которая может быть определена как процедурное уведомление о голосовании, механизме регистрации в качестве лица имеющего право голоса на выборах и иные практические вопросы голосования (такие как дата, время, и место голосования на указанных выборах) [7].

Избирательные комиссии стран Скандинавии всех уровней, доводят информацию до избирателей посредством рекламных кампаний на телевидении, радио, а также публикуя материалы в газетах и интернете. В период электорального процесса повышение правовой культуры избирателей является наиболее интенсивным.

Можно с уверенностью констатировать, что предпринимаемые Избирательными комиссиями стран Скандинавии меры в области электорального образования улучшают понимание предвыборных процессов студентами.

Инициативы, предпринимаемые в области электорального образования молодых специалистов стран Скандинавии, основаны на ряде ключевых принципов образовательного права:

- Принцип универсальности образования, который заключается в том, что электоральное образование должно быть изложено в максимально простой форме, излагаемая правовая информация должна быть доступна.
- Принцип повышения уровня гражданского самосознания, - образовательные программы должны создать у избирателей чувство ответственности за принимаемый выбор и развить понимание важности демократических процедур.
- Принцип гибкости системы образования проявляющийся в том, что программы, проводимые в рамках электорального образования, могут быть адаптированы к различным группам молодых специалистов
- Принцип дозированности, содержащийся в том, что правовая информация должна подаваться студентам постепенно, небольшими «порциями», что способствует более легкому усвоению полученных знаний, препятствует перегрузке памяти новой информацией.

Согласно статистическим данным [8], молодежь менее охотно принимает участие в электоральном процессе, чем старшее поколение. По подсчетам Международного Статистического Агентства, каждый пятый молодой человек в возрасте от 18 до 25 лет не участвует в выборах.

Невысокий уровень избирательной активности молодежи может являться показателем устойчивых представлений относительно политических процессов, как то, что политика далека от жизни молодежи и что последняя не оказывает значимого влияния на политическую жизнь общества в целом. Тем не менее, более широкие стратегии, такие как механизмы повышения уровня гражданского самосознания в странах Скандинавии, могут привести к решению этих про-

блем, а электоральное образование сможет сыграть существенную роль в повышении уровня избирательной активности молодых специалистов.

По мнению специализированной организации – Сеть знаний о выборах (ACE project) ознакомление с основами государственного права может быть получено из разных источников, включая семью, средства массовой информации (печатные издания, радио, интернет), избирательные комиссии и учебные заведения. «Исследования Избирательной Активности Молодежи» (Youth Electoral Study), проводившиеся с 2003 по 2010 г. членами международной организации, показали, что семья и учебные заведения играют независимые, но существенные роли в приобретении политической грамотности, становлении правосознания и способствуют принятию осознанного электорального выбора.

На саммите организованном при участии Избирательных комиссий Финляндии, Дании, Норвегии, Швеции, Исландии, под названием «Nordic countries 2010 Youth Summit Communiqué» было отмечено положительное влияние проводимых мероприятий на правосознание молодых специалистов:

- введение во всех средних и высших учебных заведениях, дисциплин «Основы права», «Права и обязанности граждан (Основы гражданственности)» не в качестве факультативных, а инвариантных (обязательных) в учебном курсе; увеличение количества часов, включая проведение практических занятий по предмету и мероприятий в форме игры на семинарских занятиях, например, имитирование организации и подготовки выборов. Благодаря указанным мероприятиям, заметно повышается степень электоральной грамотности молодых специалистов;

- периодичное повышение квалификации преподавателями высших и средних учебных заведений;

- общение членов представительных органов со студентами на форумах, ответов на их вопросы в социальных сетях, посредством новейшего средства массовой коммуникации – сети Интернет;

- создание более эффективных и доступных в изложении мультимедийных источников, учебников, брошюр, учебно-методических пособий для студентов федеральными и региональными «органами просвещения», и иными учреждениями, отвечающих за профессиональное образование [9, с. 7].

Эффективной формой привлечения молодых специалистов в странах Скандинавии к участию в управлении государством стала организация «молодежного самоуправления». Молодежное парламентское движение является инструментом развития институтов гражданского общества и может служить в последующем кадровым пополнением общественно-политических организаций и институтов власти. Формирование органов студенческого, ученического самоуправления и помощь в организации их деятельности во всех учебных заведениях и других подростковых объединениях является положительным фактором, развивающим правосознание и правовую культуру.

Работа по повышению правовой культуры молодых специалистов, повышение их интереса к выборам, объяснение необходимости, важности их участия

в общественно-политической жизни является приоритетным направлением в деятельности министерств и ведомств образования и науки, Избирательных комиссий, высших и средних учебных заведениях стран Скандинавии. Конечным результатом вышеперечисленных мероприятий является повышение активности участия молодых специалистов в выборах, повышение их политического правосознания.

Изучив и сопоставив опыт повышения уровня правового сознания посредством образовательных программ в странах Скандинавии, автор пришел к выводу, что введение в программу обучения высших учебных заведений Российской Федерации отдельной дисциплины «Правоведение» положительно повлияло на правосознание молодых специалистов, и, в конечном счете, развило предпосылки для создания подлинно демократического правового государства. Теоретическая и практическая значимость этого курса, подтверждается результатом его апробации: автор, читая курс лекций по правоведению в Российском государственном гидрометеорологическом университете (РГГМУ) выявил, что студенты, имеющие право голосовать, не знают своих политических прав, не представляют механизма выборов и порядок голосования. Уделив должное внимание в рамках темы «Особенности конституционного права России» вопросу электорального права и процесса, было отмечено, что после знакомства с основами избирательной системы студенты будут ходить на выборы. И это главным образом подтверждает, что внедрение дисциплины «Правоведение» достаточно эффективно служит целям борьбы с политическим абсентеизмом среди молодежи, повышению правовой культуры и воспитанию сознательности, самостоятельности в принятии политических решений, стимулированию к определению судьбы своей страны, и, по крайней мере, способствует развитию у молодежи активной жизненной позиции.

Литература

1. Есикова Т.В. Формирование правовых ориентаций личности // Уч. зап. РГГМУ, 2010, № 13, с. 158-164.
2. Избирательное право и избирательный процесс в Российской Федерации / Д.А. Шевчук. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2007. – 384 с.
3. Становление новой российской государственности: реальность и перспективы: Открытый доклад. – М., 2000, с. 12-14.
4. Российский центр обучения избирательным технологиям. Молодежь и выборы – опыт России (проблемы участия, развития правовой культуры, развития гражданского общества) // Вестник ЦИК РФ, 2004, № 13.
5. Julkunen R. Electoral education in the Nordic countries / R. Julkunen. New York: Harper. 2004. 38 p.
6. Grofman B. The comparative study of electoral law in Nordic countries / B. Grofman. New York: Harper. 2010. 228 p.
7. ACE Project [Электронный ресурс] Basic ideas and definitions of voter information, voter education and civic education. URL: <http://aceproject.org/ace-en/topics/ve/vea/onePage> (дата обращения: 15.11.2012).
8. International Statistical Agencies [Электронный ресурс] Education. URL: http://www.stat.nc/til/vkour/index_en.html (дата обращения: 08.11.2012).
9. Education institute Young people and democracy in Nordic countries, Discussion Paper, January 2012.

Хроника

22-23 января 2013 г. на Итоговой сессии ученого совета РГГМУ подведены итоги научной деятельности за 2012 г. Прослушан 101 научный доклад. Отмечен высокий уровень научных исследований, активное участие аспирантов и повышение активности в участии научных конкурсов, объявляемых Минобрнауки России, Международными организациями и Правительством Санкт-Петербурга.

7 февраля 2013 г. состоялась конференция «Эко-Порт: стратегии процветания», посвященная началу работ по российско-финскому проекту «Экологически дружественный порт», координатором которого является Российский государственный гидрометеорологический университет.

Список авторов

Барышников Николай Борисович, д.т.н., проф., зав. каф. гидрометрии РГГМУ (812) 444-82-61
Астахов Сергей Александрович, дипл. каф. метеопрогнозов РГГМУ
Боголюбова Наталья Михайловна, к.и.н., доц. каф. международных гуманитарных связей СПбГУ (812) 444-8492
Боков Виктор Николаевич, к.г.н., доц. каф. метеопрогнозов РГГМУ (812) 444-82-61
Бужин Владимир Александрович, д.т.н., проф., ст. науч. сотр. каф. гидрометрии РГГМУ
Восканян Карина Левановна, асп. каф. ЭФА РГГМУ
Гагулина Наталья Львовна, к.ф.-м.н., зам. нач. УМУ по качеству и нормативному обеспечению РГГМУ
Гайдукова Екатерина Владимировна, к.т.н., зав. лаб. математич. моделирования гидрологических процессов, каф. гидрофизики РГГМУ (812)444-82-61
Гатебе Чарльз, ст. науч. сотр. Годдартовского центра космических полетов НАСА
Горошкова Наталия Ивановна, к.г.н., ст. науч. сотр. ГГИ
Дроздов Владимир Владимирович, к.г.н., доц. каф. экологии РГГМУ (812) 444-41-36
Егоров Александр Дмитриевич, д.ф.-м.н., зав. каф. высшей математики и теоретической механики, ст. науч. сотр. РГГМУ
Жумангалиева Зариян Маратовна, асп. каф. гидрологии суши РГГМУ
Иванов Владимир Алексеевич, зав. лаб. каф. гидрометрии РГГМУ
Канышева Ольга Альбертовна, к.ф.н., доц. каф. СГН РГГМУ
Кириевская Дубрава Владимировна, соиск. каф. промысл. океанологии и охраны природ. вод РГГМУ
Коваленко Виктор Васильевич, д.т.н., проф., зав. каф. гидрофизики и гидропрогнозов РГГМУ
Кононенко Марина Ростиславовна, к.э.н., доц. каф. КУПЗ РГГМУ
Корнилов Василий Валериевич, дипл. каф. гидрометрии РГГМУ
Косенко Ангелина Владимировна, асс. каф. экологии, мл.науч.сотр. Научно-исследовательского сектора РГГМУ
Кузнецов Анатолий Дмитриевич, д.ф.-м.н., проф., зав.каф. ЭФА РГГМУ
Курганский Александр Ростиславович, асп. каф. метеопрогнозов РГГМУ
Мванго Джефва Геня, асп. каф. ЭФА РГГМУ
Мельникова Ирина Николаевна, д.ф.-м.н., проф. каф. ЭФА РГГМУ
Моцаков Максим Анатольевич, зав. лаб. каф. метеопрогнозов РГГМУ
Мякишева Наталия Вячеславовна, д.г.н., проф. каф. гидрологии суши РГГМУ
Небредовская Виктория Валерьевна, преп. каф. соц.-гум. наук РГГМУ
Николаева Юлия Вадимовна, к.и.н., доц. каф. международных гуманитарных связей СПбГУ (812) 444-8492
Новиков Андрей Владимирович, к.э.н., доц. каф. ЭП и УС РГГМУ
Павлов Александр Николаевич, д.г.-м.н, проф. каф. геодезии и гидрогеологии РГГМУ (812) 224-22-65
Петрова Екатерина Евгеньевна, доц., к.э.н., зав. каф. ЭПиУС РГГМУ
Потапова Ирина Александровна, к.ф.-м.н., доц. каф. физики РГГМУ (812)224-06-97
Ржонсницкая Юлия Борисовна, к.ф.-м.н., доц. каф. физики РГГМУ (812)224-06-97
Рудченко Вероника Николаевна, к.э.н., доц. каф. менеджмента Института экономики и управления СПбГУКиТ
Рудченко Никита Николаевич, асп. СПбГУЭиФ
Сабанчиева Динара Хазраталиевна, ст. преп. каф. экономики и менеджмента РГГМУ
Саноцкая Надежда Александровна, к.ф.-м.н., ст. преп. каф. математики
Сероухова Ольга Станиславовна, к.ф.-м.н., доц. каф. ЭФА РГГМУ
Смирнов Николай Павлович, д.г.н., проф., каф. экологии РГГМУ
Смирнова Елена Нефёдовна, науч. сотр. Псковского отделения ГосНИОРХ
Смышляев Сергей Павлович, д.ф.-м.н., проф. каф. метеорологических прогнозов РГГМУ
Солонин Александр Сергеевич, д.ф.-м.н., проф. каф. ЭФА РГГМУ
Субботина Елена Сергеевна, к.г.н., доц. каф. гидрометрии РГГМУ (812)444-82-61
Царев Валерий Анатольевич, д.ф.-м.н., проф., зав. каф. океанологии РГГМУ
Цепелев Валерий Юрьевич, к.г.н., руководитель департамента Росгидромета по СЗФО
Шаратунова Мария Владимировна, асп. каф. океанологии РГГМУ

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: [Иванов, 1995]. Если при цитировании делается ссылка на конкретную цитату, формулу, теорему и т.п., следует указывать номер страницы: [Иванов, 1995, с. 23]. При наличии ссылок на несколько работ одного автора, опубликованных в одном году, рядом с годом издания указывается буква русского алфавита, показывающая порядок данного издания в списке литературы: [Иванов, 1995а, 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
№ 27

НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Редактор: И.Г. Максимова
Компьютерная верстка: Н.И. Афанасьевой
ЛР № 020309 от 30.12.96.

Подписано в печать 11.02.13. Формат 70×100 ¹/₁₆. Гарнитура Times New Roman.
Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 20,15. Тираж 500 экз. Заказ № 160.
РГГМУ, 195196, Санкт-Петербург, Малоохтинский пр., 98.
Отпечатано в ЦОП РГГМУ

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
