

Министерство образования и науки Российской Федерации

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ
РОССИЙСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
№ 13

Научно-теоретический журнал

Издается с октября 2005 года
Выходит 4 раза в год

ISSN 2074-2762



Санкт-Петербург
2010

УДК 3 + 502.52 + 55

ББК 6/8 + 26.221 + 26.222 + 26.23

Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета № 13. Научно-теоретический журнал. – СПб.: изд. РГГМУ, 2010. – 184 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 13. – St. Petersburg: RSHU Publishers, 2010. – 184 pp.

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

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

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

Редакционная коллегия:

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

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

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

ISSN 2074-2762

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

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

Свидетельство ПИ № ФС2-8484 от 7.02.2007 г.

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

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

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

При перепечатке материалов ссылка на журнал обязательна.

Точка зрения редакции может не совпадать с мнением авторов статей.

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

Тел.: (812) 444-81-55

- © Российский государственный гидрометеорологический университет (РГГМУ), 2010
- © Авторы публикаций, 2010

СОДЕРЖАНИЕ

Гидрология

<i>А.М. Владимиров, Чжан Гоюй.</i> Оценка стока воды речных бассейнов с интенсивным развитием хозяйственной деятельности	5
<i>Н.Б. Барышников.</i> Морфометрические характеристики речных русел и пойм	13
<i>В.И. Бабкин, Р.К. Клиге.</i> Приток речных вод в Мировой океан	17
<i>А.Н. Постников.</i> Приближенный метод оценки испарения с озер и водохранилищ	21
<i>В.В. Коваленко, Е.В. Гайдукowa, М.Н. Громова, В.С. Девятow, А. Хамлили.</i> Диагностирование неустойчивости формирования и фрактальной размерности многолетних рядов летне-осенней межени Восточной Сибири методами частично инфинитной гидрологии	30

Метеорология

<i>Х.К. Нгонголо, С.П. Смышляев.</i> Классификация климатологических регионов Восточной Африки на основе данных о режиме осадков	40
<i>Т.Н. Багрова, В.В. Дроздов.</i> Влияние крупномасштабной атмосферной циркуляции на климатические параметры Западного Кавказа (Тебердинский биосферный заповедник)	52
<i>А.А. Власов, В.И. Воробьев.</i> Номограммы для расчета вероятностных оценок возможностей мониторинга земной поверхности спутниковыми оптическими системами в облачной атмосфере	64
<i>Е.К. Ульянец, С.И. Мاستрюков, Н.В. Червякова, А.И. Угрюмов.</i> Оценка сезонных особенностей изменения климата в Северо-Европейском регионе	70
<i>В.Н. Боков, В.Н. Воробьев.</i> Изменчивость атмосферной циркуляции и изменение климата	83

Экология

<i>В.А. Шелутко, Е.С. Смыжова.</i> Динамика стока биогенных веществ по реке великая в Псковско-Чудское озеро	89
<i>С.А. Алиев.</i> Эколого-мелиоративные проблемы орошаемого земледелия	105
<i>Д.М. Мирин.</i> Причины и следствия высокой ветровальности приручевых еловых лесов	111
<i>М.А. Трубина, Л.А. Хассо, Ж.К. Дячко.</i> Методы биоклиматической оценки Северо-Западного региона	121

Социально-гуманитарные науки

<i>Ю.В. Малинина.</i> О структуре морской деятельности Российской Федерации в современных условиях	138
<i>В.Н. Малинин, И.Б. Шумакова.</i> О прогнозе показателей научного потенциала высших учебных заведений Санкт-Петербурга	144
<i>Т.В. Есикова.</i> Формирование правовых ориентаций личности	158
Хроника	165
Список авторов	181
Требования к представлению и оформлению рукописей для авторов журнала	182

CONTENTS

Гидрология

<i>A.M. Vladimirov, Zhang Guoyu.</i> Evaluation on runoff in economically developed regions	5
<i>N.B. Baryshnikov.</i> Morphometric characteristics of river channels and floodplains	13
<i>V.I. Babkin, R.K. Klige.</i> River water inflow to the World ocean	17
<i>A.N. Postnikov.</i> Approximative evaporation estimate method from lakes and reservoirs	21
<i>V.V. Kovalenko, E.V. Gaidukovs, M.N. Gromova, V.S. Devyatov, A. Hamlili.</i> Diagnosing of instability of formation and of fractal dimension of long-term lines of summer-autumn flow of East Siberia by methods of partially infinite hydrology	30

Meteorology

<i>H.K. Ngongolo, S.P. Smyshlyaev.</i> Classification of East Africa climatological regions based on the rainfall data	40
<i>T.N. Bagrova, V.V. Drozdov.</i> Influence of large-scale atmospheric circulation on climatic parameters of the Western Caucasus (Teberdinsky state reserve)	52
<i>A.A. Vlasov, V.I. Vorobzov.</i> Nomographic Charts for Estimation of Earth Surface Monitoring Probability by Optical Satellite Systems	64
<i>E.K. Ulyanets, S.I. Mastriukov, N.V. Chervyakova, A.I. Ugriumov.</i> Estimation of seasonal peculiarities of climate changes in the North-European region	70
<i>V.N. Bokov, V.N. Vorobyev.</i> Variability of atmospheric circulation and variability of a climate	83

Ecology

<i>V.A. Shelutko, E.S. Smyzhova.</i> Dynamics of nutrients flow along the Velikaya River in to the Pskovsko-Chudskoe Lake	89
<i>S.A. Aliyev.</i> Ecological and land-improvement problems in irrigated cultivation	105
<i>D.M. Mirin.</i> Causes and effects of severe blowdown in brookside spruce forests	111
<i>M.A. Trubina, L.A. Hasso, Zh.K. Dyachko.</i> Methods of the bioclimatic estimation of the northwest region	121

Social science and humanities

<i>Yu. Malinina.</i> On the structure of russian marine activity in modern conditions	138
<i>V.N. Malinin, I.B. Shumakova.</i> On the prediction of scientific potential parameters of higher educational establishments in Saint Petersburg	144
<i>T.V. Esikova.</i> Formation of the legal orientations of personality	158

Chronicle	165
----------------------------	-----

ГИДРОЛОГИЯ

А.М. Владимиров, Чжан Гоюй

**ОЦЕНКА СТОКА ВОДЫ РЕЧНЫХ БАССЕЙНОВ
С ИНТЕНСИВНЫМ РАЗВИТИЕМ
ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

A.M. Vladimirov, Zhang Guoyu

**EVALUATION ON RUNOFF IN ECONOMICALLY
DEVELOPED REGIONS**

Предложены уравнения для расчета восстановления естественного стока рек, которые использованы для построения карт осадков стока воды и определения водных ресурсов. Исследования сделаны на примере рек бассейна оз. Наньси (КНР).

Ключевые слова: осадки, слой стока, естественный сток, водные ресурсы.

This paper proposes a formula of restoring computation of natural runoff, and utilizes this formula to calculate and establish the rainfall graph and runoff graph and confirm the water resources quantity. The paper takes the Nansi lakes basin in China as example.

Keywords: rainfall, runoff depth, natural runoff, water resources.

Постоянно увеличивающееся народонаселение ряда регионов Земли, особенно на Азиатской территории (Китай, Индия, Ближний Восток и др.), ведет к росту водопотребления. Увеличивается потребление воды для орошения на засушливых территориях, несмотря на развитие самых современных способов орошения. Растет водопотребление в промышленности, несмотря на увеличение замкнутых систем водоснабжения. Увеличивается население – растет питьевое и хозяйственно-бытовое потребление воды, несмотря на борьбу за экономию воды. Нехватка воды ведет к необходимости строить водохранилища или производить переброску стока из одной реки в другую. Однако при оценке водных ресурсов какой-либо территории необходимо использовать прежде всего данные о естественном стоке рек. Но чем интенсивнее развивается регион, тем труднее производить эту оценку. В общем виде речной сток будет представлен уже в форме суммы двух параметров: естественный сток реки – h_e и сток, приобретенный в результате переброски или заимствованный из водохранилища – $h_{пр}$.

В районах с интенсивным использованием речных вод необходимо проводить исследования руслового водного баланса, чтобы иметь достаточно надежные данные о стоке воды в различные отрезки времени и на разных участках

реки. В зависимости от местоположения створа измерений стока воды уравнение руслового водного баланса будет иметь разнообразное количество составляющих с разным знаком. Поэтому этот баланс обычно составляют для основных рек региона или конкретного речного бассейна. Для оценки общей увлажненности больших регионов с учетом условий формирования местного стока и дополнительного питания рек за счет переброски стока можно исследовать соотношения осадков речного местного стока и количества поступающей воды с внешней территории.

Главной задачей исследований являлось изучение соотношения естественного (природного) и нарушенного годового стока, оценка количества воды, какое можно изъять для хозяйственных нужд и какое необходимо оставить для сохранения экологически нормального состояния водного объекта (экологический сток).

Различные виды сельскохозяйственного и промышленного производства требуют разное количество воды. Поэтому целесообразно провести классификацию водопотребителей в бассейне озера. Основное потребление воды происходит, как и в России, для удовлетворения потребностей ирригации, точнее, для орошения. Вторым большим водопотребителем является промышленность. Третьим следует назвать питьевое и хозяйственно-бытовое водопотребление. Эти виды потребления воды дают сбросы использованной воды. Структура расчетных уравнений для оценки стока меняется не только от вида водопользования, но и от вида объекта, из которого поступает дополнительная вода – из водохранилища или в результате переброски воды из другой реки.

Примером такого региона может служить бассейн оз. Наньси, расположенный на востоке Китая между реками Хуанхэ и Янцзы. На примере этого региона можно исследовать способы оценки элементов водного баланса и определения водных ресурсов рек и озер, испытывающих очень большие нагрузки на водные системы с целью удовлетворения потребностей в воде населения, сельского хозяйства и промышленности.

Бассейн оз. Наньси занимает площадь 31,5 тыс. км² и является экономически развитым районом Китая. Так, валовой внутренний продукт в 2009 г. составил 80 млрд долл. Этот район обеспечивает водой 22 млн человек. В ортографическом отношении территория бассейна делится на две части: большую – равнинную (западная часть) и меньшую – равнинно-возвышенную (восточная часть). Озеро Наньси является самым большим пресным озером на востоке Китая, его площадь – 1270 км². На севере бассейн оз. Наньси граничит с бассейном р. Хуанхэ, на юге заканчивается выходом к каналу, идущему к р. Хуайхэ.

На территории бассейна насчитывается 91 река, 10 рек имеют длину от 50 до 100 км, 3 реки – от 101 до 200 км. В бассейне действуют 50 метеорологических постов, 21 речной гидрологический пост, 6 постов на шлюзах и 4 озерных поста (рис. 1). На востоке от оз. Наньси расположены бассейны рек площадью от 114 до 1542 км², а на западе – бассейны равнинных рек площадями от 445 до 5988 км².

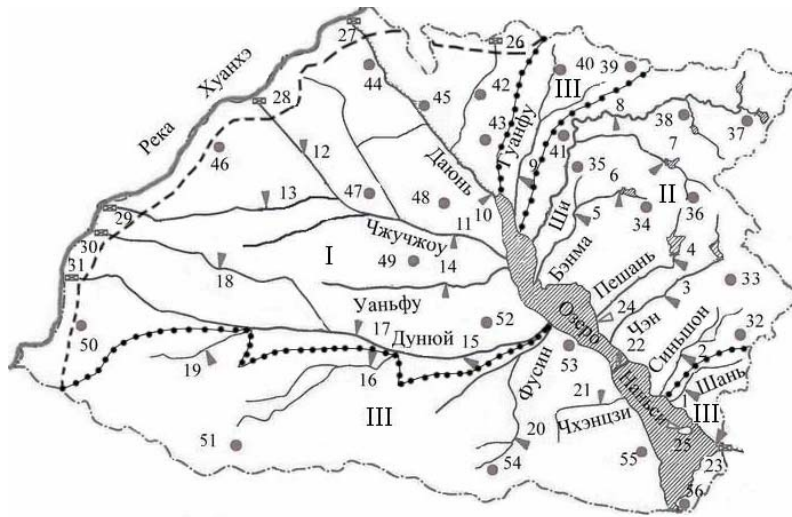


Рис. 1. Схема расположения пунктов бассейна оз. Наньси.

● — метеорологический пункт, ▼ — гидрологический пункт, ▽ — озерный пункт, □ — пункт на шлюзе, ... — границы районов, --- — граница водораздела р. Хуанхэ.

На большинстве рек рассматриваемой территории естественный сток нарушен в результате переброски воды из р. Хуанхэ или устройства водохранилищ, помимо выше указанных причин. Поэтому большое значение имеет надежность гидрометрических данных, получаемых при измерениях и последующих расчетах. Основные трудности при определении надежности данных возникают при определении водопотребления. Большое количество водозаборов и сбросов существенно усложняет оценку общего водозабора или сброса в бассейне конкретной реки.

В общем виде речной сток исследуемой территории можно представить в следующем виде:

$$h_e - h_o - h_n - h_{хб} - h_{ив} + h_v + h_x = h_n, \quad (1)$$

где h_e — естественный сток; h_o — сток, забираемый на орошение; h_n — сток, забираемый промышленностью; $h_{хб}$ — сток, забираемый на хозяйственно-бытовые нужды; $h_{ив}$ — потери воды на испарение из водохранилищ; h_v — возвратные воды; h_x — приток воды из р. Хуанхэ; h_n — наблюдаемый сток в створе измерений.

За рассматриваемый период потери воды на орошение происходили ежегодно. Система орошения практически не менялась. Поэтому значения h_o могут быть приняты как средние за весь период. Учет забора речных вод на промышленное водоснабжение происходит лишь для больших производств. Водозаборы для питьевого и хозяйственно-бытового назначения учитываются также в основном для больших населенных пунктов. Потери на испарение с поверхности водохранилищ могут быть приняты по данным об испарении с оз. Наньси при наблюдениях на постах гидрометслужбы. Данные о количестве возвратных вод

могут быть рассчитаны воднобалансовым методом. Наиболее надежными являются данные о притоке воды из р. Хуанхэ по результатам измерения на шлюзах.

В зависимости от преобладающего использования вод уравнение (1) будет несколько изменяться. Большая часть рассматриваемой территории находится под влиянием вод р. Хуанхэ, поскольку основные реки этого района (рис. 1, район I) в верховьях связаны с ней через каналы и шлюзы. Уравнение руслового водного баланса для основных рек этого района, связанных с р. Хуанхэ, будет:

$$h_e + h_x - \sum h_o - \sum h_n - \sum h_{хб} + h_b = h_n. \quad (2)$$

В уравнении учтены суммарные оттоки воды на орошение, промышленное и хозяйственно-бытовое потребление. Естественный сток в конкретном створе можно определить по уравнению:

$$h_e = h_n + \sum h_{от} - \sum h_b - h_x, \quad (3)$$

где $h_{от}$ – суммарный отток воды из русла.

Для восточной части исследуемой территории (рис. 1, район II), где на реках имеются водохранилища, естественный сток рек можно оценить по уравнению

$$h_e = h_n + \sum h_{от} - \sum h_b + h_{ив}, \quad (4)$$

где $h_{ив}$ – потери воды на испарение из водохранилищ.

При сезонном и более коротком сроке регулирования стока водохранилищами в уравнении появляется еще один параметр ($h_{вд}$), показывающий изменение стока из водохранилища в результате сброса воды или ее задержание в водохранилище

$$h_e = h_n + \sum h_{от} - \sum h_b + h_{ив} \pm h_{вд}. \quad (5)$$

В районе III отсутствуют водохранилища и переброска стока, поэтому уравнение руслового водного баланса несколько упрощается

$$h_e = h_n + \sum h_{от} - \sum h_b. \quad (6)$$

Это же уравнение применяется для аналогичных случаев в предшествующих районах.

Приведенные выше уравнения были использованы для восстановления естественного (природного) стока рек на базе данных Управления водных ресурсов бассейна оз. Наньси.

Непрерывные ряды наблюдений за стоком и осадками насчитывают 40 лет (с 1968 по 2007 г.). Анализ нормированных разностных интегральных кривых слоя осадков (рис. 2, а) показал, что в период с 1968 по 2007 г. наблюдается один цикл водности – с 1975 по 2007 г., состоящий из маловодной и многоводной фаз.

Самым многоводным годом был 1975 г., а самым маловодным – 2002 г. Анализ нормированных разностных интегральных кривых расходов воды для всех постов (рис. 2, б) показал, что в целом характерны синхронные колебания

стока, которые повторяют аналогичные колебания слоя осадков. Поэтому для исследований использованы данные об осадках и стоке за период 1975–2007 гг. В табл. 1 приведены гидрометеорологические данные для речных бассейнов.

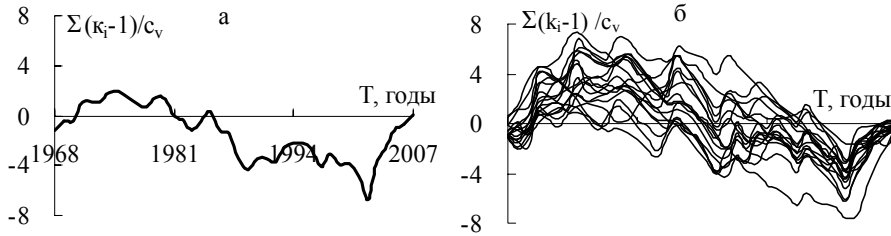


Рис. 2. Нормированные разностные интегральные кривые слоя осадков (а) и наблюдаемых расходов воды для всех постов бассейна оз. Наньси (б) за период 1968–2007 гг.

Таблица 1

Морфометрические и гидрометеорологические данные рек бассейна оз. Наньси за период 1975–2007 гг.

Название реки	Номер поста	Название поста	Площадь F , км ²	Длина главной реки L , км	Средняя высота водосбора H_{cp} , м	Средние годовые осадки P_{cp} , мм	Естественный слой стока h , мм
Шань	1	Хунчэн	260	27	63	764	177
Синьшон	2	Цэхудань	681	38	104	759	223
Чэн	3	Тынся	605	40	111	751	222
Пешань	4	Махэ	213	21	113	728	216
Бэнма	5	Марю	619	40	67	694	92
	6	Хинуань	114	13	85	715	145
Ши	7	Нишань	254	26	109	727	204
	8	Сууань	1542	63	98	711	191
Гуанфу	9	Хуачжуан	1027	68	56	663	72
Даюнь	10	Хонин	3725	89	40	635	62
Чжучжоу	11	Ряшаньца	4236	112	42	620	57
	12	Лунчжуан	520	31	45	589	41
	13	Уырю	796	63	47	601	46
Уаньфу	14	Сичжуан	1199	54	43	657	64
Дунюй	15	Инчэн	5988	151	48	636	59
	16	Хуансин	1021	66	46	649	66
	17	Чжанчжуан	3934	116	51	618	52
	18	Мачжуан	755	55	54	598	47
	19	Линмян	938	47	55	605	52
Фусин	20	Фунся	936	25	42	687	84
Чжэнцзи	21	Пынся	445	27	39	697	96

Анализ табл. 1 показывает, что значения среднегогодового годового слоя стока изменяются на рассматриваемой территории от 41 до 223 мм. При этом слой стока на востоке бассейна в 2–3 раза больше, чем на западе бассейна. Хотя осадки изменяются по территории лишь на 175 мм.

Распределения осадков по территории бассейна оз. Наньси показано на рис. 3, а.

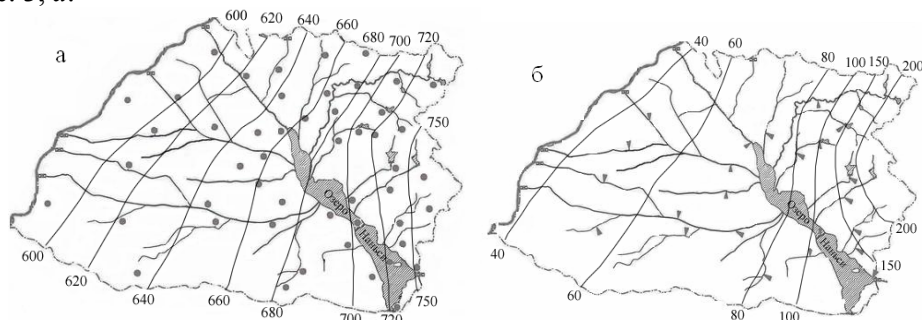


Рис. 3. Схематические карты среднегогодового слоя осадков (а) и слоя стока (б) (мм) для бассейна оз. Наньси за период 1975–2007 гг.

Вычисление средних по водосбору осадков производилось с учетом площадей, тяготеющих к метеостанциям. Исследовано влияние возвышенностей, находящихся в районе II, на выпадение осадков. На рис. 4 показан график связи выпадающих годовых осадков со средней высотой водосбора. Анализ графика показывает, что наибольшее количество осадков выпадает именно в районе II.

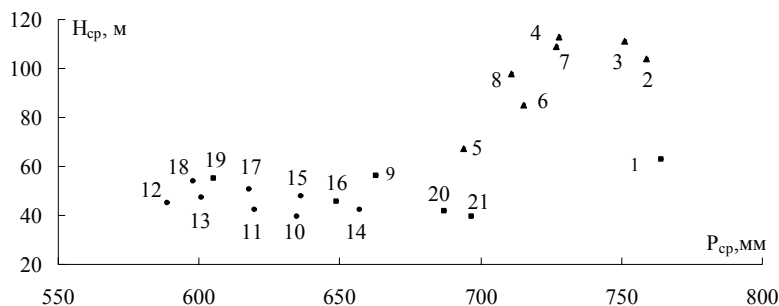


Рис. 4. Связь осадков $P_{ср}$ со средней высотой водосбора $H_{ср}$ в бассейне оз. Наньси

Направление изогьет и их изменение по территории соответствуют общему характеру изменения изогьет, приведенному в Атласе 1974 г. [Атлас..., 1974; Мировой водный..., 1974]. Однако значения изогьет в Атласе колеблются для рассматриваемой территории около 500 мм против среднего значения в данном исследовании в 660 мм.

Исследование изменений речного стока по территории бассейна оз. Наньси показывает, что значения среднегогодового естественного годового стока рек

меняются в соответствии с изменением осадков. Наибольшие значения стока имеются в районе II, достигающие 200 мм, а наименьшие (40 мм) в долине р. Хуанхэ (рис. 3, б). В указанном Атласе [Атлас..., 1974; Мировой водный..., 1974] изолинии стока имеют такое же направление, но их значение меняется от 60 до 20 мм.

Влияние возвышенностей на сток рек проявляется так же существенно, как и на осадки, что показано на рис. 5.

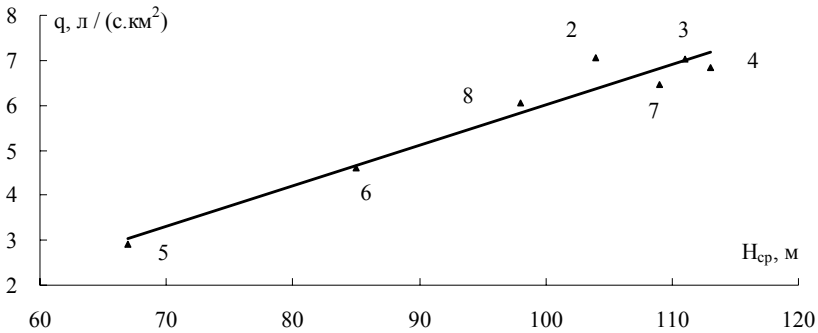


Рис. 5. Связь модуля годового стока q со средней высотой водосбора H_{cp} для района II

Исследование связи годового стока с площадью водосбора показывает наличие достаточно четкой зависимости стока от размеров площади. На рис. 6 представлены графики связи для всех трех районов, выделенных на рис. 1. Связь является весьма тесной с коэффициентами корреляции $r = 0,81 - 0,85$. Поэтому её можно описать уравнением $Q = a F$, определив значения a для района I, равное 0,0019, для района II – 0,0055 и для района III – 0,0023.

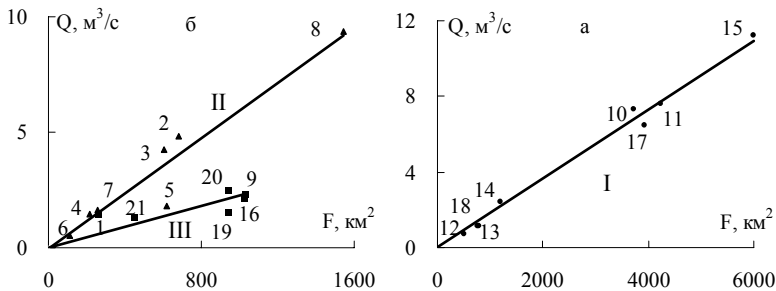


Рис. 6. Связь годового стока с площадью водосбора для района I (а) и районов II, III (б).
2 – номер поста, I – номер района

Тесная связь расходов воды с площадью водосбора позволяет использовать ее для определения стока неизученных рек или их частей. В табл. 2 показаны результаты расчетов при использовании карты изогией и уравнения $Q = a F$ для определения среднего по району стока воды.

Сумма ресурсов среднегодовом поверхностных вод бассейна оз. Наньси за период 1975–2007 гг. составила 2,71 км³, или 130 м³ в год на душу населения.

Таблица 2

Расчетные нормы стока воды бассейна оз. Наньси за период 1975–2007 гг.

Название района	Площадь F , км ²	Осадки P , мм	Расход воды Q , м ³ /с	
			Рис. 3	Рис. 6
Район I	14 500	634	27,3	27,6
Район II	6800	712	36,4	37,4
Район III	8930	663	22,4	20,5
Бассейн оз. Наньси	30 230	660	86,1	85,5

Литература

1. Атлас мирового водного баланса Земли. – Л.: Гидрометеиздат, 1974.
2. *Владимиров А.М.* Гидрологические расчеты. – Л.: Гидрометеиздат, 1990, с. 139-143.
3. Мировой водный баланс и водные ресурсы Земли (Атлас). – Л.: Гидрометеиздат, 1974.

Н.Б. Барышников

МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕЧНЫХ РУСЕЛ И ПОЙМ

N.B. Baryshnikov

MORPHOMETRIC CHARACTERISTICS OF RIVER CHANNELS AND FLOODPLAINS

Рассмотрена возможность использования морфометрических характеристик речных русел и пойм в гидравлических расчётах. Установлено, что для расчётов гидравлических параметров русловых потоков морфометрические характеристики достаточно хорошо отражают основные параметры речных русел. Для пойменной составляющей потока их явно недостаточно.

Ключевые слова: русло, пойма, морфометрические характеристики.

The possibility of using morphometric characteristics of river channels and floodplains in hydraulic calculations is considered. When used for calculations of hydraulic parameters of channel streams, the morphometric characteristics prove to reflect key parameters of river channels fairly well. However, they are not enough for the floodplain component of the stream.

Keywords: channel, floodplain, morphometric characteristics.

Морфометрические характеристики в основном используются в гидравлических расчётах. Если они достаточно хорошо отражают основные параметры русел, то для пойм их явно недостаточно. Более того, эти характеристики, как правило, определяются на основе данных о поперечном сечении гидроствора, априори считая, что они отражают состояние расчётного участка. Многочисленные попытки [Великанов, 1955; Рыбкин, 1947] разработать морфометрические характеристики пойм следует признать не совсем удачными и, к сожалению, ещё не достаточными для использования в гидравлических расчётах.

Одним из первых в России занялся разработкой морфометрических характеристик С.И. Рыбкин [1947 г.], который предложил расчётные зависимости между гидрологическими характеристиками потоков и морфометрическими характеристиками речных русел. Несколько позднее М.А. Великанов [1955 г.] предложил обобщённые зависимости в относительных величинах между гидравлическими и морфометрическими характеристиками.

Действительно, для русловой части потока и русла в целом основными расчётными морфометрическими характеристиками являются площадь поперечного сечения, ширина и средняя глубина, а также смоченный периметр и гидравлический радиус. Последний на больших и средних реках для открытых русел обычно принимают равным средней глубине. Эти же характеристики можно применить в качестве расчётных и для участка русла, на котором расположен гидроствор или гидрологический пост. Однако и здесь остаётся нерешённым вопрос о длине расчётного участка.

Значительно сложнее обстоит дело с морфометрическими характеристиками пойм. Так, аналогичные русловым характеристикам средние значения глубины, ширины и площади поперечного сечения пойм не всегда являются эффективными и лишь частично могут быть использованы для гидравлических расчётов.

Учитывая сложный, гравистый характер строения пойм, в частности меандрирующего типа, их средние глубины и ширины, как правило, изменяются скачкообразно при увеличении уровней воды. По мере увеличения уровня происходит затопление следующего отсека поймы, имеющего большую ширину и малую глубину. Это приводит к перегибу кривых $h = f(H)$ и $B = f(H)$.

При расчётах средних скоростей пойменных потоков возникает несколько трудностей.

Первая связана с дискретным характером изменения глубин и ширин при увеличении уровней. Это приводит к необходимости деления пойм на отдельные отсеки. Такая методика расчётов впервые была предложена ещё в 1946 г. Б.В. Поляковым [5]. В частности, он предложил рассчитывать пропускную способность пойм сложного строения посредством их деления на отсеки, имеющие различные глубины и шероховатости.

Вторая – необходимость разработки интегральных характеристик, учитывающих особенности рельефа, вид и густоту растительности и другие особенности расчётного участка и, в конечном счете, типа пойм. Одной из таких характеристик является, рекомендованный Н.Б. Барышниковым [8], угол α между динамическими осями взаимодействующих русловых и пойменных потоков. К сожалению, для его определения необходимы сложные измерения векторов скоростей на участке поймы, по крайней мере, на двух расположенных вблизи друг от друга гидростворах. Однако и в этом случае остаётся нерешённым вопрос о расстоянии между этими створами. Принятие очень важного допущения о том, что положение динамических осей взаимодействующих потоков аналогично положению геометрических осей русла и поймы на расчётном участке, существенно облегчило определение этого угла. Методика определения углов α была разработана Барышниковым [2, 8] и позднее уточнена Г.В. Железняковым [4].

Однако эта характеристика, хотя и является эффективной, но недостаточной, так как она недоучитывает характер растительности на пойме, строение её рельефа, наличие проток, озёр и других особенностей расчётного участка. Решить, хотя бы частично, эту проблему попытался Ю.Н. Соколов, который предложил для оценки особенностей рельефа поймы и растительности использовать коэффициенты шероховатости, определяемые по разработанной им методике [7]. В качестве показателя расчлененности рельефа поймы им принят параметр σ_n/h_n , где σ_n – среднеквадратическое отклонение отметок рельефа, а h_n – глубина затопления поймы.

Влияние растительности, тормозящей пойменный поток, в методике Соколова учитывается посредством расчета параметра P , вычисляемого с помощью

специальной схемы в зависимости от вида и густоты растительности, а также от глубины затопления поймы. В итоге обобщенный коэффициент шероховатости поймы определяется в виде $n = f(\sigma_n / h_n, P)$.

Нелишнее элементов новизны предложение Соколова в то же время обладает рядом недостатков. Среднеквадратическое отклонение отметок поймы σ_n – недостаточно информативный показатель ее расчлененности; например, при наличии небольших, но многочисленных впадин и выступов рельефа значение σ_n может оказаться таким же, как в случае с одиночной старицей, хотя сопротивления движению потока будут сильно различаться.

Не вполне корректна и схема оценки параметра зарастания P . Трудно объяснить обоснованность игнорирования Соколовым эффекта взаимодействия руслового и пойменного потоков, вносящего заметный вклад в формирование скоростного поля.

Позднее В.И. Антроповский [1] предложил определять морфометрические характеристики для различных типов пойм. К сожалению, в период перестройки резко сократилось количество исследований, в том числе по данной проблеме. Поэтому необходимы дополнительные исследования, в частности по разработке интегральных характеристик пойм, учитывающие их типы и особенности рельефа и растительности.

Заключение

Проведенный анализ состояния рассматриваемой проблемы позволяет сделать следующие выводы:

- морфометрические характеристики речных русел и пойм являются одними из основных составляющих в расчётах гидравлических характеристик русловых и пойменных потоков;
- морфометрические характеристики речных русел вполне обеспечивают методики расчётов гидравлических параметров русловых потоков;
- морфометрические характеристики пойм недостаточно отражают особенности их строения и особенно расчётного участка;
- угол α между динамическими осями руслового и пойменного потоков, приравненный углу между геометрическими осями русла и поймы, является интегральной характеристикой, учитывающей особенности строения расчётного участка. Его использование позволило разработать методику расчётов пропускной способности пойменных русел;
- необходима разработка дополнительных интегральных характеристик, учитывающих особенности рельефа, растительности и других параметров пойм.

Литература

1. Антроповский В.И. Гидролого-морфологические закономерности и фоновые прогнозы перестроения русел рек – СПб.: Кристалл плюс, 2006. – 216 с.
2. Барышников Н.Б. Динамика русловых потоков. – СПб.: изд. РГТМУ, 2007. – 314 с.

3. Великанов М.А. Динамика русловых потоков. – М.: Техиздат, т. 2, 1955. – 323 с.
4. Железняков Г.В. Пропускная способность русел каналов и рек. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 310 с.
5. Поляков Б.В. Гидрологический анализ и расчёты. – Л.: Гидрометеиздат, 1946. – 480 с.
6. Рыбкин С.И. Морфометрическая классификация рек // Метеорология и гидрология, 1947, с. 38-47.
7. Соколов Ю.Н. Морфологические показатели растительности в связи с исследованием гидравлического сопротивления поймы. – Минск: Вопросы водного хозяйства, 1976, вып. 2, с. 97-104.
8. Baryshnikov N.B., Ivanov G.V. Role of floodplain in flood discharge a river channel – Proceed XIV Congress IAHR, Paris, 1971. P. 141-144.
9. Барышников Н.Б. Гидравлические сопротивления речных русел. – СПб.: изд. РГГМУ, 2003. – 147 с.
10. Барышников Н.Б. Морфология, гидрология и гидравлика пойм. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 280 с.
11. Барышников Н.Б., Пагин А.О., Польцина Е.В., Селина Т.С. Учёт кинематического эффекта в методах расчёта пропускной способности пойменных русел // Метеорология и гидрология, 2008, № 10, с. 80-85.
12. Гончаров В.Н. Динамика русловых потоков. – Л.: Гидрометеиздат, 1962. – 374 с.
13. Железняков Г.В. Пропускная способность русел каналов и рек. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 311 с.
14. Карасёв И.Ф. Речная гидрометрия и учёт водных ресурсов. – Л.: Гидрометеиздат, 1980. – 310 с.
15. Поляков Б.В. Гидрологический анализ и расчёты. – Л.: Гидрометеиздат, 1946. – 480 с.
16. Наставление по изысканию и проектированию железнодорожных и автодорожных мостовых переходов через водотоки [НИМП-72]. – М.: Транспорт, 1972. – 280 с.

В.И. Бабкин, Р.К. Клизе

ПРИТОК РЕЧНЫХ ВОД В МИРОВОЙ ОКЕАН

V.I. Babkin, R.K. Klige

RIVER WATER INFLOW TO THE WORLD OCEAN

Приведены данные о притоке речных вод в Мировой океан за периоды 1921–1985 гг. и 1980–2005 гг. Показана роль суммарного речного стока в формировании глобального водообмена. Получено, что приток речных вод в Мировой океан отличается большой стабильностью, его многолетняя изменчивость мала, коэффициент вариации равен 0,028.

Ключевые слова: приток речных вод, Мировой океан, широта, область внешнего стока, сток рек.

River water inflow to the World Ocean data are given for 1921–1985 and 1980–2005 periods. The role of total river flow in global water exchange is presented. It is resulted that river water inflow is characterized by great stability. Its year-by-year variation is very little – 0,028.

Key words: river water inflow to the World Ocean, latitude, endorheic region, river flow.

Суша земного шара по условиям стока с нее подразделяется на две части: область внешнего стока и область внутреннего стока (рис. 1). К области внешнего стока относится 80 %, а к области внутреннего стока – 20 % территории суши [Мировой водный баланс, 1974]. Область внешнего стока – территория континентов и островов, с которой осуществляется сток вод в Мировой океан. С «бессточных» территорий (областей внутреннего стока) приток вод в Мировой океан отсутствует.

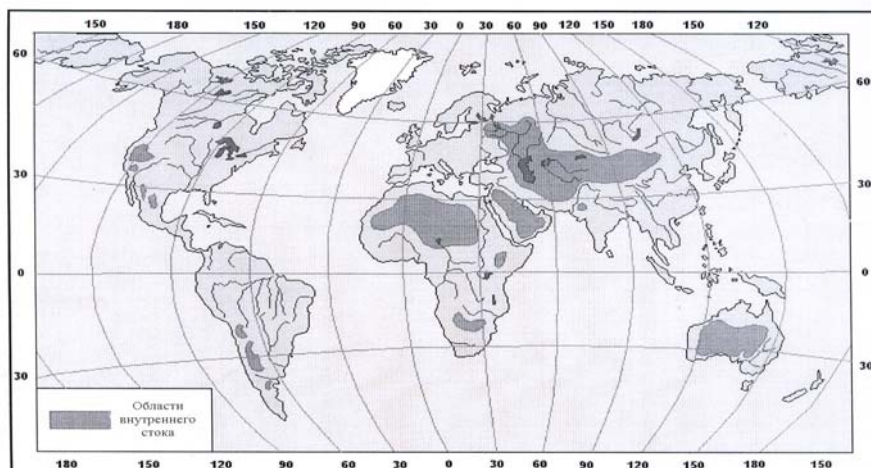


Рис. 1. Распределение областей внешнего и внутреннего стока

Возникновение «бессточных» областей на суше произошло вследствие особенностей атмосферной циркуляции, определяющей распространение на нашей планете атмосферных осадков и испарения, а также вследствие особенностей рельефа местности и геологического строения территории. По существу, все области внутреннего стока находятся в аридных и полупустынных, засушливых пустынных, полупустынных и сухостепных районах с небольшим количеством осадков. Они характеризуются повышенной способностью к испарению вследствие метеорологических величин, определяющих этот процесс (высокие значения суммарной солнечной радиации, дефицита влажности воздуха и др.).

Согласно оценкам ученых ГУ «ГГИ» [Бабкин, 2008], на земном шаре (без учета Антарктиды) формируется примерно $42\,780\text{ км}^3/\text{год}$ речных вод. Однако не весь объем указанных вод поступает в Мировой океан. Примерно $900\text{--}1000\text{ км}^3/\text{год}$ вод местного формирования составляют водные ресурсы «бессточных» областей, не имеющих стока в Мировой океан. Около $1100\text{ км}^3/\text{год}$ воды испаряется с речных русел и не достигает Мирового океана в областях внешнего стока. Примерно $1100\text{--}1200\text{ км}^3/\text{год}$ теряется безвозвратно в процессах хозяйственной деятельности.

Согласно работе [Бабкин, 2008], за период 1921–1985 гг. в Мировой океан поступало в среднем $39\,530\text{ км}^3/\text{год}$ (без учета вод Антарктиды) пресных вод с суши. Примерно $2200\text{--}2400\text{ км}^3/\text{год}$ подземных вод, не дренируемых реками, поступало непосредственно в Мировой океан. Наибольший объем речных вод – $6920\text{ км}^3/\text{год}$ (17,5 %) – притекал с бассейна Амазонки. Суммарный сток в Мировой океан пяти наиболее полноводных рек мира (реки Амазонка, Ганг, Конго, Ориноко, Янцзы) составил $11\,622\text{ км}^3/\text{год}$, то есть 29,4 % от общего объема притока в него речных вод с суши.

Объемы притока речных вод в отдельные океаны нашей планеты оказывают существенное влияние на водный баланс Мирового океана и водообмен, происходящий между его частями. Сток рек, поступающий в океан, способствует возникновению в прибрежных районах течений, параметры которых изменяются в зависимости от сезонных и годовых значений объема притока вод с суши.

Пресные воды, поступающие в Мировой океан, объем которых по сравнению с запасами соленых вод в нем невелик, значительно отличаются от океанических (морских) вод по своим физико-химическим свойствам. Они влияют на общую схему движения океанических водных масс. По существу, даже сравнительно небольшой объем пресных вод способствует образованию в поверхностном слое океанов более легких распресненных вод. Указанные воды, распространяясь по поверхности океана, вовлекают в движение огромные массы морской воды.

Речные воды, притекающие в Мировой океан, характеризуются температурой, отличной от температуры соленых вод. Это обстоятельство при определенных условиях способствует их влиянию на местоположение антициклонов и

циклонов. Например, местоположение арктического антициклона, выступающего в виде регулятора путей движения атлантических циклонов [Бабкин, 1999; Дмитриев, 1994; Захаров, 1995], существенно зависит от объема притока и температуры поступающих в Северный Ледовитый океан речных вод.

Разные количества объемов вод поступают в Мировой океан с поверхности суши по широтным зонам. На рис. 2 показано, что наибольшие объемы вод с суши поступают в Мировой океан в пределах $0-10^{\circ}$ ю. ш. – $12\,000\text{ км}^3/\text{год}$ – и $0-10^{\circ}$ с. ш. – $4\,500\text{ км}^3/\text{год}$. Суммарный объем притока вод с суши в пределах указанных широт, по существу, равен 40 % от общего стока речных вод в Мировой океан.

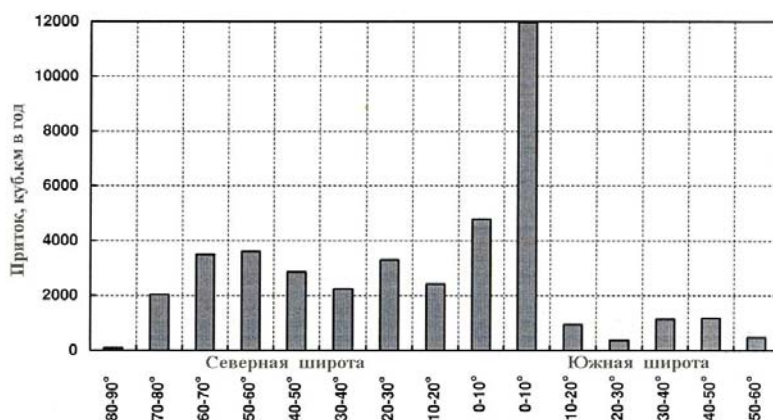


Рис. 2. Распределение притока речных вод ($\text{км}^3/\text{год}$) к Мировому океану по 10-градусным широтным зонам за период 1980–2005 гг.

На рис. 3 приведены обобщенные данные о притоке речных вод в Мировой океан. Из рис. 3 видно, что половину притока речных вод принимает Атлантический океан – 50 %, около 27 % – Тихий океан. В Северный Ледовитый и Индийский океаны поступают соответственно 11 и 12 % объема суммарного речного стока.

Наибольшие объемы притока вод в Мировой океан поступают с территории двух континентов: с Азии $11\,860\text{ км}^3/\text{год}$ и Южной Америки $11\,750\text{ км}^3/\text{год}$, а наименьшие – с территории Австралии и Океании $2\,300\text{ км}^3/\text{год}$, а также Европы – $2\,500\text{ км}^3/\text{год}$.

Суммарный сток рек в Мировой океан довольно стабилен во времени. На это обстоятельство указывают данные по притоку вод за период с 1921 по 1985 г., опубликованные в [Бабкин, 2008], а также предварительные оценки, приведенные на рис. 4 за период с 1980 по 2005 г. Отличие указанных данных составляет всего 1 %, что находится в пределах точности определения притока вод. Изменчивость притока вод в Мировой океан мала, коэффициент вариации не превышает 0,028.

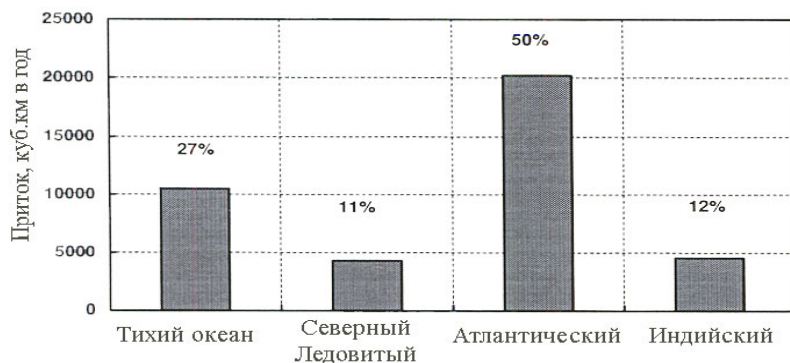


Рис. 3. Распределение притока речных вод ($\text{км}^3/\text{год}$) к отдельным океанам за период 1980–2005 гг.

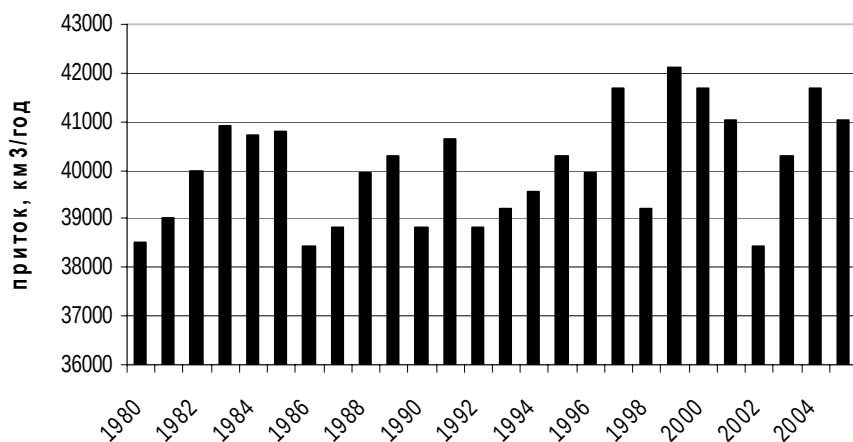


Рис. 4. Межгодовой ход притока речных вод ($\text{км}^3/\text{год}$) к Мировому океану за период 1980–2005 гг.

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ 09-05-00389, 07-05-00465, 07-05-00939.

Литература

1. Бабкин В.И. Водные ресурсы и приток речных вод в океаны. – В кн.: Водные ресурсы России и их использование. – СПб.: Наука, 2008, с. 522–525.
2. Бабкин В.И., Постников А.Н. Циклонические осадки и сток рек Невы, Северной Двины и Печоры. – СПб.: изд. РГМУ, 1999, вып. 123, с. 153–161.
3. Бабкин В.И., Клиге Р.А. Механизм увлажнения и сток рек Русской равнины // Водные ресурсы, 2005, т. 32. № 1, с. 108–114.
4. Дмитриев А.А. Изменчивость атмосферных процессов Арктики и ее учет в долгосрочных прогнозах. – СПб.: Гидрометеиздат, 1994. – 207 с.
5. Захаров В.Ф. Морские льды в климатической системе // Проблемы Арктики и Антарктики, 1995, вып. 69, с. 15–26.
6. Мировой водный баланс и водные ресурсы Земли / Под ред. В.И. Корзун, А.А. Соколова. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 638 с.

А.Н. Постников

ПРИБЛИЖЕННЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ ИСПАРЕНИЯ С ОЗЕР И ВОДОХРАНИЛИЩ

A.N. Postnikov

APPROXIMATIVE EVAPORATION ESTIMATE METHOD FROM LAKES AND RESERVOIRS

Предлагается приближенный метод оценки испарения с поверхности озер и водохранилищ, основанный на тесной связи между испарением и температурной характеристикой безледоставного периода.

Ключевые слова: испарение, озера и водохранилища, температура.

Approximate method of estimate of evaporation from the surface of lakes and reservoirs based on close connection between evaporation and temperature characteristic within period without ice is offered.

Key words: evaporation, lakes and reservoirs, temperature.

К настоящему времени известно несколько методов расчета испарения с водной поверхности. Это методы теплового баланса, турбулентной диффузии, водного баланса и гидрометеорологический, заключающийся в использовании эмпирических (полуэмпирических) формул. Первые три метода требуют большого количества информации о различных гидрометеорологических величинах и, ввиду недостатка таковой, редко используются на практике. Метод водного баланса применим для расчета испарения при условии, что остальные составляющие баланса определены с достаточной точностью. Такие условия оказываются выполнимыми, как правило, только при расчетах годового или средне-многолетнего испарения для бессточных озер, где испарение сопоставимо по величине с приходной частью баланса. Поэтому на практике эмпирические формулы остаются единственным средством для расчета испарения с поверхности озер и водохранилищ. Количество их весьма велико. Так, в «Гидрологическом словаре» [Чеботарев, 1978] уже находим двенадцать подобных формул. Большинство из них базируется на законе Дальтона, согласно которому испарение пропорционально величине $(e_n - e_2)$:

$$E = \alpha (e_n - e_2), \quad (1)$$

где E – испарение; e_n – парциальное давление насыщенного водяного пара при температуре поверхности воды; e_2 – парциальное давление водяного пара в воздухе на уровне 2 м от поверхности воды; α – коэффициент пропорциональности, или, точнее, коэффициент обмена.

Формулы различных авторов различаются способом представления коэффициента α . Имеются также формулы, в которых величина $(e_n - e_2)$ заменена на дефицит влажности воздуха на уровне 2 м, т.е. на величину $(e_0 - e_2)$, где e_0 – парциальное давление насыщенного водяного пара при температуре воздуха на

уровне 2 м от поверхности на метеостанции, где проводятся наблюдения. Отметим, что в ряде работ, например [Постников, 2009], дефицит влажности воздуха используется в качестве определяющего фактора также в методиках расчета испарения с поверхности почвы.

При использовании эмпирических формул необходимо иметь данные о температуре поверхности воды на всей акватории водоема, а также о температуре и влажности воздуха и скорости ветра над всей акваторией. Перечисленные данные могут быть получены только расчетным путем, так как метеорологические наблюдения над поверхностью водоемов не проводятся. Этот расчет связан с определенными погрешностями, что снижает точность оценок испарения. Многое, по-видимому, здесь зависит и от квалификации лиц, выполняющих расчеты, что также может приводить к заметно различающимся оценкам испарения с одного и того же объекта. Так, например, согласно работе [Викулина, 1979], средние многолетние значения испарения с поверхности Цимлянского водохранилища составляют 1020 мм, а Кайраккумского – 1300 мм, а по работе [Многолетние данные..., 1985] эти величины составляют соответственно 860 и 816 мм.

В настоящей работе предлагается метод приближенной оценки испарения с поверхности водных объектов, что называется «на скорую руку», когда требуется получить примерное представление о величине испарения с того или иного водоема, не располагая при этом подробной информацией об исходных данных, которые требуются для применения той или иной формулы. Перейдем к обоснованию метода.

Уравнение теплового баланса водоема за некоторый промежуток времени может быть записано в виде:

$$R = LE + P + \Delta W, \quad (2)$$

где R – радиационный баланс водной поверхности; LE – затраты тепла на испарение (E – испарение, L – удельная теплота испарения); P – турбулентный поток тепла между водной поверхностью и атмосферным воздухом; ΔW – изменение запасов тепловой энергии в водоеме.

Если уравнение (2) записано для всего безледоставного периода (БП) водоема, то с хорошим приближением можно считать [Викулина, 1979], что $\Delta W \approx 0$, т.е. тепловые запасы водных масс водоемов примерно одинаковы на начало и конец БП. Поэтому уравнение для всего БП упрощается:

$$R = LE + P. \quad (3)$$

Турбулентный поток тепла в первую половину БП, как правило, имеет отрицательный знак (направлен из атмосферы к водной поверхности), а во вторую – положительный (направлен от водной поверхности в атмосферу). Поэтому суммарный турбулентный поток тепла за весь БП невелик и заметно меньше затрат тепла на испарение. Таким образом, основная (подавляющая) часть радиационного баланса расходуется на испарение. Поэтому если бы имелась методика

расчета радиационного баланса водной поверхности, то по известным значениям R можно было бы попытаться, хотя бы приближенно, оценить испарение с водоема за весь БП. К сожалению, в настоящее время не существует методики, позволяющей определять радиационный баланс водной поверхности по данным стандартных метеорологических наблюдений, и на сети Гидрометслужбы не проводятся регулярные наблюдения за его составляющими над акваториями водоемов. Величина R небольших водоемов оценивается, как правило, путем пересчета составляющих радиационного баланса суши, определяемых по данным наблюдений расположенных вблизи водоемов актинометрических станций [Кириллова, 1970], количество которых невелико, и поэтому такая методика может быть использована только в ограниченных пределах.

В целях преодоления возникших затруднений автор решил обратиться к работе [Постников, 2004], в которой для среднемноголетних условий было установлено существование тесной зависимости радиационного баланса увлажненной поверхности суши (R_y) от температурной характеристики теплого периода года (t) для территорий, высота которых не превышает 1500 м над уровнем моря:

$$R_y = 4,19 \cdot 10^4 (90 - 52e^{0,11(6-t)}) \text{ кДж/м}^2\text{год}, \quad (4)$$

где $t = \frac{\sum t_i}{12}$; $\sum t_i$ – сумма средних многолетних значений (норм) температуры воз-

духа за месяцы теплого периода года в пункте применения формулы (4). К теплomu периоду здесь относятся месяцы с нормой температуры выше 0 °С. Далее величину t , для краткости, будем называть просто температурой. Была предложена также формула для расчета норм испаряемости (E_0), т. е. максимально возможного испарения с предельно увлажненной поверхности при данных метеорологических условиях

$$E_0 = 16,7(0,8 + 0,011t)(90 - 52e^{0,11(6-t)}) \text{ мм/год}. \quad (5)$$

Согласно (5), затраты тепла на испаряемость составляют от R_y долю, равную величине, стоящей в первых скобках $(0,8 + 0,011t)$. Коэффициент корреляции между R_y и t составляет 0,977. Применение формул (4) и (5) позволяет с вполне допустимыми погрешностями рассчитывать нормы испарения с поверхности суши по нормам t и атмосферных осадков для территорий с высотой не более 1500 м над уровнем моря [Постников, 2004].

Итак, формулы (3) и (5) относятся к предельно увлажненной поверхности, к которой, безусловно, принадлежит и водная поверхность. Поэтому если между нормами R_y и t существует тесная связь, то она должна существовать и между нормами R и t ввиду сказанного выше о малости величины P , а значит, может существовать и тесная связь между нормами испарения с водной поверхности за БП и температурой. Для проверки правильности этого предположения были собраны данные по рассчитанным величинам испарения с поверхности

озер и водохранилищ, расположенных на территориях России и некоторых сопредельных с ней государств, входивших в свое время в состав Советского Союза (табл. 1). Информация по испарению была заимствована из источников, указанных в примечаниях к табл. 1. В отдельных случаях значения испарения по одному и тому же объекту, приведенные в различных источниках, заметно разнятся. Поэтому требовалось решить, какие величины испарения по тому или иному объекту принять за действительные. При анализе либо бралось среднее значение по разным источникам, либо оставлялись те значения, которые автору представлялись более реальными. Принятые значения испарения (E_n) приводятся также в табл. 1. Надо отметить, что для озер приводятся годовые значения, а для водохранилищ – значения испарения за безледоставный период года. В табл. 1 указаны также метеостанции, по данным наблюдений которых определялись значения t .

На рис. 1 представлен график связи между принятыми значениями испарения и испаряемости, рассчитанной по формуле (5). Мы видим, что связь между этими переменными очень тесная, и так как испаряемость в данном случае зависит только от температуры, то должна существовать и не менее тесная связь между испарением с водной поверхности и температурой.

Действительно, график связи между нормами испарения и температурой подтверждает это предположение (рис. 2).

На рис. 1 и 2 точки, за исключением двух, тесно группируются около некоторых прямых. Две заметно отклоняющиеся точки характеризуют испарение с озер Балхаш и Алаколь. Возможно, что эти отклонения объясняются тем, что преобладание светлых песчаных поверхностей на территориях, окружающих озера, обуславливает высокое альбедо, заметно большее, чем альбедо водной поверхности, и, как следствие, сравнительно низкие температуры воздуха в теплый период года. Кроме того, автор позволит себе высказать осторожное предположение, что принятые значения испарения по этим озерам являются несколько завышенными, особенно по оз. Алаколь. Далее обе эти точки были исключены из рассмотрения и по оставшейся выборке было получено уравнение связи:

$$E = 83t \text{ мм} \quad (6)$$

с коэффициентом корреляции между E и t , равным 0,975. Средняя квадратичная погрешность расчета по зависимым данным составляет 39 мм, а средняя относительная погрешность – 6 %. Уравнение связывает нормы E и t , однако, по-видимому, оно может применяться не только для оценок норм испарения за БП, но и для оценок испарения за такие же периоды конкретных лет, так как на начало и конец конкретного БП запасы тепла водоема примерно одинаковы, уравнение теплового баланса водоема – трехчленное и затраты тепла на испарения составляют основную долю радиационного баланса.

Таблица 1

Среднее многолетнее испарение с водных объектов, мм

Водохранилище, озеро, море	$t, ^\circ\text{C}$	Метеостанция	E_1	E_2	E_3	E_n	E	δE	$S, \%$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Юшкзерское	4,5	Ухта, Юшкозеро			382	382	374	-8	2
Выгозерско-Ондское	4,9	Сегежа			467	467	407	60	13
Иваньковское	6,2	Тверь, Клин	522		513	518	515	3	1
Угличское	6,3	Углич, Рыбинск	576		554	565	523	-42	7
Рыбинское	6,1	Рыбинск, Брейгово, Устюжна, Череповец	519	418		519	506	-13	2
Горьковское	6,5	Городец, Юрьевец, Кострома	611	597	596	601	540	-61	10
Куйбышевское	7,4	Ульяновск, Самара, Казань, Чебоксары	646	580	616	614	614	0	0
Саратовское	8,3	Саратов, Сызрань, Хвалынский	668	650	656	658	689	31	5
Волгоградское	9,2	Саратов, Волгоград	732	743	753	743	764	21	3
Цимлянское	9,6	Калач-на-Дону, Цимлянск	1020		860	860	797	-63	7
Камское	5,9	Пермь, Соликамск	466	490		478	490	12	2
Воткинское	6,3	Воткинск, Оханск	481	430		481	523	42	9
Павловское	6,2	Караидель	504			504	515	11	2
Новосибирское	6,2	Новосибирск, Камень-на-Оби	656	336	534	508	515	7	1
Красноярское	6,2	Красноярск, Абакан	515	730		515	515	0	0
Братское	5,0	Братск, Распутино	384	391	411	395	415	20	5
Вилуйское	4,4	Нюрба, Слюдянка	388	370		379	365	-14	4
Киевское	8,3	Киев, Чернобыль	696	675	644	672	689	17	3
Кременчугское	9,0	Кременчуг, Черкассы, Чигирин	787	670	671	709	747	38	6
Днепродзержинское	9,4	Днепропетровск, Светловодск	730		656	730	780	50	7
Днепровское	9,6	Днепропетровск, Днепродзержинск	813		712	762	797	35	5

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Каховское	10,2	Каховка, Запорожье	824	810	796	810	847	37	5
Дубоссарское	9,7	Сороки, Тирасполь	817		689	753	805	52	7
Бухтарминское	7,8	Самарка, Бухтарма	700	730		715	647	-68	10
Ладожское	5,6	Петрокрепость, Видлища, Приозерск, Соргавала	344	378		378	465	87	23
Онежское	5,1	Вознесенье, Петрозаводск, Василисин, Повенец	335	392		392	423	31	8
Чудско-Псковское	6,5	Псков, Гдов	560	520		540	540	0	0
Ильмень	6,3	Новгород, Коростынь	420	590		505	523	18	4
Лача	5,3	Каргополь	401			401	440	39	10
Воже	5,5	Чарозеро	480			480	456	-24	5
Таймыр	1,8	Таймырское озеро		197		197	149	-48	24
Байкал	4,6	Слюдянка, Нижнеангарск, Сарма, Усть-Баргузин	372	422		397	382	-15	4
Чаны	6,3	Квашино, Купино	491			491	523	33	7
Телецкое	6,5		360		468	468	540	72	15
Ханка	7,7	Турий Рог, Сангахеза	584	624		624	639	15	2
Нарочь	7,2	Вилейка		544		544	598	54	10
Каспийское	12,5	Астрахань, Гурьев, Форт Шевченко, Красноводск, Гасан-Кули, Махачкала, Баку, Астара	1020			1020	1038	18	2
Аральское	10,7	Муинак, Казалинск, Аральское море	960			960	888	-72	8
Балхаш	9,7	Балхаш, Чиганак, Алгазы	1020			1020			
Алаколь	9,5	Джунгария	1194			1194			

Примечания: E_1 , E_2 , E_3 – испарение, значения которого заимствованы соответственно в источниках [Викulina, 1979], [Рекомендации..., 1989], [Многолетние данные..., 1985]; E_n – принятые значения испарения; E – испарение, рассчитанное по формуле (6); δE – абсолютная погрешность оценки испарения, равная $|E - E_n|$; S – относительная погрешность оценки испарения, равная $100|\delta E|/E_n$.

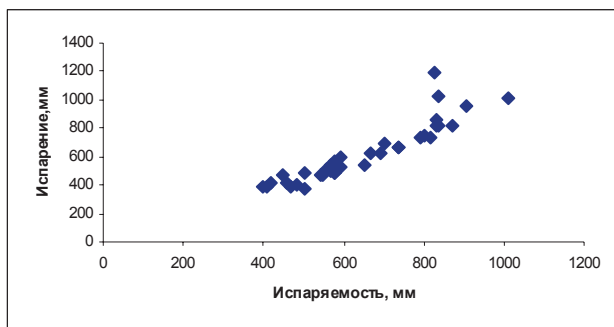


Рис. 1. Корреляция между испарением (E_n) и испаряемостью, рассчитанной по формуле (5)

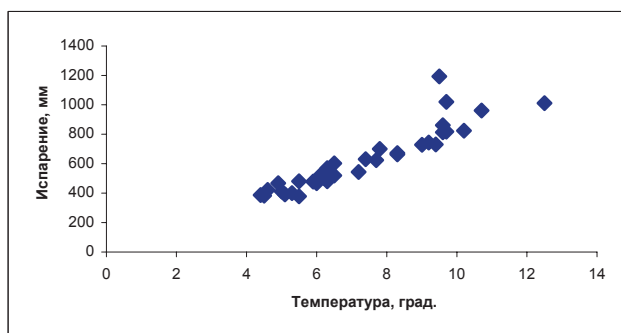


Рис. 2. Корреляция между испарением (E_n) и температурой

Расчеты показали, что нормы испарения с водной поверхности в среднем составляют 92 % от испаряемости, а затраты тепла на испарение – 81 % от радиационного баланса увлажненной поверхности.

Может возникнуть замечание, что в работе обобщены данные по испарению с водоемов без учета их глубины. Попробуем на это ответить. Роль глубины, безусловно, должна проявляться при формировании испарения за отдельные интервалы теплого периода, например, декады или месяцы. Действительно, по причине различного прогрева воды испарение с мелководного водоема в мае будет больше, а в сентябре, наоборот, меньше, чем с глубоководного. Однако у нас рассматривается только испарение в целом за БП, за который водоем получает и расходует одинаковое количество тепловой энергии, индикатором которой служит температура. Роль глубины наиболее значительно проявляется в участии при распределении во времени испарения внутри БП и становится мало заметной при сравнении испарения с водоемов с различной глубиной за весь БП. В пользу последнего утверждения приведем следующие аргументы. Уравнение (6) показывает, что учет только одной температуры уже позволяет оценивать испарение с достаточно высокой точностью, но количество предикторов можно увеличить, включив в их число, например, ту или иную характе-

ристику влажности воздуха. При этом, разумеется, погрешность расчета испарения по новому уравнению станет меньше, чем по уравнению (6), а сводный коэффициент корреляции, и без того значительный, станет еще больше. Может ли учет глубины в такой ситуации помочь заметно снизить погрешность расчета испарения? Ответ должен быть отрицательным.

Итак, предлагается расчет испарения в целом за БП конкретных лет производить по формуле (6). При необходимости получения оценок испарения за отдельные месяцы можно воспользоваться так называемым методом процентных отношений, по которому, например, определяются нормы месячного испарения с поверхности суши. Для его применения в нашем случае необходимо знать испарение за весь БП (E) и испарение в процентах от E за отдельные месяцы этого периода ($E\%$). Величина E здесь определяется по формуле (6).

Таблица 2

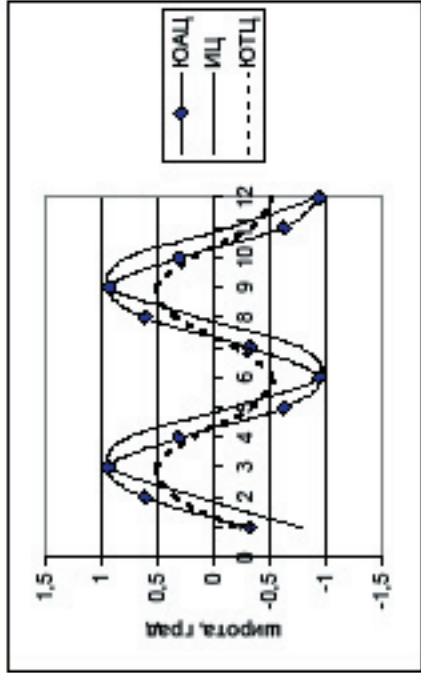
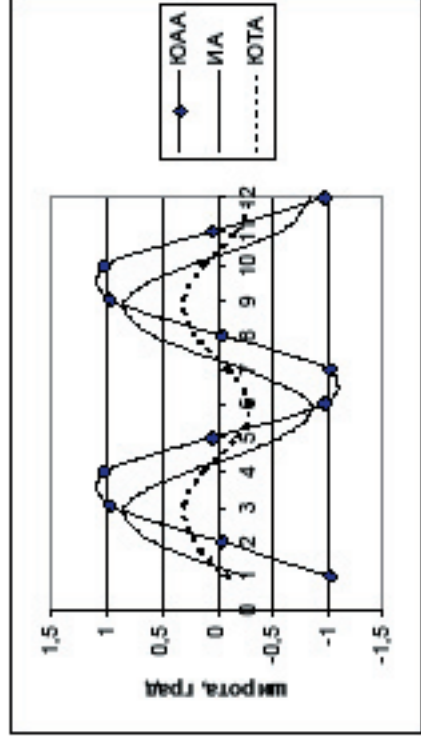
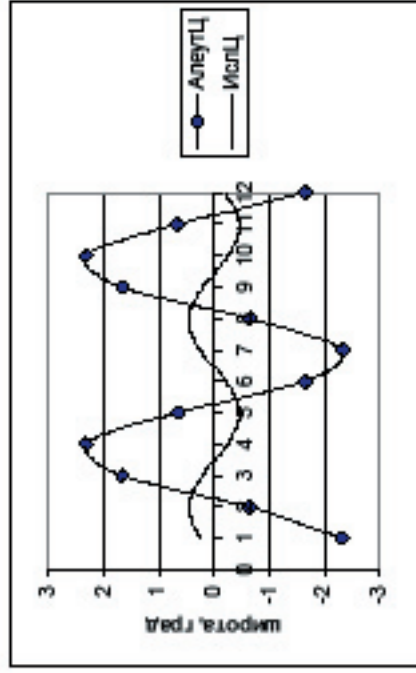
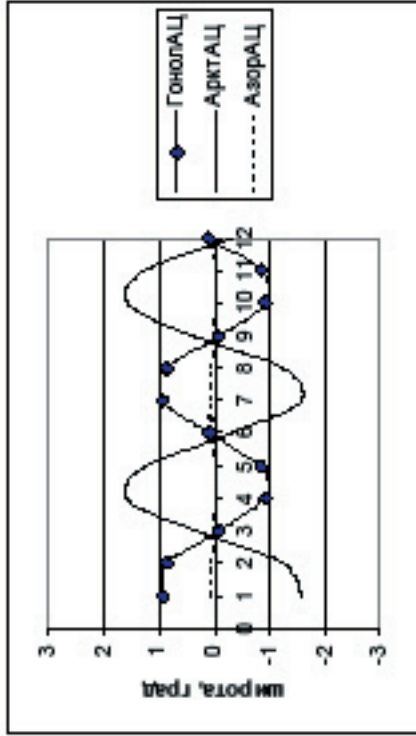
**Испарение с поверхности водохранилищ по месяцам
(в % от суммы за безледоставный период)**

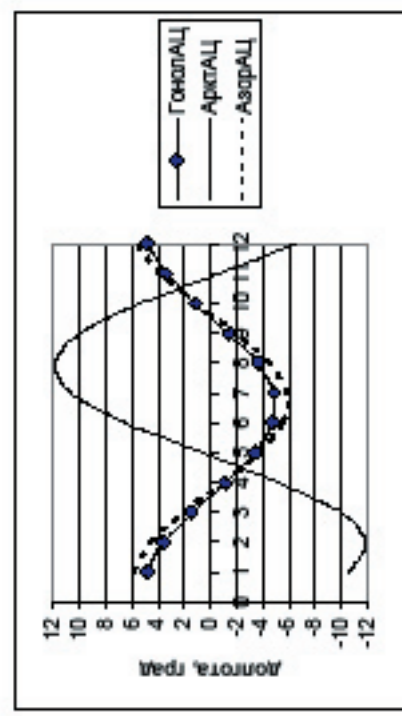
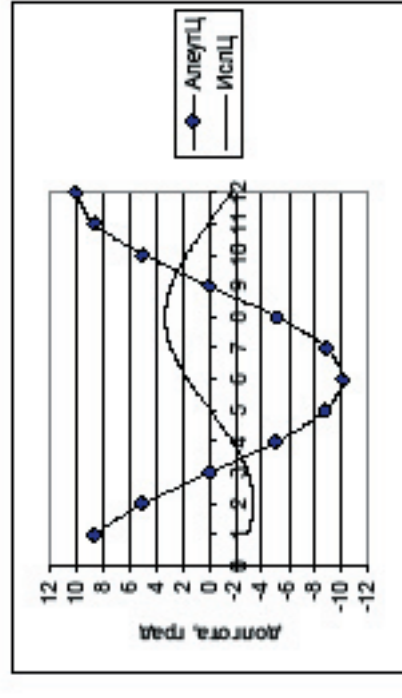
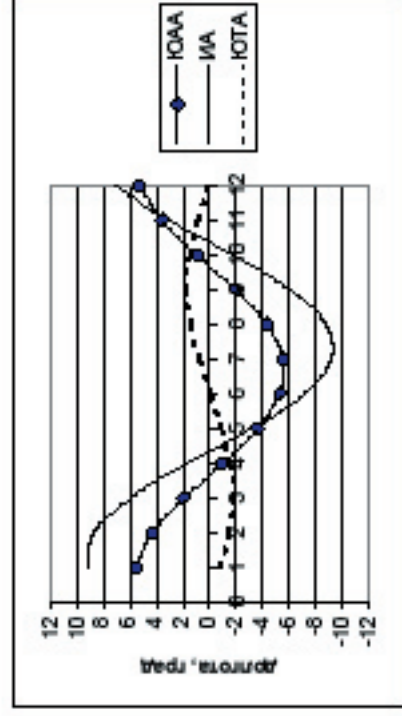
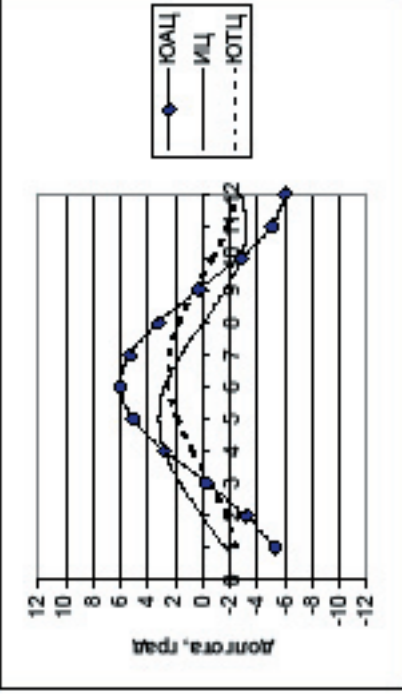
Водохранилище	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Верхнесвирское			8	8	13	18	18	18	17	
Иваньковское			14	21	22	20	14	8	1	
Угличское			12	19	23	21	15	9	1	
Рыбинское			8	20	23	23	15	7	5	
Горьковское			8	18	21	23	16	11	3	
Павловское		3	11	16	21	19	14	13	3	
Камское		3	6	14	23	23	16	11	4	
Воткинское		2	5	15	21	22	19	14	2	
Куйбышевское		2	11	16	20	20	16	11	4	
Саратовское		1	8	12	20	22	20	12	5	
Волгоградское		1	3	12	20	24	20	14	6	
Цимлянское		4	10	15	18	20	17	10	6	
Новосибирское			8	17	22	24	17	12		
Братское		6	7	9	15	18	18	16	11	
Вилуйское			5	11	26	25	18	15		
Киевское		5	16	19	21	18	14	6	1	
Кременчугское		4	12	18	20	20	15	8	3	
Днепродзержинское		2	11	18	21	21	17	8	2	
Днепровское		2	11	16	22	20	15	8	4	2
Каховское	1	3	9	15	20	21	16	9	4	2
Дубоссарское	2	10	11	15	18	18	15	10	1	

В качестве примера в табл. 2 для ряда водохранилищ приведены значения $E\%$, полученные автором на основе данных по среднему многолетнему месячному испарению с этих водоемов, приведенных в работе [Викулина, 1979]. Значения $E\%$ с поверхности малых водоемов можно найти в [Указания..., 1969].

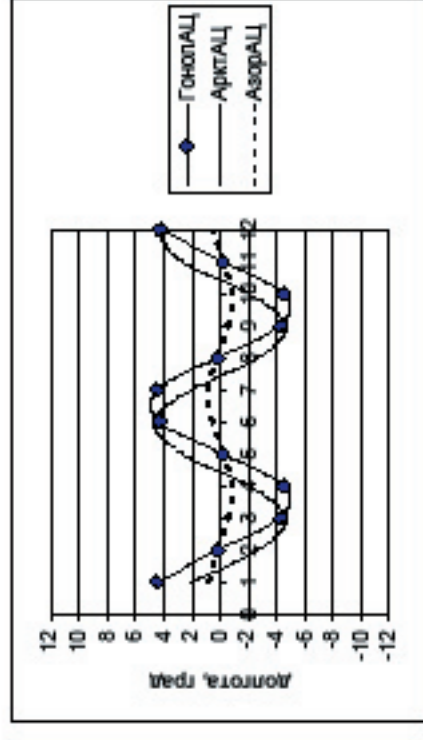
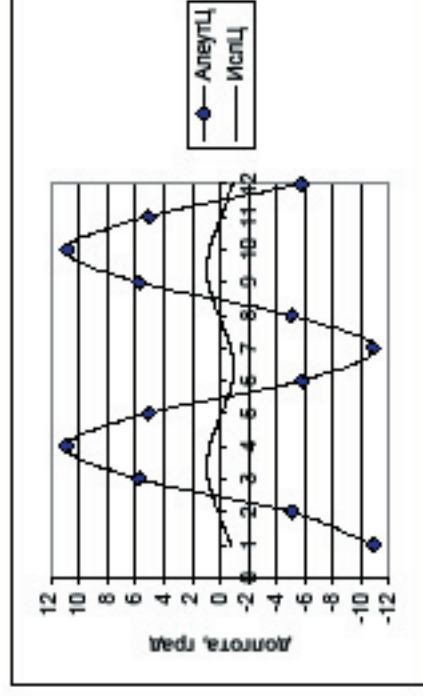
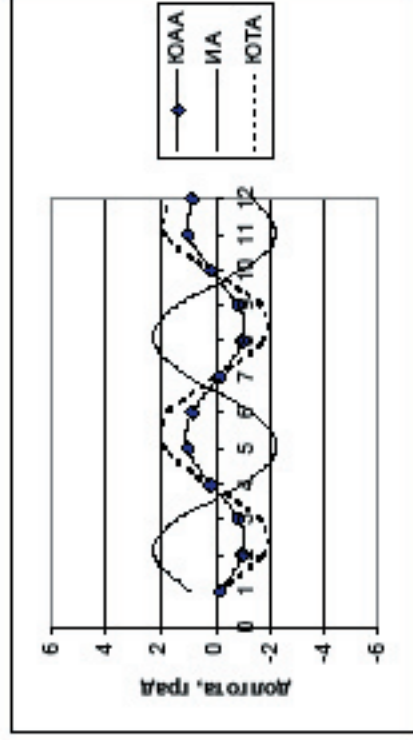
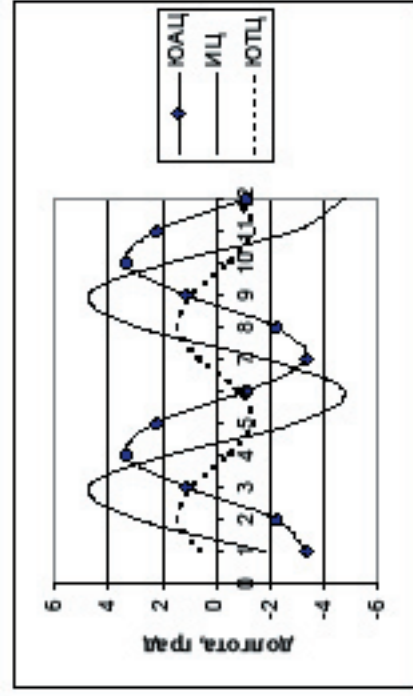
Литература

1. Викулина З.А. Водный баланс озер и водохранилищ. – Л.: Гидрометеиздат, 1979.
2. Кириллова Т.В. Радиационный баланс озер и водохранилищ. – Л.: Гидрометеиздат, 1970.
3. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. – Л.: Гидрометеиздат, 1985.
4. Постников А.Н. Формулы для расчета среднего годового испарения с поверхности суши и радиационный баланс увлажненной поверхности // Проблемы современной гидрологии. Сборник научных трудов гидрологического факультета. – СПб., 2004, с. 143-153.
5. Постников А.Н. Метод расчета испарения с почвы в различных природных зонах // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета, 2009, № 10, с. 21-31.
6. Рекомендации по расчетам водного баланса крупных озер и водохранилищ. – Л.: Гидрометеиздат, 1989.
7. Указания по расчету испарения с поверхности водоемов. – Л.: Гидрометеиздат, 1969.
8. Чеботарев А.И. Гидрологический словарь. – Л.: Гидрометеиздат, 1978.





1977



- [illegible]

*В.В. Коваленко, Е.В. Гайдукова, М.Н. Громова,
В.С. Девятков, А. Хамлили*

**ДИАГНОСТИРОВАНИЕ НЕУСТОЙЧИВОСТИ
ФОРМИРОВАНИЯ И ФРАКТАЛЬНОЙ РАЗМЕРНОСТИ
МНОГОЛЕТНИХ РЯДОВ ЛЕТНЕ-ОСЕННЕЙ МЕЖЕНИ
ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ МЕТОДАМИ ЧАСТИЧНО
ИНФИНИТНОЙ ГИДРОЛОГИИ**

*V.V. Kovalenko, E.V. Gaidukovs, M.N. Gromova,
V.S. Devyatov, A. Hamlili*

**DIAGNOSING OF INSTABILITY OF FORMATION
AND OF FRACTAL DIMENSION OF LONG-TERM LINES
OF SUMMER-AUTUMN FLOW OF EAST SIBERIA
BY METHODS OF PARTIALLY INFINITE HYDROLOGY**

Выявлено географическое распределение речных бассейнов с неустойчивым режимом формирования начальных статистических моментов вероятностных распределений многолетнего летне-осеннего стока. Установлены размерности пространств вложения для моделей, позволяющих статистически устойчиво прогнозировать катастрофические выбросы расходов воды при формировании минимального стока (режим засух).

Ключевые слова: летне-осенний минимальный многолетний сток, критерий устойчивости, фрактальная размерность, размерность пространства вложения.

The geographical distribution of river pools with a unstable mode of formation of the initial statistical moments of probabilistic distributions of a long-term summer-autumn flow is revealed. The dimensions of spaces of an investment for models allowing statistically steady to predict catastrophic emissions of the charges of water at formation of the minimal flow (a mode of droughts) are established.

Key words: a summer-autumn minimal long-term flow, criterion of stability, fractal dimension, dimension of space of an investment.

Введение

Практическая инженерная гидрология для статистического описания вероятностных распределений всех видов многолетнего речного стока, включая минимальный, использует семейство распределений К. Пирсона [СП 33-101-2003, 2004]. На их основе назначаются проектные значения расходов воды максимального стока (строительное проектирование), санитарно-лимитирующие расходы минимального стока (водоснабжение) и т.п. Кривые обеспеченности строят не на основе генетических моделей, описывающих формирование тех или иных распределений, а с использованием фактических рядов наблюдений за стоком. Тем самым современная методика обеспечения надежного функционирования водозависимых отраслей экономики базируется на допущении, что «завтра будет то же самое, что и сегодня»; обеспеченные предшествующими

наблюдениями стоковые характеристики экстраполируются в будущее на период эксплуатации водохозяйственного объекта. Такая статистическая парадигма предполагает, что: 1) стокоформирующие факторы (климат и антропогенная деятельность на бассейне) в будущем не претерпят изменений; 2) режим формирования стока как в настоящее время, так и в будущем, статистически устойчив.

Оба эти допущения неверные [Коваленко..., 1998]. В настоящей статье делается попытка конкретизировать географическое распределение на территории Восточной Сибири регионов, в которых нарушается второе статистическое предположение об устойчивости режима формирования летне-осенней межени. Сама по себе констатация факта неустойчивости недостаточна, так как логично возникает естественный вопрос: что в таком случае делать? А делать надо следующее: методами фрактальной диагностики [Коваленко..., 2008] установить, какое число фазовых переменных надо вводить в модель формирования стока, чтобы расширенное (двух- или трехмерное) распределение плотности вероятности оказалось бы устойчивым. Оба эти шага требуют определенных методик, которые были разработаны в рамках нового научного направления в гидрологии «Частично инфинитная гидрология» [Коваленко, 2007], созданного для моделирования и прогнозирования развивающихся статистически неустойчивых гидрологических систем.

Выявление речных бассейнов с неустойчивым формированием летне-осенней межени

Формализуем и конкретизируем понятие неустойчивости, используемое в данной статье. Речь идет о неустойчивости решений модели формирования начальных моментов, приводящей к семейству распределений К. Пирсона. С географической точки зрения, речь идет о диагностировании тех речных бассейнов, на которых рекомендации нормативных документов [СП 33-101-2003] могут быть поставлены под сомнение. Моделью формирования стока, рассматриваемого как марковский случайный процесс, является следующая линейная система дифференциальных уравнений для начальных моментов [Коваленко, 2007]:

$$\begin{aligned} dm_1/dt &= -(\bar{c} - 0,5G_{\tilde{c}})m_1 - 0,5G_{\tilde{c}\tilde{N}} + \bar{N}; \\ dm_2/dt &= -2(\bar{c} - G_{\tilde{c}})m_2 + 2\bar{N}m_1 - 3G_{\tilde{c}\tilde{N}}m_1 + G_{\tilde{N}}; \\ dm_3/dt &= -3(\bar{c} - 1,5G_{\tilde{c}})m_3 + 3\bar{N}m_2 - 7,5G_{\tilde{c}\tilde{N}}m_2 + 3G_{\tilde{N}}m_1. \end{aligned} \quad (1)$$

где m_n ($n = 1, 2, 3$) – начальные моменты n -го порядка; $c = \bar{c} + \tilde{c}$, $N = \bar{N} + \tilde{N}$ (здесь $c = 1/(k\tau)$, k – коэффициент стока, τ – время релаксации, $N = \dot{X}/\tau$, $\dot{X}$ – интенсивность осадков); $\bar{c}$ и $\bar{N}$ – математические ожидания; $\tilde{c}$ и $\tilde{N}$ – случайные процессы типа белого шума с интенсивностями $G_{\tilde{c}}$ и $G_{\tilde{N}}$ и взаимной интенсивностью $G_{\tilde{c}\tilde{N}}$.

Трех моментов достаточно, чтобы с помощью системы (1) моделировать или прогнозировать эволюцию трех расчетных характеристик (нормы стока m_1 , коэффициентов вариации C_v и асимметрии C_s), используемых для изучения всех видов многолетнего стока, включая летне-осеннюю межень. Применение линейной теории устойчивости к системе уравнений (1) приводит к следующему спектру собственных значений λ : $\lambda_1 = -\bar{c} + 0,5G_{\bar{c}}$; $\lambda_2 = -2\bar{c} + 2G_{\bar{c}}$; $\lambda_3 = -3\bar{c} + 4,5G_{\bar{c}}$. При $\beta = G_{\bar{c}} / \bar{c} > 0,67$ теряет устойчивость третий момент, при $\beta > 1$ – второй, при $\beta \rightarrow 2$ – теряет устойчивость все распределение в целом.

Ранее (см. [Коваленко ..., 1998]) была получена формула для практического вычисления параметра β , характеризующего устойчивость моментов:

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

где k – коэффициент стока (в случае летне-осенней межени $k = k_{\min} = m_1 / \bar{X}$, здесь m_1 – норма меженного стока, $\bar{X}$ – многолетняя норма осадков на тестируемый водосбор); r – коэффициент автокорреляции между смежными членами ряда летне-осенней межени.

Результат применения этой формулы к бассейнам рек Восточной Сибири представлен на рис. 1.

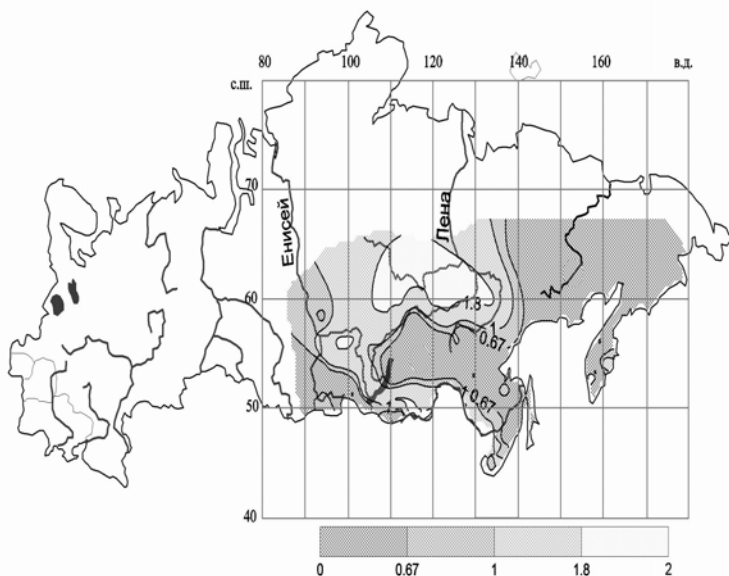


Рис. 1. Картирование Восточной Сибири по степени устойчивости расчетных характеристик летне-осенней межени

Как видно из рисунка, Дальней Восток более устойчивый с точки зрения формирования минимального летне-осеннего стока. Потеря устойчивости происходит в бассейне р. Лена, имеются локальные области, в которых критерий

устойчивости приближается к двум. Повышение степени устойчивости по мере приближения к Дальнему Востоку можно связать со сменой климатических условий.

Диагностирование фрактальных размерностей рядов многолетнего стока и определение размерностей пространств вложения

Если бассейн оказался в зоне неустойчивости, то возникает вопрос: что делать? Ответ, в определенной степени, зависит от того, каковы наши намерения в отношении использования статистических оценок гидрологического режима. Ведь неустойчивость – это просто индикатор того, что формирование многолетнего стока осуществляется по другой модели, нежели система (1), приводящая к классическим распределениям. Учитывая, что речь идет о статистических оценках, а сама формула (2) дает результаты с погрешностями, то вполне допустимо изменить доверительный интервал и все равно аппроксимировать эмпирическое поле точек каким-либо аналитическим одномодальным распределением из класса кривых Пирсона (например, проигнорировав полимодальность, «спрятавшись» за тот факт, что ряды наблюдений короткие и вторые моды «статистически незначимы»).

Дело радикально меняется, если речь идет не о работе с фактическими рядами, а о прогнозе вероятностного режима на будущее, например – сценарных оценках при возможном изменении климата. В будущем никакого ряда наблюдений нет, пользоваться надо моделью (1). Обычно климатические сценарии носят равновесный характер, т. е. в системе (1) можно принять $dm_n/dt = 0$. Предположим, мы хотим сделать оценку математического ожидания стока m_1^{np} на новую (сценарную) норму осадков $\bar{X}_{\text{np}}$ ($\bar{N}_{\text{np}} = \bar{X}_{\text{np}}/\tau$). Тогда, в соответствии с первым уравнением системы (1), имеем:

$$m_1^{\text{np}} = (\bar{N}_{\text{np}} - 0,5G_{\tilde{N}})/(\bar{c} - 0,5G_{\tilde{c}}). \quad (3)$$

В зоне неустойчивости имеет место $G_{\tilde{c}} = 0,5G_{\tilde{c}}$, т. е. в (3) надо делить на нуль (а «на нуль делить нельзя»).

Частично инфинитная гидрология предлагает несколько возможных выходов из этой ситуации. Например, увеличить размерность фазового пространства, в котором ищется решение, перейдя от одномерного распределения плотности вероятности $p(Q)$ к двумерному $p(Q, E)$, где Q – расход воды; E – испарение. Можно попытаться перейти к нелинейной модели, что менее желательно, так как в этом случае моментная схема описания вероятностных распределений рушится. Но в любом случае надо знать, сколько еще фазовых переменных, наряду с расходом воды, участвуют в формировании многолетнего режима стока на тестируемом речном бассейне. Ответ на этот вопрос дает фрактальная диагностика. Ее суть заключается в следующем [Коваленко ..., 2008].

Фрактальная размерность описывает степень заполненности изучаемым объектом (в нашем случае временной ряд летне-осенних меженных расходов воды) своего пространства вложения. Фрактальность ряда связывается с порождающими его факторами. Если их много и они равновероятны, то приходим к белому шуму. Если же во временном ряду существуют корреляции, то они образуют группировки членов ряда, у которого появляется своя собственная размерность (фрактальная, дробная). Это индикатор неустойчивости и начала переходных процессов появления новой фазовой переменной. Знание фрактальных размерностей позволяет оценить минимальное число фазовых переменных, необходимых для устойчивого описания изучаемых процессов (размерность пространства вложения). Подробности ее вычисления см. [Коваленко, 2008; Божокин, 2000; Мандельброт, 2002; Шустер, 1988].

Результаты применения указанной методики к бассейнам Восточной Сибири представлены в таблице и на рис. 2.

В таблице представлены значения фрактальных размерностей для обследованных бассейнов.

Фрактальная размерность многолетних рядов летне-осенней межени Восточной Сибири

Река – пункт	Площадь водосбора, км ²	Фрактальная размерность
1	2	3
Усь – д. Усть-Золотая	6110	0,57
Оя – с. Ермаковское	2540	1,40
Абакан – г. Абаза	14 400	1,25
Она – пос. Малый Анзас	4410	1,27
Джебаш – з. Джебаш	2350	1,16
Туба – с. Бугуртак	31 800	1,40
Казыр – пос. Казыр	9160	–
Кизир – с. Имисское	9080	2,16
Амыл – с. Качулька	9850	0,70
Мана – пос. Манский	9260	0,81
Кан – с. Ирбейское	8710	0,84
Кан – г. Канск	23 000	0,62
Большой Пит – пос. Брянка	15 100	0,78
Кас – пос. Алекс-кий	7640	1,83
Нижняя Тунгуска – с. Подволошино	8270	1,15
Тембенчи – факт. Тембенчи	18 900	1,16
Иркут – г. Иркутск	15 000	0,66
Зун-Мурин – улус Зун-Мурин	4060	1,28
Куда – д. Грановщина	7840	0,70
Малая Белая – д. Тунгусы	3990	1,76
Ида – д. Морозова	2490	–
Тагна – с. Хор-Тагна	1770	0,58
Зима – пос. Зулумай	2550	1,29
Ия – пос. Аршан	5140	1,66
Ия – г. Тулун	14 500	1,42
Илим – д. Сотникова	29 300	–

Продолжение табл.

1	2	3
Игирма – д. Игирма	4480	1,13
Карабула – с. Карабула	4190	1,38
Иркинеева – д. Бедоба	8950	0,50
Уда – с. Алыгджер	4980	1,20
Уда – д. Укар	17 200	0,53
Чукша – д. Савельевка	2130	1,18
Бирюса – д. Бирюсинск	24 700	0,98
Бирюса – пгт Шиткино	31 800	2,61
Пойма – с. Новая Пойма	2390	0,68
Усолка – с. Троицкое	9070	2,06
Верхняя Ангара – с. Верхняя Заимка	20 600	0,43
Баргузин – с. Могойто	9350	0,48
Баргузин – пос. Баргузин	19 800	2,22
Джида – с. Джида	23300	0,81
Чикой – д. Гремячка	15 600	1,96
Аса – с. Аца	2010	–
Катанца – с. Хилкотой	2120	2,05
Хилок – ст. Сохондо	1900	–
Хилок – г. Хилок	15 400	0,96
Хилок – с. Малета	25 700	2,09
Унго – с. Усть-Унго	2290	0,68
Оронгой – Оронгойский мост	1840	1,01
Уда – с. Хоринск	7850	2,11
Она – с. Онинское	3580	1,97
Кудун – с. Хоринск	7800	–
Курба – с. Новая Курба	5500	0,76
Снежная – ст. Выдрино	3000	1,28
Лена – пгт Качуг	17 400	0,47
Манзурка – д. Зueva	3280	0,67
Тутура – д. Грехово	7100	0,53
Кута – г.п. Ручей	11 200	2,74
Витим – с. Романовка	18 200	1,15
Юмурчен – с. Юмурчен	3990	0,23
Каренга – с. Тунгокочен	3670	0,86
Калакан – с. Калакан	10 700	0,99
Амалат – с. Усть-Антосе	2100	0,59
Кункудери – пос. Конкудера	4920	–
Пеледуй – пос. Сользавод	13 600	0,82
Нюя – гм. ст. Комака	11 700	0,78
Нюя – с. Курум	32 600	0,30
Большой Патом – с. Патома	27 600	0,68
Бирюк – пос. Бирюк	9700	0,25
Б. Черепаниха – г.п. Бом	1750	–
Чара – с. Чара	4150	0,86
Жуя – пр-к Светлый	4790	–
Намана – с. Мекимдя	16 600	0,24
Туолба – пос. Алексеевка	14 400	0,24

Продолжение табл.

1	2	3
Синяя – г.п. Песчаное	30 400	1,82
Ботома – гм. ст. Бролог	12 200	0,55
Тамма – г. п. Ыатыраха	4250	0,23
Алдан – пос. Суон–Тиит	18 500	1,82
Большой Нимныр – р.п. Б. Нимныр	1900	0,94
Чульман – р.п. Чульман	3840	0,66
Большой Ыллымах – р.п. Ыллымах	2710	–
Аллах–Юнь – г.п. Аллах	24 200	1,81
Нотора – г.п. Хас–Тохтур	6970	0,72
Амга – с. Буяга	23 900	0,33
Тэнкэме – с. Второй Станок	3550	0,02
Малая Куонапка – с. Джалинда	20 300	0,67
Чаркы – 3,5 км от устья	8290	0,49
Эльги – 5,0 км выше устья р. Большой Артык–Юрях	17 600	2,52
Нера – пос. Ала–Чубук	22 300	1,08
Ольчан – в 4,5 км выше устья р. Туора–Тас	1830	1,11
Аян–Юрях – пос. Эмтегей	9560	1,42
Берелех – пос. Переправа	4980	1,23
Кулу – пос. Кулу	10 300	1,27
Тенке – в 2,2 км выше устья р. Нелькобы	1820	1,39
Детрин – устье Вакханки	5630	0,92
Бохапча – в 5,4 км от устья	13 600	0,77
Таскан – пос. Таскан 2–й	9970	1,40
Среднекан – п. Усть–Среднекан	1750	0,43
Буюнда – в 3,8 км ниже устья р. Бурката	9090	0,58
Сеймчан – в 2,1 км выше устья руч. Чапаева	2920	0,72
Сугой – в 3,2 км ниже устья р. Омчикчана	5880	1,45
Омчикчан – пос. Омсукчан	1720	0,67
Амгуэма – у моста. 174-й км	26 400	0,60
Гижига – в 20 км от устья	11 700	1,33
Камчатка – с. Долиновка	12 000	0,61
Камчатка – пос. Лазо	18 500	0,48
Камчатка – р.п. Козыревск	32 500	1,07
Кирганик – с. Кирганик	1430	0,54
Щапина – с. Щапино	3350	0,38
Толбачик – с. Толбачик	1480	1,13
Авача – г. Елизово	4750	0,53
Большая Быстрая – с. Малки	2800	1,14
Б. Воровская – с. Соболево	3630	0,68
Крутогорова – с. Крутогородово	2080	–
Хайрюзова – с. Хайрюзово	10 800	1,15
Тигиль – с. Тигиль	12 000	0,35
Напана – с. Седанка	3590	0,63
Берея – с. Саскаль	1940	2,07
Зея – с. Бомнак	28 200	1,01
Ток – пр-к Николаевский	3820	1,09
Унаха – с. Унаха	1950	1,00

Окончание табл.

1	2	3
Гиллой – у перевоза	21 100	0,71
Тында – г. Тында	4060	0,65
Уркан – с. Заречное	15 700	1,14
Деп – з. Рычково	8440	–
Большая Пера – с. Дмитриевка	3180	1,28
Томь – с. Светиловка	16 000	–
Ниман – в 12 км от устья	14 500	1,26
Туюн – в 3,0 км от устья	3420	0,60
Большая Бира – ст. Биракан	2910	1,36
Большая Бира – г. Биробиджан	7560	0,95
Сутара – ст. Известковая	1570	1,22
Тунгуска – с. Архангеловка	29 400	1,18
Кур – с. Новокуровка	11 600	1,49
Горин – с. Бактор	18 300	0,78
Амгунь – с. Гуга	41 000	0,83
Нимелен – с. Тимченко	9950	1,84
Верхняя Борзя – с. Бырка	2280	1,60
Нижняя Борзя – с. Михайловка	1530	–
Кыра – с. Кыра	5100	–
Борзя – г. Борзя	3980	0,34
Унда – с. Шелопугино	2960	0,60
Унда – с. Ново-Ивановск	7650	0,35
Ага – с. Агинское	2190	–
Ингода – с. Дешулан	6130	–
Ингода – с. Улеты	12 500	0,42
Ингода – с. Атамановка	22 000	0,59
Джила – в 0,8 км от устья	2780	0,61
Читинка – г. Чита	4170	1,35
Аленгуй – с. Елизаветино	3900	0,56
Нерча – г. Нерчинск	27 500	1,32
Уссури – с. Верхняя Бреевка	1720	1,88
Уссури – с. Кокшаровка	9340	1,98
Уссури – пгт Кировский	24 400	0,21
Павловка – с. Уборка	3350	1,37
Журавлевка – пос. Журавлевка	3190	0,91
Арсеньевка – с. Яковлевка	5180	2,32
Илистая – с. Халкидон	4030	0,34
Большая Уссурка – с. Рощино	18 700	1,09
Большая Уссурка – с. Вагутон	23 000	1,20
Дальняя – пос. Глубинное	2740	1,20
Маревка – пос. Покровка	1910	1,41
Малиновка – пос. Зимники	2540	0,94
Малиновка – с. Ракитное	4730	0,87
Бикин – ст. Звеньевой	21 400	0,37
Хор – пгт Хор	24 500	0,77
Раздольная – с. Тереховка	15 500	0,39

Из таблицы видно, что дробная размерность меняется от 0,21 (бассейн р. Уссури) до 2,74 (бассейн р. Лена) с преобладающим значением в пределах от 1 до 2.

Число фазовых переменных, необходимых для устойчивого прогнозирования стока, дает размерность пространства вложения (ближайшее целое число, превосходящее дробную размерность). Ее распределение по территории Восточной Сибири представлено на рис. 2.

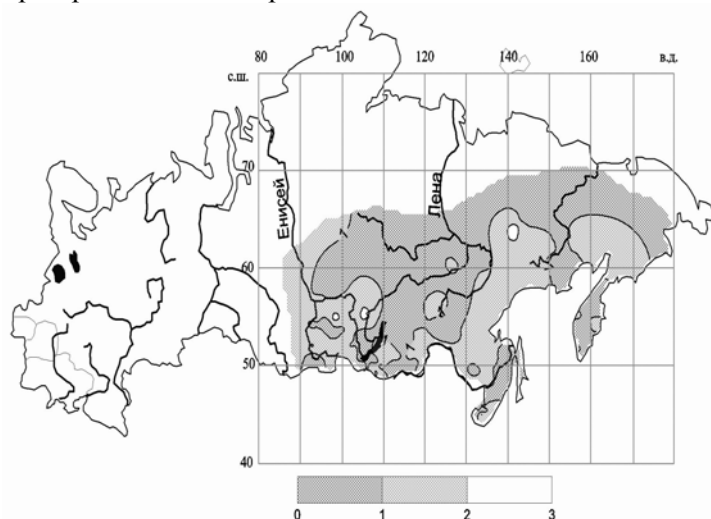


Рис. 2. Районирование размерности пространства вложения по территории Восточной Сибири

Из этого рисунка видно, что размерность пространства вложения не превосходит трех по всей территории Восточной Сибири. При этом значительные территории имеют размерность единица. Это значит, что для устойчивого описания процесса формирования минимального летне-осеннего стока требуется модель из одного дифференциального уравнения первого порядка.

При сравнении карты устойчивости и карты распределения размерностей пространства вложения выявляется противоречие: степень неустойчивости значительна ($\beta > 1$), а фрактальная размерность мала (≈ 1). Одним из возможных объяснений подобной ситуации может служить то, что исследуемая на устойчивости модель перегружена мультипликативными шумами, которые на самом деле должны носить аддитивный характер и входить во внешнее воздействие, не влияющее на степень устойчивости.

Выводы

В результате проделанной работы впервые для Восточной Сибири выявлены: 1. Географические закономерности распределения на ее территории зон неустойчивого формирования летне-осенней межени. Эти зоны находятся, в основном, в бассейне р. Лены. 2. Географические закономерности распределения

размерности пространств вложения, которые увеличиваются к югу Восточной Сибири.

Эти результаты позволят в дальнейшем в выявленных регионах заменить модель формирования стока в виде линейной системы дифференциальных уравнений (1) более устойчивой моделью с увеличенным числом фазовых переменных либо аналогичной моделью, но перегрузив часть мультипликативных шумов на аддитивную составляющую внешних воздействий в соответствии с методологией частично инфинитной гидрологии.

Исследования выполнялись при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (проект № 2.1.1/3355) и Федерального агентства по образованию (проект № П2588).

Литература

1. Божокин С. В., Паршин Д. А. Фракталы и мультифракталы. – СПб.: изд. СПбГТУ, 2000. – 134 с.
2. Коваленко В.В. Частично инфинитная гидрология. – СПб.: изд. РГГМУ, 2007. – 230 с.
3. Коваленко В.В., Хаустов В.А. Критерии устойчивого развития гидрологических процессов и картирование зон ожидаемых аномалий параметров годового стока рек СНГ при антропогенном изменении климата // Метеорология и гидрология, 1998, № 12, с. 96–112.
4. Коваленко В.В., Гайдукова Е.В., Куасси А.Б.Г. Прогнозирование изменений фрактальной размерности многолетнего речного стока // География и природные ресурсы, 2008, № 4, с. 136–143.
5. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы. – М.: Институт компьютерных исследований, 2002. – 656 с.
6. СП 33-101-2003. Определение основных расчетных гидрологических характеристик / Госстрой России. – М.: ФГУП ЦПП, 2004.
7. Шустер Г. Детерминированный хаос: Введение. – М.: Мир, 1988. – 240 с.

МЕТЕОРОЛОГИЯ

Х.К. Нгонголо, С.П. Смышляев

КЛАССИФИКАЦИЯ КЛИМАТОЛОГИЧЕСКИХ РЕГИОНОВ ВОСТОЧНОЙ АФРИКИ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ О РЕЖИМЕ ОСАДКОВ

Н.К. Ngongolo, S.P. Smyshlyayev

CLASSIFICATION OF EAST AFRICA CLIMATOLOGICAL REGIONS BASED ON THE RAINFALL DATA

Представлены результаты климатической классификации Восточной Африки с использованием многолетних данных месячных сумм осадков. С помощью метода главных компонент территория Восточной Африки подразделяется на 11 однородных районов. Статистические тесты, анализ климатологической информации и топографических особенностей подтвердили реальное существование 11 выделенных групп. Полученная классификация будет полезна для планирования сельскохозяйственной деятельности и оценки потенциала водных ресурсов.

Ключевые слова: осадки, метод главных компонент, Восточная Африка, климатологические зоны, внутритропическая зона конвергенции (ВЗК).

Principal component analysis (PCA) was used to delineate the rainfall network of East Africa into 11 homogeneous groups. Statistical tests, climatological information, topographic features and other data supported the physical reality of the 11 delineated groups. The derived rainfall zones would be useful for East Africa in agricultural planning, the assessment of water resources potential and management of rainfall dependent activities in the region.

Key words: rainfall, principal component analysis (PCA); East Africa; Climatological zones; Intertropical Convergence Zone (ITCZ).

Введение

Одна из целей классификации климата – идентификация пространственных пределов различных типов климата. Хотя другие элементы климата также меняются, однако наиболее изменчивым климатическим элементом во времени и пространстве являются осадки [Ogallo, 1981]. Таким образом, в Восточной Африке схемы классификации климата основываются на анализе данных количества осадков [Griffiths, 1972; Kagenda, 1976; Ogallo, 1981]. Знание пространственной протяженности регионов, которые имеют одинаковые особенности режима осадков, полезно при планировании сельскохозяйственной деятельности и оценке потенциала водных ресурсов. Осадки в Восточной Африке связаны

с циркуляцией синоптического масштаба (ВЗК, муссонная циркуляция) и мезомасштабной циркуляцией, вызванной региональными факторами, такими как наличие больших водоемов и сложного рельефа. Режим осадков региона Восточной Африки является заметно изменяющимся на коротких расстояниях и при этом до сих пор не имеет классификационную схему, основанную на синоптических факторах, которая могла бы использоваться в определении пространственного климатического режима осадков в различных зонах. В ранних исследованиях режима осадков Восточной Африки использовали графическую картографию областей по принципу одинаковых времен начала и конца дождей, сезонно/ежегодного количества осадков и т.д. [Griffiths, 1972]. Графические картографические методы являются длительными и трудоёмкими. В настоящей работе предлагается классификация климата на основе характеристик режима осадков, основанная на методе главных компонент (далее – МГК). Техника МГК широко используется в метеорологии и климатологии для обнаружения характерных особенностей физических явлений, упрощая обработку больших наборов данных.

Область исследования

Регион Восточной Африки, расположенный между 5 °с. ш. – 12 °ю. ш. и 29–42° в.д., имеет сложные топографические особенности: возвышенности Восточной Африки: Килиманджаро с высотой 5895 м над уровнем моря, Кения 5199 м и Элгон 4321 м. У некоторых из этих гор, как Килиманджаро и Кения, постоянно сохраняются ледники на вершинах в течение года, что делает их потенциальными индикаторами региональных или крупномасштабных долгосрочных колебаний климата. Горы являются также водоразделом для некоторых из главных рек региона [Krishnamurti, 1989], формирующих региональный гидрологический цикл. Другой уникальной особенностью региона являются оз. Танганьика, Туркана, Альберта и Виктория. Кроме того, в Западной и Восточной местности находятся возвышенности, которые отклоняются к равнине по направлению к Индийскому океану, а между ними лежит рифтовая долина, ориентирующаяся на север/юг через центральную Кению и Танзанию. Общее количество осадков в Восточной Африке изменяется из года в год соответственно имеющимся большим сезонным колебаниям. Средние годовые значения осадков меняются в пределах от 500 мм в полусухих областях, которые включают северные и восточные части Кении, восточную и центральную Танзанию, до 1200–1600 мм в области оз. Виктория [Nicholson, 1998]. Количество осадков на восточном побережье достигает более 1000 мм, а возвышенностях центральной Кении и южной Танзании, большей части Уганды и западной Танзании – более 800 мм. В годовом ходе осадков в области, включающем Уганду, Кению и северную Танзанию, имеется два максимума: первый – в марте–мае, второй – в октябре–декабре. Для южных, западных и центральных частей Танзании характерен один максимум, который приходится на ноябрь–апрель. Эти режимы

осадков управляются сезонным перемещением внутритропической зоны конвергенции (ВЗК).

Исходные данные и методология

В качестве исходных данных использовались полученные от метеорологических служб Танзании, Уганды и Кении месячные суммы осадков за период с 1960 по 2003 г. по 71 метеостанции, равномерно покрывающих экваториальную Восточную Африку (рис. 1).

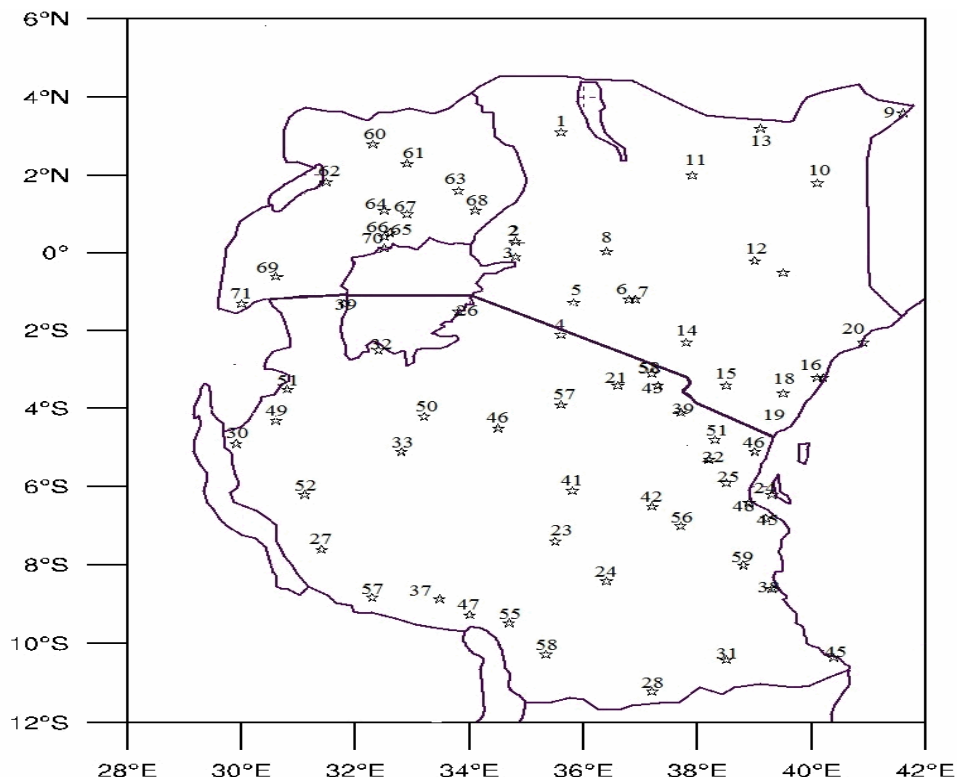


Рис. 1. Географическое расположение метеостанций, используемых для анализа количества осадков

Перед применением МГК к набору данных была применена техника контроля качества данных [Basalirwa, 1991; WMO, 1986], чтобы удалить погрешности, являющиеся результатом ошибки наблюдателя, изменений в участке, оборудовании и т.д. Далее данные были стандартизированы, чтобы у каждого было нулевое среднее и единичная дисперсия, что необходимо для вычисления ковариационной матрицы. На следующем этапе к стандартизованным данным применялась процедура вычисления главных компонент [Peixoto, 1992]. Далее описаны основные этапы использованного для этого МГК.

Рассматривается матрица данных P_{MXN} , каждый элемент которой P_{mn} представляет собой стандартизованное значение количества осадков, где индекс $m = 1, 2, 3 \dots M$ характеризует номер станции, а индекс $n = 1, 2, 3 \dots N$ описывает номер временного слоя.

На первом этапе формируется ковариационная матрица Z_{MXM} :

$$Z = \frac{1}{N} PP^T. \quad (1)$$

На втором этапе для полученной ковариационной матрицы определяются собственные векторы $E = [e_1, e_2 \dots e_M]$ и собственные числа $\lambda = [\lambda_1, \lambda_2 \dots \lambda_M]$ из решения характеристического уравнения

$$(Z - \lambda I) = 0. \quad (2)$$

На третьем этапе вычисляются естественные ортогональные функции C с элементами C_{MN} , являющимися проекцией P_N на λ_M

$$C = EP^T. \quad (3)$$

В результате первоначальные данные об осадках раскладываются на ортогональные пространственные функции (собственные векторы) и временные последовательности коэффициентов разложения или главных компонент (далее - ГК). Собственный вектор, который составляет наибольшую дисперсию, определяемую собственными числами ковариационной матрицы, является наиболее физически значимым. Сторч и Звиерс [Storch, 1999] представили схему математической процедуры, необходимой для определения собственных функций и их временных коэффициентов. МГК способен к извлечению ГК во временном ряде, каждый из которых будет ортогональным к другим. Первая ГК соответствует максимальному собственному числу ковариационной матрицы и описывает наибольшую часть наблюдаемой дисперсии количества осадков. Вторая ГК является ортогональной к первой и объясняет максимальную часть дисперсии из остатка после вычитания части, объясняемой первой ГК.

Последующие ГК находятся по тому же принципу. Существует много примеров применения МГК к метеорологическим исследованиям [Barnett, 1975; Basalirwa, 1991; Morin..., 1979; Nyenzi, 1992; Ogallo, 1981; Richman, 1986; Semmassi, 1996; Storch, 1999; Trenbeth, 1974]. В данном исследовании критерий Кайзера [Kaiser, 1959] используется для определения необходимого количества ГК для описания большей части дисперсии количества осадков на станциях Восточной Африки, а также для определения числа значимых факторов, сохранённых при вращении собственных векторов. Вращение имеет эффект перераспределения различий в пределах собственных векторов, и поэтому удаление неточности сохраняет различия, появившиеся в подмножестве собственных векторов до вращения. В табл. 1 показаны собственные числа, дисперсия и суммарные дисперсии перед и после вращения ГК.

Таблица 1

Собственные числа и дисперсии, полученные по МГК в сезон дождей с октября по декабрь и с марта по май: (1) и (2) – перед; (3) и (4) – после вращения, %

Период	Фактор	Собственные числа	Дисперсия (1)	Суммарная дисперсия (2)	Дисперсия (3)	Суммарная дисперсия (4)
С марта по май	1	14,744	20,8	20,8	12,5	12,5
	2	8,661	12,2	33,0	11,2	23,7
	3	6,136	8,6	41,6	9,8	33,5
	4	4,571	6,4	48,0	5,9	39,4
	5	3,914	5,5	53,5	5,6	45,0
	6	3,509	4,9	58,4	8,8	53,8
	7	2,959	4,2	62,6	4,9	58,7
	8	2,545	3,6	66,2	5,6	64,3
	9	2,386	3,4	69,6	4,4	68,7
	10	2,356	3,3	72,9	4,2	72,9
	11	1,894	2,7	75,6	2,7	75,6
	12	1,800	2,5	78,1	2,6	78,2
	13	1,712	2,4	80,5	2,4	80,6
	14	1,639	2,3	82,8	2,3	82,9
	15	1,440	2,1	84,9	2,0	84,9
С октября по декабрь	1	31,151	43,9	43,9	18,4	18,4
	2	5,267	7,4	51,3	18,6	37,0
	3	3,773	5,3	56,6	8,7	45,7
	4	3,536	5,0	61,6	4,0	49,7
	5	3,114	4,4	66,0	5,2	54,9
	6	2,480	3,5	69,5	6,1	61,0
	7	2,339	3,3	72,8	3,2	64,2
	8	2,300	3,2	76,0	6,0	70,2
	9	1,907	2,7	78,7	5,3	75,5
	10	1,730	2,4	81,1	5,5	81,0
	11	1,517	2,1	83,2	2,1	83,1
	12	1,398	2,0	85,2	2,0	85,1
	13	1,235	1,7	86,9	1,7	86,8
	14	1,172	1,6	88,5	1,6	88,4
	15	1,103	1,5	90,0	1,6	90,0

В табл. 2 показана нагрузка по каждой из 71 станции. Значение нагрузки каждой переменной (станции) на каждом из общих факторов является индексом, который используется для определения переменной (станции) в ее группу или тип.

Деление на климатические зоны осуществлялось согласно самой высокой нагрузке на специфическом факторе, в рамках той же самой группы. Чтобы достигнуть простой структуры фактора, когда каждая переменная (станция) может быть однозначно определена в ее реальную группу, необходимо вращать факторы в инвариантной структуре. Однако осадки в Восточной Африке связаны с циркуляциями синоптического масштаба и региональными факторами. Таким образом, некоторая степень неортогональности между режимами осадков соседних местоположений в различных группах ожидаема. Такие общие сходства не учитываются в решениях МГК, поэтому некоторые из полученных решений

МГК могут быть физически нереалистичными. Как уже отмечалось, эта проблема была минимизирована через вращение основных компонентов для уменьшения некоторых неточностей, связанных с начальными решениями МГК [Child, 1970; Harman, 1976; Richman, 1986]. Статистический тест 95 %-ной значимости использовался при определении значения нагрузки любой переменной на доминирующем способе МГК. Наконец, другой метод проверки, включающий использование рельефа и физических процессов, играющих роль в формировании режима осадков Восточной Африки, использовался для определения действительности очерченных образцов осадков МГК.

Таблица 2

Нагрузки варимакс вращения метеостанций каждого из факторов по типу режима осадков

№	Пер- вый режим	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F1 1	Общ- ность значения
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	S009	0,76	0,21	0,09	0,02	0,37	-0,04	0,19	-0,05	0,24	-0,05	0,13	0,8843
2	S010	0,81	0,23	0,22	0,02	-0,04	-0,04	0,38	0,09	0,16	0,06	0,10	0,9527
3	S011	0,77	0,16	0,21	0,06	-0,03	0,26	0,41	0,08	0,12	0,10	0,02	0,9340
4	S012	0,62	0,34	0,18	-0,20	0,03	0,30	0,03	0,40	-0,18	0,12	-0,06	0,8746
5	S013	0,83	0,14	0,18	0,14	0,12	0,21	0,09	0,13	-0,04	-0,09	-0,04	0,8553
6	S014	0,65	0,10	0,24	-0,05	0,03	0,49	-0,03	-0,13	0,12	-0,03	-0,14	0,07863
7	S015	0,72	0,28	-0,01	-0,06	0,05	0,17	0,19	-0,19	0,23	-0,17	0,19	0,8220
Второй режим													
1	S016	-0,07	0,85	0,18	0,11	0,12	0,17	0,12	0,22	0,02	0,09	0,19	0,9226
2	S017	-0,06	0,88	0,14	0,05	0,02	0,14	0,19	0,12	0,04	0,05	0,19	0,9108
3	S018	0,01	0,90	0,02	0,06	0,03	-0,14	0,06	-0,13	-0,06	0,14	-0,01	0,8784
4	S019	-0,09	0,87	0,06	0,27	0,11	0,10	-0,07	-0,16	-0,06	0,05	0,01	0,9003
5	S020	-0,07	0,74	0,35	0,03	0,02	-0,07	0,17	0,21	-0,12	-0,07	0,20	0,8135
6	S022	0,47	0,59	0,26	0,21	0,22	0,05	0,07	0,22	0,02	0,08	0,11	0,8038
7	S025	0,03	0,81	-0,17	-0,08	-0,10	0,07	-0,17	-0,19	0,25	-0,08	0,35	0,9636
8	S034	0,32	0,74	0,07	0,19	0,08	0,15	-0,32	0,11	-0,09	0,24	0,18	0,9325
9	S035	0,33	0,72	0,20	-0,03	0,02	0,09	0,07	0,05	0,03	0,21	-0,50	0,9791
10	S040	0,04	0,82	0,02	0,06	0,06	0,25	-0,11	-0,12	0,14	-0,10	-0,16	0,8258
11	S048	0,31	0,71	0,22	-0,08	0,06	-0,05	0,03	-0,16	0,12	0,28	0,09	0,7885
12	S051	0,20	0,63	0,15	0,03	0,12	0,10	-0,10	-0,01	0,53	0,13	0,09	0,8007
Третий режим													
1	S001	0,48	0,27	0,61	0,25	0,034	-0,16	0,12	0,31	0,23	-0,07	0,09	0,9410
2	S002	0,33	0,04	0,60	-0,23	0,35	-0,02	0,01	0,05	-0,02	-0,12	0,16	0,6893
Четвертый режим													
1	S004	0,28	-0,03	0,36	0,60	-0,05	0,29	0,25	0,09	-0,10	-0,02	0,01	0,7366
2	S005	-0,09	-0,02	0,43	0,72	-0,10	0,22	0,22	0,19	-0,03	0,10	0,14	0,8852
3	S006	0,04	-0,08	0,24	0,83	0,02	0,10	0,13	0,05	0,02	-0,22	0,20	0,8731
4	S007	0,13	-0,05	0,14	0,86	0,10	0,14	-0,14	0,12	0,05	-0,11	0,14	0,8764
5	S008	-0,13	0,01	0,47	0,62	0,16	0,03	-0,08	0,06	-0,07	0,11	-0,42	0,8522

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Пятый режим													
1	S003	0,33	-0,06	0,21	-0,15	0,72	0,39	0,03	0,23	0,09	-0,03	-0,09	0,9405
2	S026	0,16	0,01	-0,19	-0,23	0,77	-0,03	0,27	0,08	-0,10	-0,05	-0,34	0,9159
3	S029	0,41	-0,09	0,12	0,04	0,67	0,01	0,04	-0,10	0,02	0,06	-0,03	0,6577
4	S032	0,46	-0,14	0,13	-0,14	0,63	0,39	0,06	0,04	-0,16	0,15	0,01	0,8701
5	S070	0,07	0,27	-0,04	0,05	0,50	0,28	0,09	0,11	-0,32	-0,01	0,27	0,6059
Шестой режим													
1	S063	0,02	0,16	0,03	0,15	0,11	0,55	-0,22	0,42	0,36	-0,24	0,05	0,7785
2	S064	0,21	0,25	0,07	-0,50	0,13	0,61	0,05	0,03	0,24	0,18	-0,09	0,8520
3	S065	0,14	0,19	0,08	0,01	0,02	0,81	-0,30	0,07	-0,03	0,06	-0,13	0,8350
4	S066	0,45	0,16	0,18	0,06	0,06	0,70	0,25	0,07	0,16	-0,03	-0,05	0,8541
5	S067	0,39	0,25	0,14	0,10	0,10	0,67	0,07	0,19	0,30	0,09	-0,15	0,8647
6	S068	0,44	0,24	0,20	-0,06	-0,14	0,59	0,11	0,21	0,18	0,17	-0,13	0,7969
7	S069	0,19	0,05	0,08	0,22	-0,01	0,77	-0,05	0,16	-0,06	0,05	0,07	0,7255
8	S071	0,01	0,04	0,05	0,07	0,34	0,68	0,02	0,03	-0,18	-0,16	-0,09	0,6545
Седьмой режим													
1	S060	0,12	-0,02	0,34	0,10	0,05	-0,28	0,74	-0,08	-0,06	-0,18	0,27	0,8842
2	S061	0,21	0,17	-0,01	0,17	0,09	0,29	0,63	-0,06	0,43	0,11	0,16	0,8173
3	S062	0,25	-0,23	0,06	0,03	-0,14	0,07	0,64	0,35	-0,13	-0,24	0,02	0,7514
Восьмой режим													
1	S027	-0,14	-0,04	-0,21	0,21	-0,16	0,12	0,08	0,65	-0,18	-0,09	-0,09	0,6229
2	S030	0,02	0,21	0,01	0,06	-0,06	0,08	0,02	0,88	-0,01	0,13	0,11	0,8621
3	S037	0,15	0,16	0,22	0,11	0,06	0,20	-0,33	0,64	-0,19	0,17	0,01	0,7358
4	S044	-0,04	0,34	-0,15	-0,09	-0,12	-0,11	0,03	0,77	0,09	-0,02	0,14	0,7962
5	S047	0,04	0,15	0,25	0,03	0,09	0,16	-0,05	0,77	0,03	0,30	-0,15	0,8300
6	S049	0,03	-0,01	0,05	0,24	0,06	0,09	0,03	0,83	-0,02	0,16	0,25	0,8511
7	S052	-0,05	0,17	0,18	0,31	0,13	0,19	-0,10	0,60	0,19	0,29	-0,08	0,7095
8	S053	0,38	-0,13	0,07	-0,19	0,12	0,25	0,16	0,66	0,30	0,14	0,30	0,9406
9	S055	0,09	0,45	0,08	0,31	-0,03	0,19	0,05	0,70	0,01	0,05	-0,30	0,9352
Девятый режим													
1	S023	0,13	0,14	0,18	0,06	0,03	0,19	0,21	0,01	0,88	0,09	0,12	0,9506
2	S024	0,40	0,29	0,22	-0,04	-0,08	-0,02	-0,05	0,15	0,53	0,26	0,11	0,6865
3	S028	0,37	0,39	-0,25	-0,29	-0,15	0,16	0,17	0,04	0,41	0,35	0,01	0,8049
4	S031	0,23	0,31	0,30	-0,09	-0,32	0,06	0,05	0,20	0,47	0,40	0,09	0,7846
5	S036	0,18	0,36	0,22	-0,03	0,31	-0,04	0,09	-0,14	0,61	0,42	-0,20	0,9252
6	S042	0,47	0,14	0,41	0,07	0,21	-0,08	0,08	-0,09	0,48	0,29	0,39	0,9451
7	S045	0,27	0,30	0,41	-0,12	0,02	0,04	-0,20	-0,12	0,58	0,29	0,07	0,8272
8	S056	0,27	0,19	0,29	-0,02	0,29	0,38	0,10	-0,02	0,62	0,24	0,32	0,9768
9	S058	0,36	0,37	0,07	0,03	0,05	0,15	0,13	-0,13	0,66	0,19	0,26	0,8704
10	S059	0,07	-0,19	0,25	0,02	-0,10	0,17	0,09	0,02	0,58	0,45	-0,07	0,6951

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Десятый режим													
1	S033	0,28	0,18	0,08	0,40	0,10	-0,23	-0,27	0,16	-0,12	0,59	0,39	0,9532
2	S041	0,35	0,27	0,06	0,05	0,20	-0,06	-0,04	0,23	0,25	0,65	0,18	0,8170
3	S046	0,20	0,15	0,16	0,23	0,03	0,09	0,06	-0,08	0,12	0,60	0,25	0,5969
4	S050	-0,11	0,42	0,32	-0,04	0,02	-0,08	-0,04	0,03	0,11	0,69	0,42	0,9664
Одиннадцатый режим													
1	S021	-0,08	0,23	0,07	0,19	-0,05	0,12	0,29	0,15	0,38	0,03	0,71	0,8732
2	S038	0,36	0,39	0,06	0,11	0,14	-0,10	0,02	0,24	0,11	0,09	0,68	0,8676
3	S039	0,07	0,29	0,07	0,13	0,07	0,31	0,05	0,08	0,16	0,12	0,73	0,9736
4	S043	0,33	0,33	0,03	0,08	0,12	0,04	0,20	-0,12	0,09	0,19	0,72	0,8581
5	S054	0,34	0,45	0,05	0,33	0,13	0,04	0,09	0,03	0,07	0,26	0,54	0,8211
6	S057	0,32	0,15	0,02	0,04	0,02	-0,21	0,05	0,18	-0,07	0,02	0,71	0,7157

Анализ результатов

По результатам начальной МГК с 71 станции Восточной Африки исследуемый регион был разделен на 11 однородных зон (рис. 2). Критерий сдерживающих факторов (Кайзера) с собственными значениями $\lambda \geq 1$ дал пятнадцать существенных собственных векторов. В табл. 1 показаны первые 15 главных компонент, которые описывают более 80 % дисперсии исходного поля сезонных сумм осадков, для марта–мая и октября–декабря.

Далее критерий Кайзера использовался при определении числа значимых факторов, сохраненных в МГК варимакс вращении. Результат варимакс вращения показывает, что самая высокая нагрузка переменных (станции) сконцентрирована от фактора первого до одиннадцатого, и все 71 переменные (станции), входящие в группу согласно режиму осадков, показаны в табл. 2. Климатические зоны Восточной Африки маркируются как А, В, С, D, E, F, G, H, I, J и K после последующего использования МГК во всех данных, окончательных результатов от варимакса вращения и сложной пространственной картографии существенных моделей группировок МГК. Пространственные границы этих групп были получены в результате использования топографических особенностей, а также доминирующих образцов потока ветра [Asnani..., 1979]. В целом одиннадцать климатических зон режима осадков Восточной Африки были идентифицированы. В табл. 3 представлены выбранные метеостанции с самой высокой общностью значений в каждой зоне. На рис. 3 и 4 показаны примеры годового хода средних многолетних значений месячных сумм осадков по четырём метеостанциям в зонах А, В, Е и F. В зоне А (рис. 3а) годовое распределение режима осадков показывает, что дожди начинаются в конце октября и продолжаются до начала мая, максимальное количество осадков наблюдается в апреле со средними ежемесячными общими суммами осадков более 320 мм.

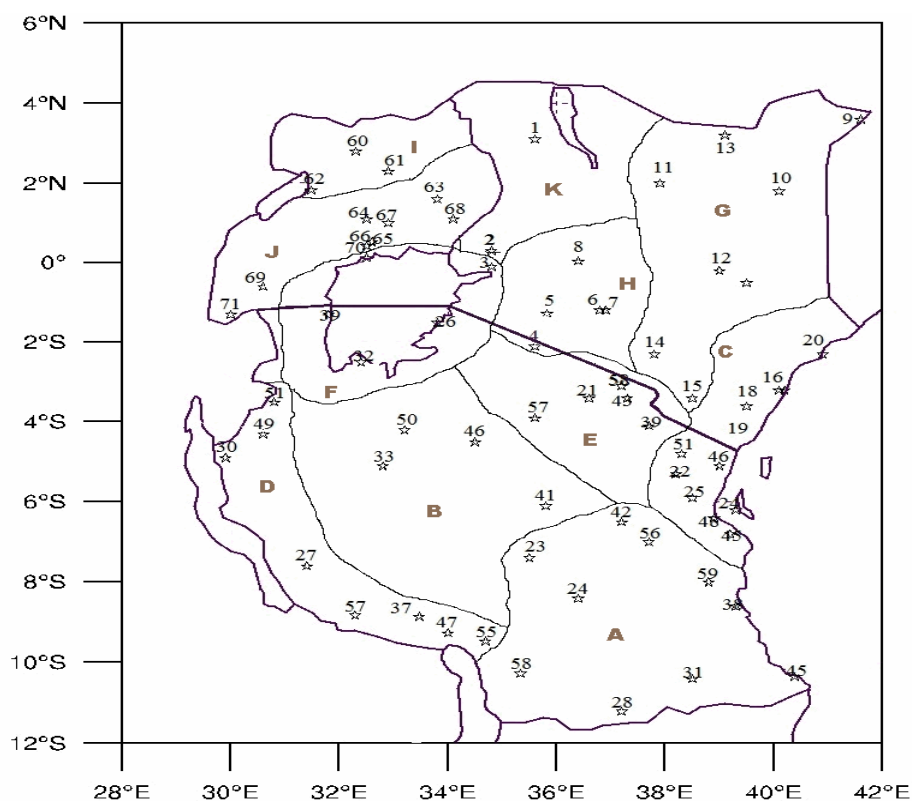


Рис. 2. Климатические однородные зоны Восточной Африки.

А – Южная часть Танзании. В – Центральная часть Танзании. С – Восточное побережье территории Танзании и Кении. Д – Западная часть Танзании. Е – Северная горная местность Танзании. F – Регион вокруг озера Виктория. G – Северо-восточная горная местность и юго-восток Кении. H – Центральные зоны разломов и область Найроби. I – Северная Уганда. J – Восточная, Центральная и Западная Уганда. K – Западная и северо-западная Кения

Таблица 3

Метеостанции с самой высокой общностью значений в каждой зоне

Зона	Метеостанция	Общность значений
A	S056	0,9768
B	S050	0,9664
C	S035	0,9791
D	S053	0,9406
E	S021	0,8732
F	S003	0,9405
G	S010	0,9527
H	S005	0,8852
I	S060	0,8842
J	S067	0,8647
K	S001	0,9410

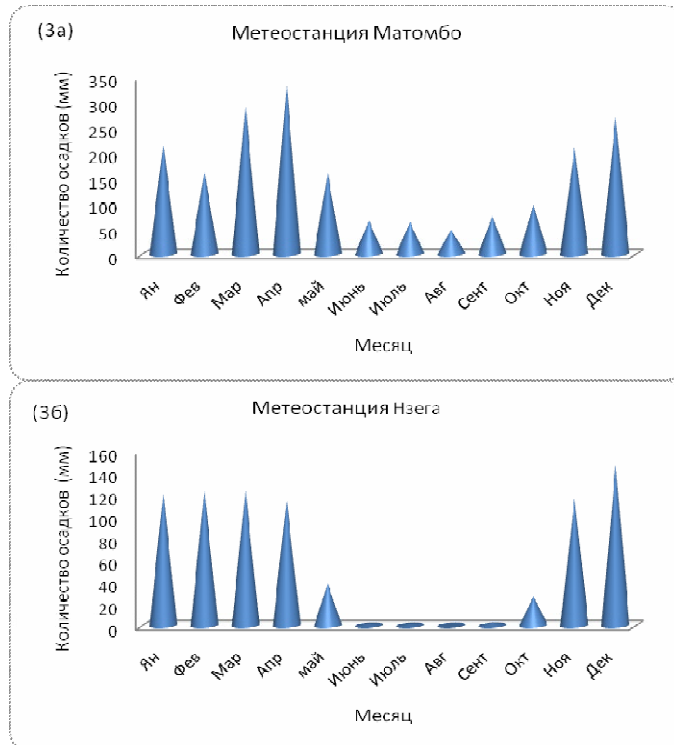


Рис. 3. Годовой ход средних многолетних значений месячных сумм осадков на метеостанции 56 (Матомбо) в зоне А (3а) и метеостанции 50 (Нзега) в зоне В (3б)

Физические процессы играют значительную роль при формировании осадков, включая приток влажности от бассейна Конго и Индийского океана и движения ВЗК. В зоне В (рис. 3б) годовое распределение режима осадков показывает, что есть один сезон дождей, находящийся между октябрём и маем, соответствующий зонам А, D, I и J. Однако максимальное количество осадков наблюдается в декабре со средними ежемесячными общими суммами осадков менее 150 мм. Это может произойти из-за низкой высоты зоны, зона В лежит на высоте 1000–1500 м над уровнем моря. Следовательно, режим осадков в этой зоне формируется в значительной степени движениями ВЗК.

В зонах Е и F (рис. 4) годовое распределение осадков является бимодальным с дождями, приходящимися на период с марта по май с максимальным количеством осадков в апреле – до 220 мм в зоне Е и 230 мм в зоне F. Второй сезон дождей приходится на период с октября по декабрь с максимальным количеством осадков в ноябре – до 110 мм в зоне Е и более 130 мм в зоне F. Однако в зоне Е осадков меньше, чем в зоне F. Это может происходить за счет регионального влияния оз. Виктория в зоне F, которое значительно повышает влажность, а в зоне Е, несмотря на орографический подъем, количество осадков уменьшается из-за ограниченной влажности на преобладающих восточных вет-

рах, при этом зоны Е и F реагируют и на синоптическое влияние движений ВЗК. Зоны С, G, Н и К подобны зонам Е и F.

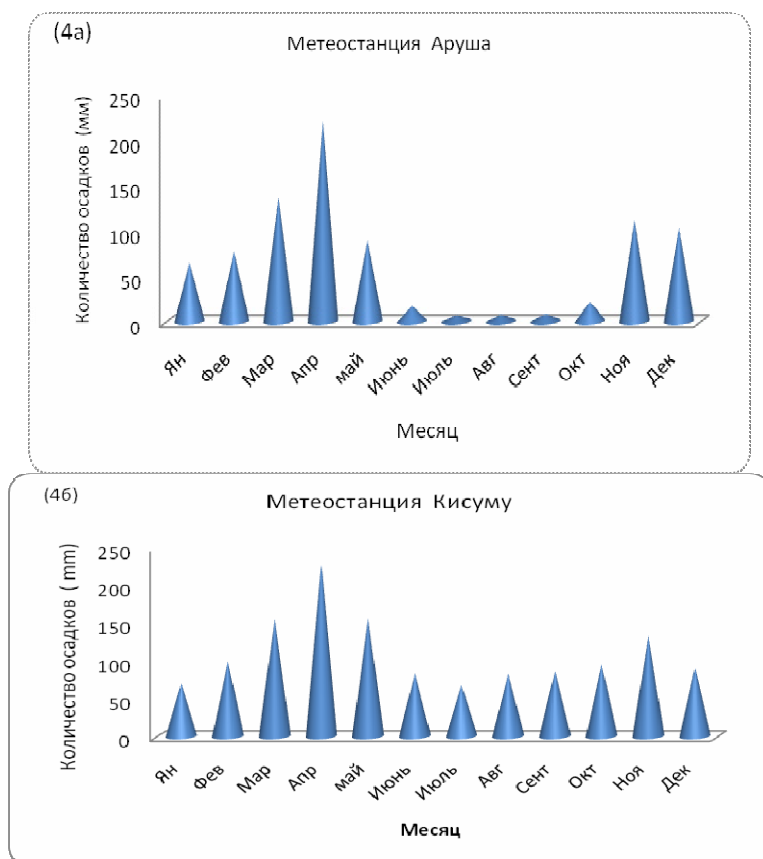


Рис. 4. Годовой ход средних многолетних значений месячных сумм осадков на метеостанции 21 (Аруша) в зоне Е (4а) и метеостанции 3 (Кисуму) в зоне F (4б)

Заключение

Исходя из результатов климатической классификации территории Восточной Африки по режиму осадков, можно прийти к следующим выводам:

1. Идентификация областей с подобными пространственными и временными особенностями осадков имеет значение в планировании и управлении хозяйственной деятельностью, зависящих от осадков, например, в определении сроков посева сезонных зерновых культур для различных областей; в определении зон риска для прогноза засухи или в предупреждении риска наводнений.

2. Климатические зоны режима осадков могут также использоваться в идентификации подходящих областей для сбора дождевой воды и для строительства водохранилищ.

Литература

- Asnani, G.C., Kinuthia J.K.* Diurnal variations of precipitation in East Africa, Kenya Meteorological Department Research report, 8(79), 1979. – 58 p.
- Barnett, T.P., R.E. Davies.* Eigenvector analysis and prediction of sea surface temperature fluctuation in the northern Pacific Ocean. Proc. WMO/IAMAP Symposium on Long-term Climatic fluctuations, Norwich, England, 1975. 439-450.
- Basalirwa C.P.K.* Raingauge Network Designs for Uganda, Ph.D. Thesis, University of Nairobi, 1991, 1991. – 235 p.
- Child D.* Factor Analysis, Holt, Rinehart and Winston, 1970. – 107 p.
- Griffiths J.F.* Eastern Africa, in *Climates of Africa // World Survey of Climatology*, vol. 10, Elsevier, 1972. – 604 p.
- Harman H.H.* Modern Factor Analysis, University of Chicago Press, 1976. – 487 p.
- Kagenda A.* A factor analytic approach to delimitation of rainfall regions of Uganda E. A. Geogr. Rev., 13, 1975. 9-36.
- Kaiser H.F.* Computer program for varimax rotation in factor analysis, Educ. Psych. Meas., 19, 1959. 413-420.
- Krishnamurti T.N., L.J. Ogallo.* Recent African climate (1979-1984). Dept. of Meteorology, Florida State University, Tallahassee, FL. Report NO. FSU-89-13. 1989,
- Morin, G., Fortin J.P., Sochanska W., Lardeau J.P., Charbonneau R.* Use of principal component analysis to identify homogeneous precipitation stations for optimal interpolation // *Water Resources Research* 15, 1979. 1841.
- Nicholson S.E.* Historical fluctuations of Lake Victoria and other Lakes in the Northern Rift valley of East Africa. J.T. Lehman (ed.), *Environmental Change and Response in East African Lakes*, Kluwer Academic Publishers: Netherlands, 1998, p. 7-35.
- North G.R., T.L. Bell, R.F. Cahalan.* Sampling errors in estimation of empirical orthogonal functions // *A. Meteorol. Soc.* 110, 1982. 699-706.
- Nyenzi B.S.* An analysis of Interannual variability of rainfall over East Africa // *J. African. Met. Soc.*, 1, No. 1, 1992. 57-79.
- Ogallo L.J.* Trend of rainfall in East Africa. Kenya // *J. of Science and Technology (A)*. 2, 1981. 83-90.
- Ogallo L.J.* The spatial and temporal patterns of the East African seasonal rainfall derived from principal component analysis. *Int. // J. Climatol.* 1989. 9, 145-167.
- Overland J.E., R.W. Preisendorfer.* A significance test for principal components applied to a cyclone climatology // *Mon. Wea. Rev.* 110, 1982. 1-4.
- Peixoto J.P., A.H. Oort.* Physics of Climate. American Institute of Physics, NY, 1992, pp. 492-496.
- Richman M.B.* 'Rotation of principal components // *J. Climatol.*, 6, 1986. 293-335.
- Semazzi H.F.M., B. Burns, N.H. Lin, J. E. Schemm.* A GCM study of the teleconnections between the continental climate of Africa and global sea-surface temperature anomalies // *J. Climate*, 9, 1996. 2480-2497.
- Storch H.V., F.W. Zwiers.* Statistical analysis in climate research. The press Syndicate of the University of Cambridge, Cambridge, UK. 1999. 400 pp.
- Trenberth K.E.* A quasi-biennial standing wave in the southern hemisphere and interrelations with sea surface temperature // *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 101, 1974. 55-74.
- WMO. Guidelines to the Quality Control of Surface Climatological Data, WCP-85, WMO/AD-No. 111, 1986. 56 p.

Т.Н. Багрова, В.В. Дроздов

**ВЛИЯНИЕ КРУПНОМАСШТАБНОЙ АТМОСФЕРНОЙ
ЦИРКУЛЯЦИИ НА КЛИМАТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ
ЗАПАДНОГО КАВКАЗА
(ТЕБЕРДИНСКИЙ БИОСФЕРНЫЙ ЗАПОВЕДНИК)**

T.N. Bagrova, V.V. Drozdov

**INFLUENCE OF LARGE-SCALE ATMOSPHERIC CIRCULATION
ON CLIMATIC PARAMETERS OF THE WESTERN CAUCASUS
(TEBERDINSKY STATE RESERVE)**

Рассмотрены основные природно-климатические особенности Западного Кавказа. Обоснована уникальность ландшафтных, флористических и фаунистических особенностей Тебердинского заповедника. Проанализированы связи температуры воздуха и атмосферных осадков с основными показателями атмосферной циркуляции над Северным полушарием. Установлены степень и характер зависимости основных климатических параметров Тебердинского биосферного заповедника от крупномасштабных процессов атмосферной циркуляции над Северо-Атлантическим регионом и Сибирским антициклоническим центром.

Ключевые слова: климат, атмосферная циркуляция, Западный Кавказ, Тебердинский заповедник.

The basic prirodno-climatic features of the Western caucasus are considered. Uniqueness of landscape, floristic and faunistic features of Teberdinsky reserve is proved. Communications of temperature of air and an atmospheric precipitation with the basic indicators of atmospheric circulation over Northern hemisphere are analysed. Presence of close connections with large-scale atmospheric processes over North Atlantic region, Siberia anticyclonical centre and climatic parametres of Teberdinsky reserve is established.

Key words: a climate, atmospheric circulation, the Western Caucasus, Teberdinsky state reserve.

Введение

Тебердинский государственный природный биосферный заповедник располагается на северных склонах Западного Кавказа, на территории Карачаево-Черкесской республики РФ. Он состоит из двух отделов – Тебердинского и Архызского, расположенных в бассейне верховий р. Теберды – левого притока р. Кубани и р. Кизгич – правого притока р. Большой Зеленчук. Рельеф заповедника весьма разнообразен и сформирован древней ледниковой деятельностью и орографическим расположением Главного, Передового и Бокового хребтов Кавказа и разделяющих их понижений – Алибекско-Домбайского и Джемагат-Мухинского, в интервале высот 1260–4047 м над уровнем моря. Такое разнообразие физико-географических факторов способствует формированию разнообразных экологических условий, проявляющихся в изменении погоды и климата. Различные сочетания этих факторов обуславливают биологическое разнообразие

и формируют своеобразные условия существования эндемиков и реликтов [Биологическое, 2006].

Являясь уникальным по красоте и разнообразию ландшафтов, Тебердинский государственный природный биосферный заповедник привлекает многих исследователей, сознающих экологические проблемы современности и пути их преодоления. Заповеднику принадлежит главенствующая роль в обеспечении жизненно важных функций человечества – чистого воздуха и чистой пресной воды. Эти качества призваны обеспечивать ненарушенные экосистемы, обладающие широким биоразнообразием и развивающиеся в тесной связи с общепланетарными процессами.

Ценность и целостность экосистемы заповедника представляет не только научный интерес, но и экскурсионно-туристский. Быстро растущая популярность экологического туризма в современном мире повсеместна, не исключение и территория Тебердинского заповедника и сердце его – Домбайская поляна. Развивается строительный гостиничный комплекс, строятся новые канатные дороги, множится число приезжающих туристов, усиливается антропогенный пресс на экосистемы. Экосистемы заповедника чутко реагируют на все даже очень малые изменения природной среды и в большой степени зависимы от экологических условий окружающей среды. Наиболее наглядным проявлением экологических условий является гидротермический режим, приводящий к дальнейшим изменениям в экосистемах. Температурный мониторинг – одна из актуальных задач изучения экологического состояния окружающей среды. Представляет значительный интерес получение и анализ подобных данных, отражающих изменение температурных параметров в местах антропогенного влияния, и сравнение их с показателями заповедных территорий в аспекте широко дискутируемого вопроса о глобальном или всё же региональном изменении (потеплении) климата [Воробьев..., 2003; Смирнов, 1998].

Целью данной работы является установление степени и характера влияния крупномасштабных параметров циркуляции атмосферы на климатические условия Тебердинского биосферного заповедника.

1. Природно-климатические особенности Тебердинского заповедника

Верховья Тебердинской долины с давних пор привлекали внимание различных исследователей. В 1878 г. известный ставропольский натуралист Н.Я. Динник описывал флору, фауну и ледники этого района. В 1897 г. по долине р. Теберды путешествовал известный исследователь Кавказа А.Н. Дьячков-Тарасов. А.К. Фон-Мекк – известный альпинист – много путешествовал в Швейцарских Альпах, находил, что по красоте своей Клухорский перевал может поспорить с самыми знаменитыми альпийскими перевалами. Участники экспедиции Русского географического общества дали высокую оценку уникальности природного комплекса и указали на необходимость принятия мер по его сохранности. В 1914 г. ученые и общественность предлагали создать в вер-

ховьях Тебердинской долины заповедник. Однако только в 1935 г. решением Карачаевского облисполкома был организован заповедник местного значения. 5 марта 1936 г., учитывая общегосударственную значимость Тебердинского района Постановлением № 40 ВЦИК Совета народных комиссаров РСФСР вынесено решение об образовании Тебердинского высокогорного акклиматизационного государственного полного заповедника. Первыми руководителями заповедника стали Вейцман Хайм Самуилович, который погиб во время Великой Отечественной войны, и Герцик Владимир Казимирович. Летом 1993 г. эксперты из Совета Европы отметили, что научная и просветительская работа Тебердинского заповедника проводится на высоком европейском уровне. В 1994 г. за мероприятия по сохранению экологических систем и развитие науки Совет Европы наградил Тебердинский заповедник Европейским Дипломом Первой Степени. В 1997 г. заповедник получил статус биосферного [Биологическое, 2006].

Заповедник представлен двумя кластерными участками – Тебердинским и Архызским, которые репрезентируют в совокупности все богатство флоры и фауны кавказского высокогорья. В настоящее время общая площадь заповедника составляет 85 064 га. Площадь Тебердинского участка 65 792 га, Архызского участка 19 272 га. Вокруг заповедных участков установлена охранный зона шириной до 5 км общей площадью 36 350 га, в том числе вокруг Тебердинского участка 20 300 га, вокруг Архызского участка 16 050 га [Биологическое, 2006; Братков..., 2005].

Тебердинский заповедник расположен на северном макросклоне Главного Кавказского хребта в самой восточной части высокогорного северо-западного Кавказа, являющейся переходной зоной к Центральному Кавказу. Это типичная горная местность, где 83 % территории находится на высоте свыше 2000 м над уровнем моря. В заповеднике известно более 100 ледников, составляющих 10 % от всей территории. Участок хребта, расположенный на территории Тебердинского заповедника, имеет протяженность 42,5 км и покрыт не только ледниками, но и вечными снегами. Территория заповедника включает более 150 озер ледникового происхождения. Озера необычайно красивы, они лежат в верховьях горных долин или на склонах на высоте 2000–3000 м над уровнем моря.

Благодаря близости Черного моря климат влажный и теплый, что способствует развитию большой площади тепло- и влаголюбивых широколиственных горных лесов. Характер ландшафтов на территории Тебердинского заповедника тесно связан с высотой над уровнем моря. Они располагаются этажами. Нижний этаж (от 1260 до 2400 м над уровнем моря) занимают горные лесные ландшафты. Сосновые леса иногда поднимаются до высоты 2500–2550 м. Местами в горные леса вклиниваются субальпийские луга, и тогда граница леса лежит несколько ниже [Братков..., 2005].

Разнообразие условий в сочетании с расположением территории заповедника на стыке двух ботанико-географических округов, между Западным и Центральным Кавказом, обусловили большую флористическую насыщенность и

богатство растительного покрова заповедника. Флора сосудистых растений включает 1200 видов. Она отличается высоким своеобразием и включает большую долю высокогорных видов. Лесная растительность занимает 36 % территории заповедника. Она представлена широколиственными, мелколиственными и хвойными лесами. Последние занимают большие площади и образованы преимущественно сосной и кавказской пихтой, в качестве сопутствующей породы выступает ель восточная. Наиболее разнообразна высокогорная растительность, которая по флористической классификации относится к 11 классам. Растительность осыпей, морен, россыпей и речных галечников включает флористически богатые сообщества всех высотных поясов. Наиболее уникальны субнивальные осыпные группировки, в составе которых много редких видов растений. Небольшие участки в субальпийском и альпийском поясах занимают высокогорные болота. Они развиваются в условиях подпочного увлажнения, в их состав входят многие редкие виды мохообразных и орхидных. Уникальны и сообщества высокогорных ручьев. Они формируются по днищам и берегам ручьев и небольших речек, около родников с постоянно текущей холодной водой. Немногие сосудистые растения формируют здесь разреженный покров при сплошном покрове листостебельных мхов.

Альпийские луга заповедника очень своеобразны. На обдуваемых склонах и гребнях альпийского пояса формируются своеобразные лишайниковые пустоши. Они в наибольшей степени близки к горным тундрам других горных систем Евразии. Уникальность Тебердинского заповедника заключается также в наличии на его территории обширных участков альпийских и субальпийских лугов, не подвергавшихся выпасу в течение последних 60 лет. Таких массивов лугов нет ни в одном другом заповеднике нашей страны. Уникальны и разнообразны также сообщества альпийских ковров, приуроченные к местам обильного снегонакопления в зимнее время. Эти сообщества крайне уязвимы к неумеренному выпасу и сильно деградировали на незаповедных территориях. Субальпийское высокотравье развито в условиях хорошего обеспечения почвы водой и элементами минерального питания. В его составе большое количество видов, имеющих высокую эстетическую ценность благодаря крупным и многочисленным цветкам или соцветиям. Особое место занимают кустарниковые стланики. Они представлены обширными массивами рододенников, можжевельников, а также кустарничковых пустошей [Багров, 2006; Биологическое, 2006].

Тебердинский государственный биосферный заповедник играет важную роль в сохранении животного мира Западного Кавказа. Животное население сформировалось в результате сложных процессов местного видообразования (кавказский тур, кавказский тетерев, аполлон Нордмана и др.) и фаунистических влияний со стороны хвойно-широколиственных лесов Западной Европы (лесной кот, соня-полчок, черный дрозд и др.), лесной зоны Евразии (рысь, бурый медведь, мохноногий сын и др.), нагорьев Центральной Азии (альпийская галка, черный гриф, снежная полевка и др.) и Средиземноморья (серна, белозо-

бый дрозд). Кроме того, характерны ледниковые реликты (каменная кобылка и др.). Многие популяции животных, относящихся к разным фаунистическим группам, вследствие более или менее длительной изоляции от основных ареалов, образовали новые виды или подвиды.

Согласно наиболее распространенной схеме фаунистического районирования, территория Тебердинского заповедника относится к Кавказскому лесному округу Европейской лесной провинции и к Кавказскому горнолуговому округу Нагорно-Азиатской провинции. По зоогеографическому районированию, предложенному Н.К. Верещагиным (1958), Тебердинский заповедник лежит в Кавказском округе Средиземноморской области, для которой характерны два основных типа: мезофильный и ксерофильный. На Западном Кавказе преобладает первый тип, а на Восточном – второй. Тебердинский заповедник, расположенный в восточной части Западного Кавказа, имеет фауну, переходную между мезофильным и ксерофильным типами. В Тебердинском заповеднике велика доля высокогорных местообитаний. Отмеченные особенности зоогеографического положения и высокая степень сохранности естественных экосистем обуславливают высокое видовое разнообразие животного мира Тебердинского заповедника. Здесь отмечено 262 вида позвоночных и около 1750 видов беспозвоночных животных.

На территории заповедника зарегистрировано 74 вида животных, нуждающихся в охране. Из них: 54 вошли в Красную книгу Карачаево-Черкесии (1988); 36 – в Красную книгу России (2000); 17 – в федеральный "Перечень объектов животного мира, нуждающихся в особом внимании" (2000). Охранный статус 17 видов и подвидов подтверждены международными соглашениями (приложения 1-3 к Конвенции СИТЕС). Возможны встречи еще 12 видов животных, занесенных в Красную книгу России. Из шести аборигенных видов отряда парнокопытных (*Artiodactyla*) эндемик Западного Кавказа – западно-кавказский тур (*Capra caucasica Guldenstaedt*) – наиболее характерный обитатель заповедника. Он населяет скалистые участки высокогорий Главного Кавказского хребта, где осуществляются нерегулярные перекочевки, обеспечивающие связь популяций Западного и Центрального Кавказа, разобщенных крупной долиной Теберды. Некоторые авторы считают верховья этой реки условной границей между зонами распространения западнокавказской и центральнокавказской форм тура. Сохранение жизнеспособного ядра популяции туров – одна из основных задач ООПТ. Оказывая существенное влияние на травяной покров альпийских лугов, этот вид животных является фактором регуляции лавиноопасности и влияет на скорость эволюции высокогорных экосистем. Кроме того, кубанский тур имеет огромное эстетическое значение как неотъемлемый элемент горных ландшафтов Западного Кавказа.

На Архызском участке заповедника реакклиматизирован зубр – вид находящийся под угрозой исчезновения. В 1968 и 1978 гг. здесь было выпущено соответственно 22 и 7 зубров кавказско-беловежской линии (*Bison bonasus caucasicus*). Звери хорошо освоились в горных условиях. Расселение этих животных

сдерживается отсутствием в округе мест, пригодных для обитания зубров и свободных от хозяйственной деятельности.

Тебердинский заповедник относится к числу ключевых орнитологических территорий международного значения. Здесь отмечено 202 вида птиц, что составляет около 80 % орнитофауны Западного Кавказа и 56 % орнитофауны всего Кавказа. В пределах ООПТ гнездится 90 видов птиц. Птичье население бассейна р. Теберды носит смешанный характер. В лесном поясе преобладают представители фауны Европейских хвойно-широколиственных лесов: снегирь, серая неясыть, зеленый дятел и таежной зоны Евразии – мохноногий сыч, клест-еловик. В горно-луговом поясе преобладают виды, относящиеся к центрально-азиатскому (тибетскому) типу фауны: бородач, альпийская галка, большая чечевица и др. К ним добавляются: монголо-тибетский вид – клушица; монгольский вид – каменка плясунья и монголо-средиземноморские виды – горихвостка-чернушка, горная ласточка и др. Велика роль заповедника в сохранении местообитаний редких представителей орнитофауны. На его территории отмечено 40 видов птиц, нуждающихся в охране. Из них: 27 видов занесено в Красную книгу Карачаево-Черкесии; 22 – в Красную книгу России; 7 – в федеральный перечень видов, нуждающихся в особом внимании. Охранный статус 13 видов подтвержден международными соглашениями [Биологическое, 2006].

В Тебердинском заповеднике имеется 50-летний ряд наблюдений по теме: «Динамика гидротермического и физико-химического режимов почв». Наблюдения проводятся на стационарных площадях высотно-экологического профиля (ВЭП) «Малая Хатипара», «Сосна-1», «Сосна-1А», «Сосна-3», «Пихта-3», «Луг-Зв», расположенных в различных физико-географических и экологических условиях [Багрова, 2006; Владычский, 2003;]. Анализ температурной зависимости приводится в двух высотных поясах – в среднегорье – с относительными высотами 1330 – 2000 м над уровнем моря и высокогорье – 2350–3000 м над уровнем моря. Расположенные на территории заповедника метеостанции «Зеленчукская» (929 м), «Теберда» (1329 м) и «Северный Клухор» (2037 м) позволяют оценить колебания важнейших климатических параметров за несколько последних десятилетий [Багрова, 2006; Братков..., 2005].

2. Оценка влияния на климатические параметры Тебердинского биосферного заповедника крупномасштабных процессов атмосферной циркуляции

Климат северной, центральной и южной Европы 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 [Трешников, 1974]. Благодаря им в умеренных широтах над Северной Атлантикой постоянно осуществляется перенос воздушных и поверхностных водных масс и тепловых потоков с запада на восток. Интенсивность переносов в атмосфере и океане подвержена значительным колебаниям во времени вследствие того, что параметры центров действия атмосферы, т.е. их положение в пространстве и интенсивность, изменяются во времени весьма заметно. Изменения их интенсивности определяют не только интенсивность зональной циркуляции, но, как показано в [Воробьев, 2003; Воробьев, 2010; Мартынова, 1990], и интенсивность меридиональных переносов воздушных масс в атмосфере и поверхностных вод в океане. 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 [Смирнов, 2003] был разработан обобщенный индекс Северо-Атлантического колебания ($NAO_{об.}$), 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 Северной Европы [Воробьев, 2003] и в Северной Атлантике в целом [Смирнов, 2003].

Для метеорологических исследований представляет 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 [Гирс, 1971]. Разработанная типизация макросиноптических процессов основана на понятии элементарного синоптического процесса, в течение которого в данном районе сохраняются основные направления воздушных течений и, следовательно, знак барического поля. Все виды атмосферных процессов для Восточного полушария были подразделены на три формы атмосферной циркуляции: западная (*W*), восточная (*E*) и меридиональная (*C*). При *W*-форме циркуляции во всей толще атмосферы усиливается западный перенос, отмечается зональное смещение циклонов из Атлантического океана на восток, а в холодное время года – вынос теплых воздушных масс океанического происхождения. Для *E*-формы циркуляции характерно наличие в тропосфере главного потока восточного направления и развитие у поверхности земли антициклонов, смещающихся на Европейскую территорию России с северо-востока. При *C*-форме циркуляции над восточной частью Атлантики и Западной Европы формируется высокий теплый антициклон, по западной периферии которого происходит вынос теплого воздуха

на северные широты. Для формы С характерны более значительные меридиональные переносы воздушных масс и барических образований, чем для формы Е.

Представляется также целесообразным оценить степень и характер влияния на климатические характеристики Западного Кавказа мощных антициклонических систем – Арктической и Сибирской. Арктический антициклон располагается обычно в восточном секторе Арктики, и по причине своего весьма удаленного географического расположения от Кавказского региона, очевидно, не способен прямо оказывать воздействие на местные климатические характеристики. Однако в зависимости от своей выраженности и пространственной динамики данное барическое образование может влиять на параметры атмосферного давления и центры действия в Северной Атлантике, в частности на Исландский минимум давления [Воробьев, 2010]. Это, в свою очередь, приводит к изменениям Северо-Атлантического колебания, траекторий движения циклонов над Европой и интенсивности переноса тепла и влаги с океана на континент. Данные о среднегодовых значениях атмосферного давления в центре Арктического антициклона получены из работы [Воробьев, 2003].

Сибирский антициклон формируется над восточной Сибирью, Якутией и близлежащими областями. Наибольшая активность выражена в осенне-зимний период. Известно, что географическое положение Сибирского антициклона подвержено значительной временной изменчивости и его отроги способны достигать Кавказа. Поэтому исследование влияния данного центра действия атмосферы на климат Тебердинского заповедника также представляется правомерным.

В табл. 1 и 2 представлены результаты корреляционного анализа степени и характера связи между многолетней динамикой обобщенного индекса Северо-Атлантического колебания, форм циркуляции атмосферы Вангенгейма-Гирса, давлением в центре Арктического и Сибирского антициклонов, а также характеристиками положения Сибирского антициклона и изменчивостью температуры воздуха атмосферных осадков на метеостанциях в районе Тебердинского биосферного заповедника.

Таблица 1

Коэффициенты корреляции между климатическими параметрами на метеостанциях Тебердинского заповедника и показателями циркуляции атмосферы над Северной Атлантикой и Европой

Метеостанции	Параметр	Показатель циркуляции атмосферы				
		NAO _{об.}	W-форма	С-форма	Е-форма	Арктический антициклон
Крухорский перевал	Температура	-0,41**	-0,041	0,08	-0,01	0,53**
	Осадки	-0,08	0,285	0,17	-0,07	0,32*
Теберда	Температура	-0,22	0,21	0,03	0,16	0,43**
	Осадки	0,005	0,22	0,03	0,15	0,41**
Зеленчукская	Температура	-0,136	0,25	0,21	-0,34*	0,36*
	Осадки	0,16	0,001	0,03	-0,06	0,13

Примечание. Коэффициенты корреляции, выделенные знаком «**», соответствуют 99 %-ному уровню обеспеченности, знаком «*» – 95 %-ному.

Таблица 2

**Коэффициенты корреляции между климатическими параметрами на метеостанциях
Тебердинского заповедника и показателями активности Сибирского антициклона**

Метеостанция	Параметр	Показатель активности Сибирского антициклона			
		Давление за зиму	Давление за осень	Долгота за осень	Широта за осень
Крухорский перевал	Температура	0,06	0,16	-0,22	-0,36*
	Осадки	-0,12	0,17	-0,08	-0,13
Теберда	Температура	-0,12	-0,03	-0,13	-0,25
	Осадки	0,07	0,085	-0,37*	-0,08
Зеленчукская	Температура	-0,06	-0,12	0,07	-0,41**
	Осадки	-0,04	0,05	-0,15	-0,11

Примечание. Коэффициенты корреляции, выделенные знаком «**», соответствуют 99 %-ному уровню обеспеченности, знаком «*» – 95 %-ному.

Как видно из представленных в табл. 1 результатов, между Северо-Атлантическим колебанием и температурой воздуха на всех метеостанциях заповедника наблюдается отрицательный характер связи. Однако связь можно признать достаточно тесной и значимой только для метеостанции Клухорский перевал (рис. 1). Рост интенсивности атмосферной циркуляции над Северной Атлантикой приводит к снижению температуры воздуха на юго-востоке Европы и в пределах Западного Кавказа в силу направленности основных циклонических вихрей на северо-восток [Смирнов, 1998]. Причем в районе Тебердинского заповедника наиболее тесная связь с $NAO_{об.}$ наблюдается на возвышенностях (более 2000 м). В более низменных участках температурный режим, по-видимому, формируется в основном за счет региональных и локальных климатообразующих факторов, в зависимости от конкретных форм рельефа и местной атмосферной циркуляции. Тем не менее, в некоторых районах заметно также и влияние крупномасштабных процессов. Отмечается обратный характер связи между температурой на метеостанции Теберда и восточной Е-формы циркуляции атмосферы по типизации Вангенгейма-Гирса. Интересным является факт наличия достаточно тесных значимых связей положительного характера между давлением в центре Арктического антициклона и температурой воздуха, а также величинами осадков практически на всех анализируемых метеостанциях. Причем снова наиболее тесные связи наблюдаются с климатическими параметрами в высокогорных районах (Клухорский перевал), по мере уменьшения высотных отметок, теснота связи заметно снижается (Зеленчукская). Очевидно, что в данном случае Арктический антициклон оказывает не прямое свое воздействие, а косвенное, влияя в первую очередь на центры действия атмосферы Северной Атлантики. В частности, развитие Арктического антициклона способно привести к снижению выраженности Исландского минимума атмосферного давления и таким образом привести к снижению Северо-Атлантического колебания [Воробьев, 2003; Воробьев, 2010]. При низких градиентах атмосферного давления между Исландским минимумом и Азорским максимумом траек-

тории атлантических циклонов приобретают юго-восточное направление и перенос тепла и влаги осуществляется по направлению к Азово-Черноморскому региону, Кавказу и Каспию.



Рис. 1. Сравнение многолетней динамики температуры воздуха на ст. Клухорский перевал с изменчивостью обобщенного индекса Северо-Атлантического колебания

Представленные в табл. 2 результаты корреляционного анализа связи климатических параметров Тебердинского заповедника с параметрами Сибирского антициклона свидетельствуют об отсутствии существенного влияния давления в центре антициклона на температуру воздуха и величины атмосферных осадков. Однако анализ влияния динамики географического положения ядра Сибирского антициклона показал наличие значимых связей отрицательного характера с температурой воздуха на Клухорском перевале и метеостанции Зеленчукская (рис. 2). Увеличение широты положения данного центра действия в осенний период приводит к снижению температуры на указанных станциях. С величинами осадков на метеостанции Теберда также установлен обратный характер связи, но в данном случае большую роль играет долгота положения Сибирского антициклона за осенний период (рис. 3).



Рис. 2. Сравнение многолетней динамики температуры воздуха на ст. Зеленчукская с изменчивостью широты положения центра Сибирского антициклона за осень

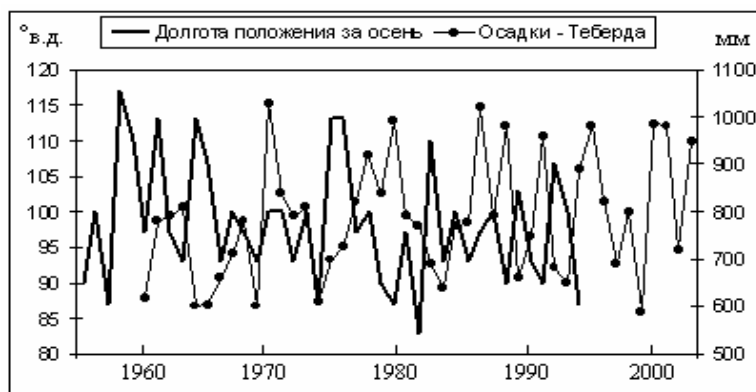


Рис. 3. Сравнение многолетней динамики количества атмосферных осадков на ст. Теберда с изменчивостью долготы положения центра Сибирского антициклона за осень

Таким образом, крупномасштабные атмосферные циркуляционные процессы над Северной Атлантикой, Арктикой и Восточной Сибирью способны оказывать вполне заметное влияние на климатические показатели Западного Кавказа и Тебердинского заповедника. В целом же климат данного района формируется путем достаточно сложного сочетания многих влияющих климатообразующих процессов, причем как крупномасштабных, наиболее заметных в высокогорных участниках, так и местных, локальных, более выраженных в долинах и низменностях.

Рассматривая особенности многолетней динамики температуры воздуха и величин атмосферных осадков на метеостанциях Тебердинского заповедника с 1960 по 2004 г., можно прийти к следующему. На метеостанции Зеленчукская (рис. 2) за указанный период средняя годовая температура воздуха увеличилась на $0,5^{\circ}\text{C}$ [Братков, 2005]. Наиболее существенно возросла температура зимнего периода – на $1,0\text{--}1,4^{\circ}\text{C}$. В целом, с начала 1960-х до середины 1970-х годов наблюдалось некоторое падение температуры, затем стабилизация и рост. Однако начало 1990-х годов было самым холодным за весь период имеющихся наблюдений. Именно в это время интенсивность атмосферной циркуляции над Северной Атлантикой достигла своих наиболее высоких значений за последние 100 лет [Воробьев, 2010; Смирнов, 1998]. При этом направленность траекторий циклонов существенно изменилась – генеральным стало северо-восточным направление (регион Балтийского, Белого и Баренцева морей). Юго-восток Европы оказался под преобладающим влиянием антициклонических воздушных масс, что и привело к снижению температуры воздуха и величин атмосферных осадков.

На метеостанции Теберда за период с 1960 по 2004 г. рост температуры составил только $0,1^{\circ}\text{C}$. Наиболее выраженный прирост температуры воздуха отмечался также зимой (в январе и декабре). Годовое количество осадков увели-

чилось на 84 мм. Среднегодовая температура воздуха на метеостанции Клухорский перевал за тот же период возросла на 0,4 °С. Наиболее существенное повышение также наблюдалось за холодный период (с декабря по апрель). Температура теплого периода возросла незначительно. Годовое количество осадков увеличилось на 23 мм, что при средней их величине в 1800 мм незначительно [Братков, 2005].

Таким образом, за последние 35–40 лет в климатических параметрах Тебердинского заповедника произошли некоторые изменения, связанные с незначительным ростом температуры воздуха и величин атмосферных осадков. Однако на всех анализируемых станциях отмечаются большие амплитуды колебаний метеопараметров, что может объясняться, как уже говорилось, многофакторностью климатообразующих процессов. В целом же установленные особенности многолетней динамики температуры воздуха и атмосферных осадков вполне согласуются с параметрами естественной изменчивости основных центров действия атмосферы Северного полушария. Дальнейшее исследование климатических изменений и их причин на территории Западного Кавказа и Тебердинского биосферного заповедника, с учетом влияния крупномасштабной атмосферной циркуляции, позволит решить важную практическую задачу – разработать основы методики прогнозирования степени влагонасыщения почвы и селевой опасности.

Литература

1. Багрова Т.Н. Динамика гидротермических параметров почв высотно-экологического профиля «Малая Хатипара» Тебердинского заповедника. – В кн.: «Биологическое и ландшафтное разнообразие Северного Кавказа и особо охраняемых природных территорий» // Труды Тебердинск. госуд. природн. заповедн. Вып. 43 / Под ред. Д.С. Салпагарова. – М.: Илекса; Ставрополь: Сервисшкола, 2006, с. 192-201.
2. Биологическое и ландшафтное разнообразие Северного Кавказа и особо охраняемых природных территорий // Труды Тебердинского государственного природного заповедника. Вып. 43 / Под ред. Д.С. Салпагарова. – М.: Илекса; Ставрополь: Сервисшкола, 2006. – 335 с.
3. Братков В.В., Салпагаров А.Д., Мокроусов Д.О. Сезонная динамика ландшафтов Тебердинского заповедника: монография. – М.: Илекса; Ставрополь: Сервисшкола, 2005. – 96 с. – (Сер. «Научные труды Тебердинского государственного заповедника биосферного заповедника»; вып. 44).
4. Владыченский А.С., Гришина Л.А. Почвы Тебердинского заповедника // Динамика, структура и современные почвенные процессы. – Калинин: Изд-во ЦНИЛ Главохота РСФСР, 1987, с. 65-87.
5. Воробьев В.Н., Смирнов Н.П. Арктический антициклон и динамика климата Северной Полярной области. – СПб.: изд. РГГМУ, 2003. – 82 с.
6. Воробьев В.Н., Дроздов В.В., Смирнов. Сезонная и многолетняя изменчивость циркуляции атмосферы и океана в Северной Атлантике // Ученые записки РГГМУ, 2010, № 12.
7. Гирс А.А. Многолетние колебания атмосферной циркуляции и долгосрочные гидрометеорологические прогнозы. – Л.: Гидрометеоиздат, 1971. – 280 с.
8. Мартынова Т.В. О колебаниях положения и интенсивности центров действия атмосферы // Метеорология и гидрология, 1990, № 4, с. 50-55.
9. Смирнов Н.П., Воробьев В.Н., Кочанов С.Ю. Северо-Атлантическое колебание и климат. – СПб.: изд. РГГМУ, 1998. – 122 с.
10. Трешников А.Ф. Центры действия атмосферы и гидросферы // Проблемы Арктики и Антарктики, 1974, вып. 43-44, с. 153-170.

А.А. Власов, В.И. Воробьев

**НОМОГРАММЫ ДЛЯ РАСЧЕТА ВЕРОЯТНОСТНЫХ ОЦЕНОК
ВОЗМОЖНОСТЕЙ МОНИТОРИНГА ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ
СПУТНИКОВЫМИ ОПТИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ
В ОБЛАЧНОЙ АТМОСФЕРЕ**

A.A. Vlasov, V.I. Vorobjov

**NOMOGRAPHIC CHARTS FOR ESTIMATION
OF EARTH SURFACE MONITORING PROBABILITY
BY OPTICAL SATELLITE SYSTEMS**

В работе описан метод, позволяющий получить оценки необходимого количества пролётов спутника над интересующим объектом для заданной вероятности успешного мониторинга интересующего объекта при известном общем количестве облачности. Для практического применения на основе метода построены номограммы.

Ключевые слова: ИСЗ, оптические системы, успешность землеобзора, влияние облачности.

The method for estimation of number of satellite passes required for successful monitoring of a target with given probability and given cloudiness is presented. A set of nomographic charts based on the method is created for practical applications.

Key words: Artificial Earth satellites, optical systems, Earth surveying efficiency, influence of cloudiness.

Номографией называется область математики, в которой рассматривается теория построения номограмм – особых чертежей, служащих для решения различных уравнений. Номография, таким образом, имеет своей задачей построение чертежей, эквивалентных выбранным формулам [Глаголев, 1961]. Пользование этими чертежами для получения конечного результата не требует никаких дополнительных построений или расчетов. Искомая величина отыскивается непосредственно на самой номограмме. Поэтому номограмма является готовым инструментом для расчета по данной формуле.

Номограммы широко используются в метеорологии, в частности при прогнозировании погоды. Примером могут служить, так называемые аэрологические диаграммы [Успенский, 1969]. С их помощью по результатам температурно-ветрового зондирования атмосферы можно, не прибегая к расчетам, получить значения эквивалентной, потенциальной (псевдопотенциальной), виртуальной температуры воздуха, высоты границ конвективно-неустойчивого слоя и еще ряд характеристик состояния атмосферы. С помощью номограмм определяются максимальная скорость конвективных вертикальных движений при прогнозе града, скорость геострофического ветра (градиентные линейки) и т.п.

Поскольку наблюдения с ИСЗ за объектами, находящимися на поверхности Земли, ведутся регулярно, в том числе и в оптическом диапазоне длин волн, целесообразно номографировать формулы, позволяющие, с учетом экранирующе-

го влияния облачности, рассчитать количество пролетов ИСЗ с суточным интервалом, обеспечивающее приемлемую для потребителя вероятность их инспектирования. При этом, обычно, целесообразно предварительно оценить возможности получения полезной информации от оптических систем спутникового наблюдения с требуемой периодичностью и вероятностью (P_k).

Решение задачи планирования производства наблюдений в том или ином районе впервые было предложено одним из авторов настоящей статьи [Воробьев, 1990] с использованием архива ежедневных спутниковых данных, снятых с карт нефанализа по формуле

$$P_k = 1 - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \prod_{i=1}^k N_i, \quad (1)$$

где N_i – количество общей облачности в i -й день; k – количество пролетов ИСЗ над исследуемым районом с интервалом в одни сутки; n – количество интервалов по k наблюдений в архивной выборке ежедневных значений количества общей облачности; j – количество ежедневных наблюдений за количеством общей облачности в архивной выборке.

По ней, используя данные архива ежедневных данных о количестве общей облачности, рассчитывается значение вероятности успешности обзора земной поверхности с помощью оптической аппаратуры при различном числе пролетов ИСЗ с суточным интервалом над интересующим потребителя районом. По результатам таких расчетов можно построить таблицы и карты территориального распределения вероятностей успешного обзора земной поверхности при одном, двух и т.д. пролетах ИСЗ с суточным интервалом. Затем выбрать вариант, обеспечивающий заданную вероятность инспектирования наземного объекта и соответствующее ему количество пролетов ИСЗ с суточным интервалом.

В качестве примера реализации такого подхода к оценке ожидаемых условий наблюдений за земной поверхностью в оптическом диапазоне в этой статье приведены карты количества пролетов ИСЗ с суточным интервалом, необходимых для априорной оценки состояния земной поверхности северного полушария в заданном районе с вероятностью 95 % в январе и июле. Подобные сведения позволяют оценить возможности использования оптических систем землеобзора в различных географических районах, в разные сезоны года, т.е., по существу, осуществлять перспективное планирование их применения.

Недостатком, ограничивающим практическое применение рассмотренного метода априорной оценки вероятности успешного обзора земной поверхности, с одной стороны, является многоступенчивость расчетов, т.е. поисковый подбор варианта, обеспечивающего заданную вероятность успешного обзора земной поверхности и его периодичность. С другой стороны, это необходимость формирования и обработки больших массивов ежедневных данных о среднем количестве общей облачности. В то же время в отечественной и зарубежной литературе приводятся результаты обработки таких архивов в виде многолетних (кли-

матических) характеристик общей облачности.

В работе [Воробьев, 2002] было показано, что без сколько-нибудь существенной потери точности расчеты вероятности успешного обзора земной поверхности при планировании, так же как и количество пролетов ИСЗ с суточным интервалом, обеспечивающее эту вероятность, можно выполнять по формуле

$$P_k = 1 - N_{\text{ср}}^k, \quad (2)$$

где $N_{\text{ср}}$ – среднее месячное (климатическое) количество общей облачности в данном районе (кватрате).

Сравнение результатов расчетов по формулам (1) и (2) показало, что отличия в значениях вероятности не превышают 1 %.

На рис. 1 представлены результаты номографирования формулы (2). Исходными для расчета данными являются: приемлемое для потребителя значение вероятности успешного обзора земной поверхности (изолинии на поле номограммы) и среднее месячное (климатическое) значение количества общей облачности в зоне инспектируемого района.

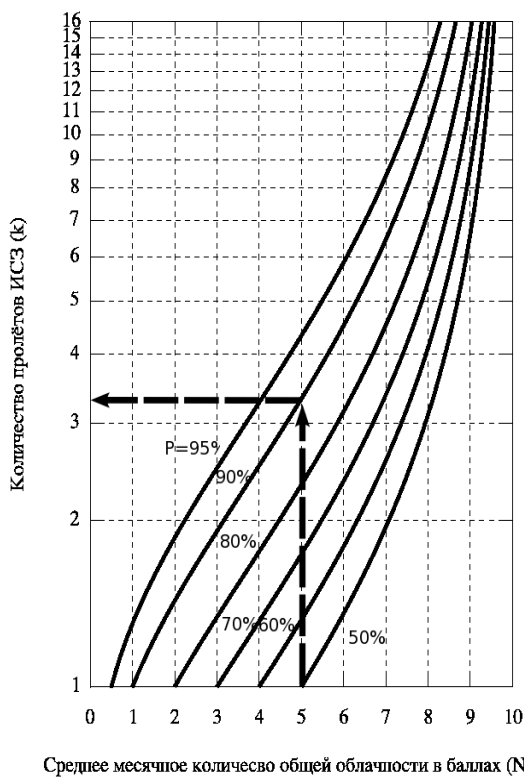


Рис. 1. Номограмма для расчета количества пролетов ИСЗ (k) с суточным интервалом по заданным значениям вероятности успешного обзора земной поверхности (P) и среднему месячному количеству общей облачности ($N_{\text{ср}}$).
Стрелками показан пример расчета для $N_{\text{ср}} = 5$ баллов и $P_k = 90\%$

Примером практического использования варианта такой номограммы при оценке возможностей использования спутниковых оптических систем являются результаты расчетов по ней 90 %-ной вероятности обзора Антарктиды и прилегающей акватории Южного океана в навигационный период [Воробьев, 2006, 4].

Во время производства непрерывных наблюдений за состоянием земной поверхности с помощью оптических спутниковых систем землеобзора и находящихся на ней объектами возникает необходимость оценки вероятности получения положительного результата, если при исходном пролете объект наблюдения был закрыт облачностью.

Решение этой задачи основывается на предположении, что влияние исходного (при начальном пролете ИСЗ) количества общей облачности на последующее распределение вероятности успешного обзора земной поверхности ограничивается результатами наблюдений только при 1-2 последующих пролетах ИСЗ. Это связано со слабой межсуточной корреляцией среднего количества общей облачности [Воробьев, 1981]. В последующие сутки распределение количества общей облачности должно соответствовать климатическому. Поэтому в [Воробьев, 2006, 5] предложена и апробирована путем параллельных расчетов с ежедневными данными по формуле (1) следующая формула:

$$P_k = 1 - N_H N_{\text{ср}}^k, \quad (3)$$

где N_H – количество общей облачности в момент пролета ИСЗ, закрывающей объект наблюдения.

Ошибки расчетов по формуле (3), если в качестве критерия использовать результаты расчетов по данным ежедневных наблюдений, не превышают 3 % и наиболее велики впервые два дня после того, как объект наблюдения был закрыт облачностью.

В нашем случае задача состоит в определении необходимого количества пролётов ИСЗ (k) после того, как наземный объект наблюдения оказался закрытым облаками. Поэтому при номографировании формулу (3) удобнее использовать в виде

$$N_{\text{ср}}^k = \frac{1 - P_k}{N_H}. \quad (4)$$

На рис. 2 представлена номограмма для расчета правой части формулы (4). Исходными данными для расчетов являются значения вероятности успешного обзора объекта наблюдения (изолинии на поле номограммы) и количество общей облачности, закрывшей объект наблюдения при пролете ИСЗ над ним (ось абсцисс). Снятая с оси ординат величина представляет собой значение правой части формулы (4), т.е. $N_{\text{ср}}^k$, и является одним из входных параметров в следующую номограмму (рис. 3), по оси абсцисс которой отложена искомая величина – необходимое количество пролетов ИСЗ, обеспечивающее приемлемую для потребителя вероятность успешного обзора объекта наблюдения.

Таким образом, воспользовавшись приведёнными в статье номограммами, можно в оперативном режиме оценить возможности использования оптических систем землеобзора, как при планировании их применения, так и непосредственно в процессе производства наблюдений за состоянием подстилающей поверхности и находящимися на ней объектами.

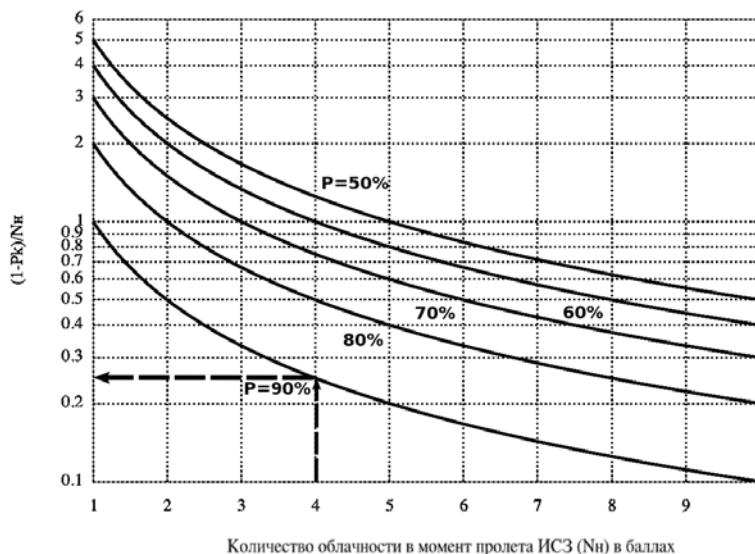


Рис. 2. Номограмма для расчета $N_{кр}^k$. Стрелками показан пример расчета для $N_H = 4$ балла и $P_k = 90\%$

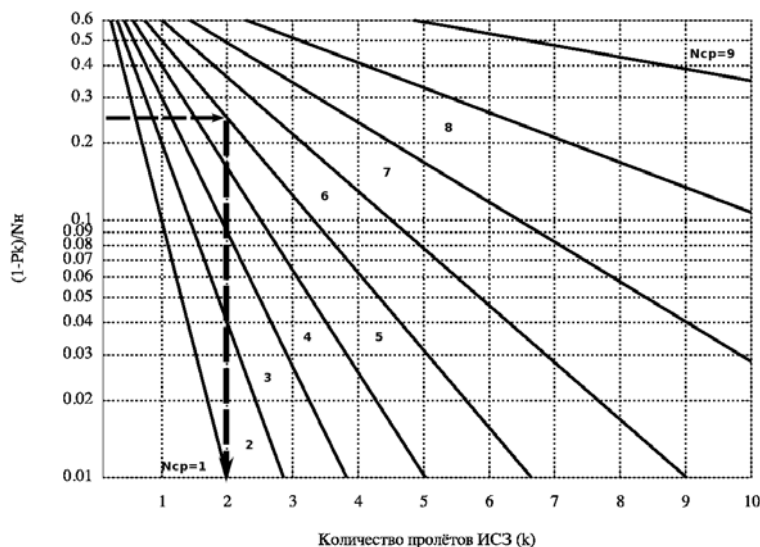


Рис. 3. Номограмма для расчета количества пролётов ИСЗ, необходимых для успешного обзора наземного объекта, если он был экранирован облачностью в начальный момент наблюдения.

Стрелками показан пример расчета для $N_H = 4$ балла, $P_k = 90\%$ и $N_{ср} = 5$ баллов

Литература

1. Воробьев В.И., Фадеев В.С., Характеристики облачного покрова северного полушария по данным метеорологических спутников. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 173 с.
2. Воробьев В.И. Исследования макроструктуры планетарных облачных полей по спутниковым данным. Гидрометеорология научно-техническому прогрессу. Сборник научных трудов. – Л.: изд. ЛГМИ, 1990, с. 19-25.
3. Воробьев В.И., Розанова И.В., Розанов Р.Е. Априорная оценка вероятности успешного обзора земной поверхности из космоса по климатическим данным о количестве общей облачности // Исследование земли из космоса, 2002, № 1, с. 38-41.
4. Воробьев В.И., Розанова И.В., Кебич А.П. Априорная оценка вероятности успешного обзора Антарктиды и приантарктической акватории Южного океана в навигационный период с помощью спутниковых систем оптического диапазона // Ученые записки РГГМУ, 2006, № 3, с. 85-94.
5. Воробьев В.И. Оперативная вероятностная оценка возможности получения информации о состоянии земной поверхности с помощью спутниковых оптических систем // Ученые записки РГГМУ, № 2, 2006, с. 95-101.
6. Глаголев Н.А. Курс номографии. – М.: Высшая школа, 1961. – 270 с.
7. Успенский Б.Д., Веселова Г.К. Новая аэрологическая диаграмма и применение её при диагнозе и прогнозе погоды. – Л.: Гидрометеиздат, 1969. – 28 с.

Е.К. Ульянец, С.И. Мاستрюков, Н.В. Червякова, А.И. Угрюмов

ОЦЕНКА СЕЗОННЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА В СЕВЕРО-ЕВРОПЕЙСКОМ РЕГИОНЕ

E.K. Ulyanets, S.I. Mastriukov, N.V. Chervyakova, A.I. Ugriumov

ESTIMATION OF SEASONAL PECULIARITIES OF CLIMATE CHANGES IN THE NORTH-EUROPEAN REGION

Представлены результаты анализа климатических изменений температуры воздуха, осадков, облачности и градиента давления по данным инструментальных наблюдений на метеорологических станциях Северной Европы. Выявлены существенная пространственная неоднородность и сезонная зависимость климатических изменений. Обсуждены возможные причины сезонной зависимости наблюдаемых климатических изменений.

Ключевые слова: температура воздуха, осадки, облачность, градиент давления, сезонная зависимость.

The results of analysis of climatic changes of the air temperature, precipitation, cloudiness and pressure gradient obtained using the instrumental observations at the meteorological stations of North Europe are presented. A substantial spatial inhomogeneity and seasonal peculiarities of climatic changes are revealed. The possible reasons for the seasonal dependence of observed climatic changes are discussed.

Key words: temperature, precipitation, cloudiness and pressure gradient, seasonal dependence.

Введение

Проблема глобального потепления климата из категории научных уже перешла в категорию социально-экономических и политических. Об озабоченности мирового сообщества этой проблемой свидетельствует принятие Рамочной конвенции ООН по изменению климата (1992 г.) и подписание Киотского протокола к ней (1997 г.).

В 2007 г. Всемирной метеорологической организацией был рассмотрен и принят четвертый доклад Межправительственной группы экспертов по изменениям климата (МГЭИК) [IPCC, 2007].

В докладе проанализировано изменение климата в глобальном масштабе. Оценка изменений приведена либо по всему Северному/Южному полушарию, либо по обширным районам: континентам, широтным зонам.

В частности, в докладе отмечено, что в течение XX столетия:

– средняя глобальная температура у поверхности земли выросла на $0,6 \pm 0,2$ °C;

– средний уровень моря повысился на 0,17 м;

– площадь снежного покрова сократилась примерно на 10 %;

– количество атмосферных осадков увеличилось на востоке Северной и Южной Америки, в Северной Европе и в Северной и Центральной Азии и, на-

оборот, на Средиземном море, в Южной Африке и Южной Азии количество осадков уменьшилось;

– значимого усиления циклонической активности не было выявлено.

Также в докладе МГЭИК проанализированы и причины, способные вызвать глобальное потепление. В частности, отмечено:

– по спутниковым наблюдениям значимого изменения потока солнечной радиации не выявлено;

– концентрация углекислого газа за столетие возросла на 30 %, причем в последние 10 лет скорость увеличения концентрации CO_2 достигла 1,9 % в год;

– существенно увеличилась концентрация других парниковых газов (метан, закись азота) и малых газовых компонент, имеющих парниковые свойства.

Как в цитируемом докладе [IPCC, 2007], так и в большинстве известных нам работ, например, [Груза, 2004; Груза, 1981; Ефимова, 2004; Израэль, 2001; Лямзина, 2005], проводится анализ состояния климата в глобальном масштабе, без детализации по отдельным районам или с недостаточной детализацией. Действительно, термин глобальное потепление многими трактуется как повсеместное. В действительности глобальные изменения климата являются суммой региональных его колебаний. Только изучив особенности изменений климатического режима отдельных океанов, материков и их крупных частей, можно будет составить достоверную картину глобальных изменений.

В связи с этим в настоящей работе проведена оценка современных тенденций изменения климата в региональном масштабе в Северо-Европейском бассейне и в Северной Европе.

Массив метеорологических данных

В качестве основных исходных данных использован массив многолетних инструментальных метеорологических наблюдений за период с 1890 по 2001–2002 гг., подготовленный под эгидой метеорологических служб стран Северной Европы (Финляндия, Швеция, Норвегия, Дания, Исландия). В этом массиве [Heikki, 2001] содержатся данные наблюдений за 12-ю характеристиками климатического режима примерно по 100 гидрометстанциям Северной Европы, а также на корабле погоды "М" (Норвежское море). Схема расположения станций, использованных для анализа, приведена на рис. 1.

На станциях Ян-Майен и Медвежий наблюдения выполнены начиная с 1921 г., на Шпицбергене – с 1911 г., на корабле погоды "М" (КП – «М») – с 1949 г.

Предварительный контроль качества временных рядов выполнялся путем выбраковки данных, выходящих за пределы 3-х средних квадратических отклонений, а также путем сличения данных на соседних станциях между собой. Имеющиеся пропуски данных не превысили 1 % и были заполнены средними значениями за весь период наблюдений на станции.

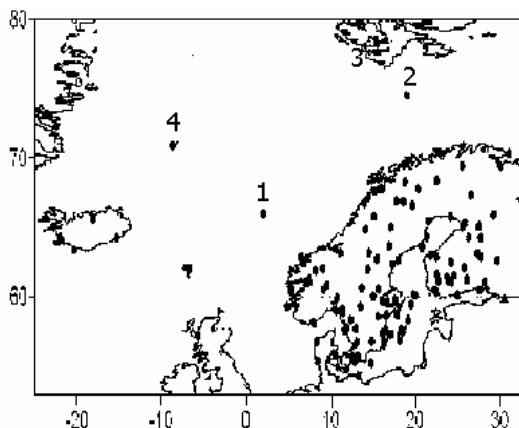


Рис. 1. Схема расположения метеостанций Северной Европы, данные которых использованы для оценки климатических изменений.

1 – Медвежий, 2 – корабль погоды “М”, 3 – Шпицберген (Svalbard Lufthavn), 4 – Ян-Майен

Методы обработки и статистического анализа

Методика обработки исходной информации определялась, исходя из конкретных целей исследований. Для оценки временной изменчивости исследуемых рядов были построены линейные тренды с применением регрессионного анализа. Для этого методом наименьших квадратов [Пановский, 1972] рассчитывались коэффициенты уравнения линейной регрессии вида:

$$Y = ai + b, \quad (1)$$

где a – коэффициент линейной зависимости; b – свободный член; i – номер года, который изменяется от 1 до n (n – длина временного ряда).

Далее с применением корреляционного анализа были выявлены взаимосвязи между исследуемыми параметрами, что позволило получить количественные оценки связи сопоставляемых величин и определить их статистическую значимость. Надежным критерием для выявления реальных статистических зависимостей является коэффициент корреляции. Для оценки наличия линейной связи двух переменных рассчитывался коэффициент линейной корреляции (r_{xy}) по формуле:

$$r_{xy} = \frac{\overline{xy}}{\sigma_x \sigma_y}, \quad (2)$$

где $x = x_i - \bar{x}$; $y = y_i - \bar{y}$ – аномалии переменных двух рядов выборок – года и значения параметра; σ_x, σ_y – соответственно средние квадратические отклонения двух рядов переменных x и y .

Оценка величины тренда производилась путем расчета коэффициента корреляции (r) между номером года (i) и параметром (температура, осадки).

Для оценки статистической значимости тренда использовался критерий Фишера [Пановский, 1972]:

$$a \leq \left| \frac{z}{\sigma_z} \right|, \quad (3)$$

где a – функция принятого уровня значимости (α); z – соотношение Фишера, связанное логарифмическим отношением с коэффициентом корреляции (r):

$$z = \frac{1}{2} \ln \frac{1+r}{1-r}; \quad (4)$$

σ_z – средняя квадратическая ошибка величины z , которая рассчитывается исходя из гипотезы о несвязности временной последовательности по формуле:

$$\sigma_z = \frac{1}{\sqrt{n-3}}, \quad (5)$$

здесь n – длина выборки.

Значение параметра a выбирается из таблиц распределения интеграла вероятности:

$$\Phi(\alpha) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{\alpha} e^{-\frac{x^2}{2}} dx \quad (6)$$

в зависимости от принимаемого уровня значимости. Мы проводили оценку статистической значимости полученных трендов при 5 %-ном ($\alpha = 2,0$) и 10 %-ном ($\alpha = 1,65$) уровнях значимости.

Анализ изменения среднегодовых параметров

По результатам расчета линейных трендов метеорологических параметров были построены картосхемы скорости изменения этих параметров. На рис. 2 приведены картосхемы линейных трендов среднегодовой температуры воздуха (°C /100 лет) и среднегодового количества осадков (мм/100 лет), рассчитанные за последние 100, 40 и 20 лет.

Отметим, что чем меньше период, по которому выявлена тенденция, тем менее значим результат. Для временных рядов 1890–2001 гг. и 1960–2001 гг., доверительная вероятность полученных значений линейного тренда превышает 90 %, для оценок тренда за последние 20 лет прошлого столетия доверительная вероятность в среднем около 80 %. Поэтому экстраполяция тенденций, полученных за непродолжительный период времени, как правило, приводит к ошибочным результатам. Вместе с тем, такой подход зачастую используется в качестве наиболее неблагоприятного сценария развития событий.

Как видно из рис. 2, а, за период инструментальных наблюдений (с 1890 г.) среднегодовая температура воздуха в Норвегии, Швеции, Финляндии и на Северо-западе России выросла на 0,7–1,0 °C. Изменение температуры воздуха в южной части Баренцева моря так же составило примерно 1 °C, что соответ-

вует изменениям температуры поверхности воды в этом районе [Лямзина, 2005]. В Исландии и Дании температура воздуха выросла на 0,6 °С, на Шпицбергене – на 1,5 °С. Наименьшее увеличение среднегодовой температуры воздуха отмечается в южной части Норвежского моря, где оно составило 0,2–0,5 °С.

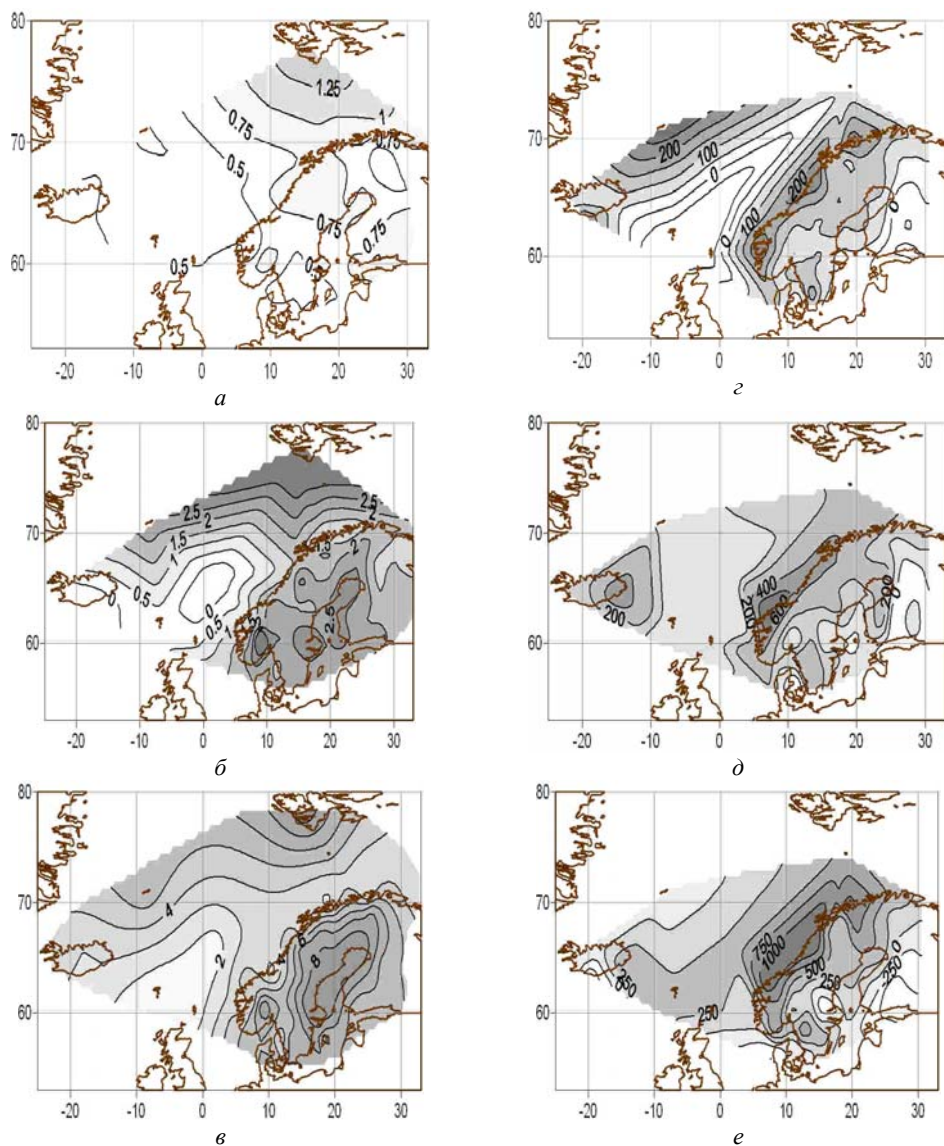


Рис. 2. Скорость изменения температуры воздуха (°С/100 лет) по данным наблюдений с 1890 по 2001 г. (а), с 1960 по 2001 г. (б), с 1980 по 2001 г. (е), а также скорость изменения годового количества осадков (мм/100 лет) по данным наблюдений с 1890 по 2001 г. (z), с 1960 по 2001 г. (д), с 1980 по 2001 г. (е)

Скорость изменения средней годовой температуры воздуха за последние 40 лет (рис. 2, б) для скандинавских стран достигла значения 2–3 °C/100 лет, для Шпицбергена – 4 °C/100 лет. В то же время для южной части Норвежского моря и Исландии она не изменилась и даже уменьшилась до 0–0,5 °C/100 лет.

За последние 20 лет (рис. 2, в) скорость изменения температуры воздуха увеличилась еще более значительно, достигнув 8 °C/100 лет в районе Шпицбергена и Скандинавии. Наименьшая скорость роста температуры воздуха отмечена по оси Норвежского течения, где она составляет 2 °C/100 лет.

Впечатляет изменение количества осадков за столетие (рис. 2, г). На побережье Норвегии, а также в районе о-ва Ян-Майен, количество осадков за последние 100 лет выросло на 20–30 % (100–200 мм). В центральной части Норвежского моря, в Финляндии и на северо-западе России количество осадков за 110 лет не увеличилось и даже несколько уменьшилось.

За период с 1960 по 2001 г. скорость увеличения количества осадков на побережье Норвегии и в целом в Скандинавии возросла почти в 2 раза (рис. 2, д). Еще быстрее – до 100 мм/10 лет количество осадков на побережье Норвегии увеличивалось в период 1980–2001 гг. (рис. 2, е). В этот же период на юге Финляндии и на северо-западе России, напротив, количество осадков стало уменьшаться со скоростью до 30 мм/10 лет.

Дополнительно исследована изменчивость количества общей облачности за те же периоды. Изменения количества облачности в рассматриваемом районе за период инструментальных наблюдений оказались статистически незначимыми.

Для Северной Европы выявлена высокая степень когерентности изменений температуры, что позволяет судить о климатических изменениях в регионе по данным отдельных станций. Так, в качестве примера на рис. 3 приведен сглаженный с периодом осреднения 11 лет ход отклонения среднегодовой температуры воздуха от нормы (1890–2002 гг.) на станции Хельсинки.

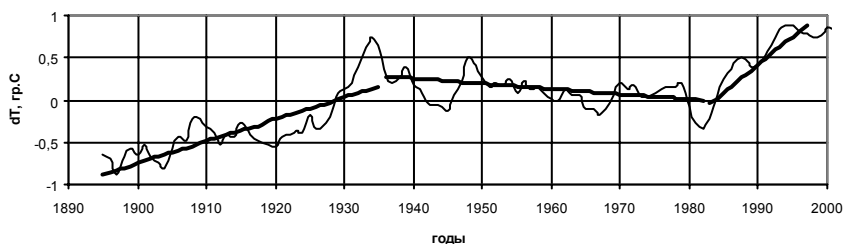


Рис. 3. Сглаженный с периодом 11 лет ход отклонения среднегодовой температуры воздуха от нормы (1890–2002 гг.) на станции Хельсинки

В районе Финского залива потепление, начавшееся в конце XIX века, продолжалось примерно 40 лет – до 1935 г., за этот период средняя годовая температура выросла примерно на 1,0 °C. С 1936 по 1983 г. (46 лет) отмечалась тенденция слабого уменьшения температуры, за этот временной интервал средне-

годовая температура понизилась примерно на $0,3^{\circ}\text{C}$. Современный период потепления начался примерно с 1983 г. С 1983 по 2002 г. средняя температура выросла примерно на $1,0^{\circ}\text{C}$.

Согласно Докладу МГЭИК [IPCC, 2007], в целом по Северному полушарию потепление отмечалось в периоды с 1910 по 1945 г., с 1946 по 1975 г. – похолодание и с 1976 по настоящее время – потепление. То есть интервалы периодов потепления и похолодания в глобальном и региональном масштабах несколько отличаются.

Рассмотрим характер изменения годового количества осадков в двух характерных районах – на побережье Норвегии и в районе Финского залива. На рис. 4 приведен сглаженный с периодом 11 лет ход годового количества осадков на станциях Хельсинки и Тромсе.

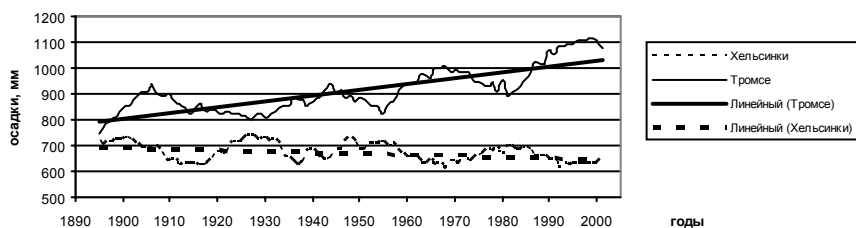


Рис. 4. Годовой ход количества осадков на станциях Хельсинки и Тромсе, сглаженный с периодом 11 лет, и его аппроксимация линиями линейной регрессии

В многолетнем ходе количества осадков обращает на себя внимание цикличность с периодом 25–30 лет, а также то обстоятельство, что колебания годового количества осадков на выбранных станциях происходят в противофазе и не связаны непосредственно с характером изменения температуры. При этом, как уже отмечалось, среднегодовое количество осадков на побережье Норвегии существенно (на четверть) увеличилось, а в районе Финского залива несколько уменьшилось (на 7 %).

По результатам обработки выявлено значительное усиление западного переноса воздушных масс (рост градиента давления в широтном направлении на фоне роста температуры воздуха).

Анализ изменений сезонного хода метеопараметров

Исходя из результатов анализа среднегодовых значений метеопараметров, было принято решение проанализировать среднемесячные значения температуры и сумм осадков. Были построены климатические тренды, статистическую значимость которых также оценивали с помощью теста Фишера.

В табл. 1–4 приведены коэффициенты трендов для 8 станций, построенные по температуре и осадкам для двух временных интервалов. Из таблиц видно, что 80–90 % полученных трендов статистически значимы. В табл. 1–4 – значения с доверительной вероятностью 90%

Таблица 1

Скорость линейного изменения температуры (°C/100 лет) с 1890 г.

и оценка ее статистической значимости

Название	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Тромсе	-0,71	0,17	1,27	0,43	1,73	2,0	1,43	1,13	0,7	0,74	-0,13	-0,3
Хельсинки	1,29	1,44	1,93	1,45	1,27	1,27	0,25	0,97	0,8	0,98	0,74	1,03
Торсхавн	0,59	0,35	1,04	-0,17	0,93	0,21	0,1	0,84	0,56	0,89	0,4	0
Оулу	-0,59	0,69	2,14	0,85	1,53	1,37	0,28	0,65	0,13	0,55	-0,8	-0,4
Транебьерг	0,67	0,45	0,56	0,78	0,86	0,49	0,53	1,46	0,81	1,13	0,64	0,34
Вестман-наэйяр	0,68	0,96	0,66	0,24	0,16	-0,53	-0,57	0,14	0,2	0,73	0,59	0,47

Таблица 2

Скорость линейного изменения температуры (°C/100 лет) с 1980 г.

и оценка ее статистической значимости

Название	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Тромсе	13,34	-5,49	-0,38	-6,4	-8,4	6,31	-0,4	1,81	6,02	2,51	9,47	8,36
Хельсинки	22,86	15,35	10,87	6,0	-1,84	3,24	5,39	8,03	4,03	-4,3	-0,97	-3,1
Торсхавн	8,88	-6,21	-0,97	-3,9	-0,89	-3,7	-2,0	2,07	4,44	8,02	6,02	2,15
Оулу	48,87	22,48	28,14	-0,64	-8,33	1,74	-7,7	11,1	-4,95	-11,4	-18,3	29,26
Транебьерг	13,75	17,19	7,93	6,94	3,12	-1,11	6,16	9,52	5,05	4,11	0,46	0,73
Вестман-наэйяр	8,54	-9,98	2,14	1,04	3,38	7,7	2,62	4,22	6,54	7,85	6,11	6,98
Шпиц-бегрен	19,56	2,47	9,38	1,1	0,1	4,76	2,9	5,67	10,54	7,05	21,73	23,89
Ян-Майен	7,79	0,48	0,47	2,07	2,14	4,21	3,79	6,14	9,88	9,66	11,57	12,62

Таблица 3

Скорость линейного изменения количества осадков (мм/100 лет) с 1890 г.

и оценка ее статистической значимости

Название	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Тромсе	49,9	20,66	11,09	20,93	11,91	1,76	17,73	30,98	-11,5	37,2	4,29	50,3
Хельсинки	-11,9	-11,2	-12,1	-2	-18,4	-0,33	9,07	-3,67	-6,67	4,03	0,27	-4,07
Торсхавн	-27,6	-30,1	15,03	-8,71	-17,2	4,16	5,02	-4,06	0,54	11,63	-32,9	-19,0
Хапарандо	10,64	11,7	15,99	5,29	7,73	12,08	16,47	81,07	0,26	0,61	15,33	13,7
Транебьерг	6,41	2,27	2,6	-1,86	-2,19	12,78	-13,6	-21,7	17,27	-5,2	0,93	0,89
Вестман-наэйяр	-3,28	18,24	28,53	5,81	27,91	26,05	16,47	81,07	-17,1	15,13	22,88	6,69

Таблица 4

Скорость линейного изменения количества осадков (мм/100 лет) с 1980 г.

и оценка ее статистической значимости

Название	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Тромсе	231,6	101,8	213,1	69,98	134,4	-13,2	58,81	303	102,9	66,01	-11,8	-45,9
Хельсинки	27,77	137,0	-54,8	43,58	-84,8	-10,3	-0,3	-165	-165	-126	-41,9	-217
Торсхавн	121,2	333,8	-61,0	31,06	4,32	178,2	-29,1	38,9	-150	77,88	62,44	-260
Хапарандо	-0,59	0,69	2,14	0,85	1,53	1,37	0,28	0,65	0,13	0,55	-0,8	-0,4
Транебьерг	-18,9	101	28,49	75,99	-42,9	37,06	-196	-66,9	68,85	-116	2,24	-7,85
Вестманна-эйяр	-317	-320	-174	-453	-73,5	78,08	-75,8	-135	192	-85,2	9,35	159
Шпицбегрен	-12,6	-98,4	-63,2	-52,6	-12,5	-16,5	18,97	-108	27,93	-32,5	53,2	95,29
Ян-Майен	-39,4	-48,9	39,7	-124	31,29	-9,55	-98,2	90,49	87,96	-98,1	-50,3	-78,8

Анализ полученных коэффициентов трендов показывает значительное усиление тенденций изменения климата за последние 20 лет как для температуры, так и для осадков, при этом статистическая значимость этих изменений так же велика, как и за 100-летний период.

Ограничимся анализом сезонных распределений тенденций изменения температуры воздуха в отдельных районах, графики которых приведены на рис. 5.

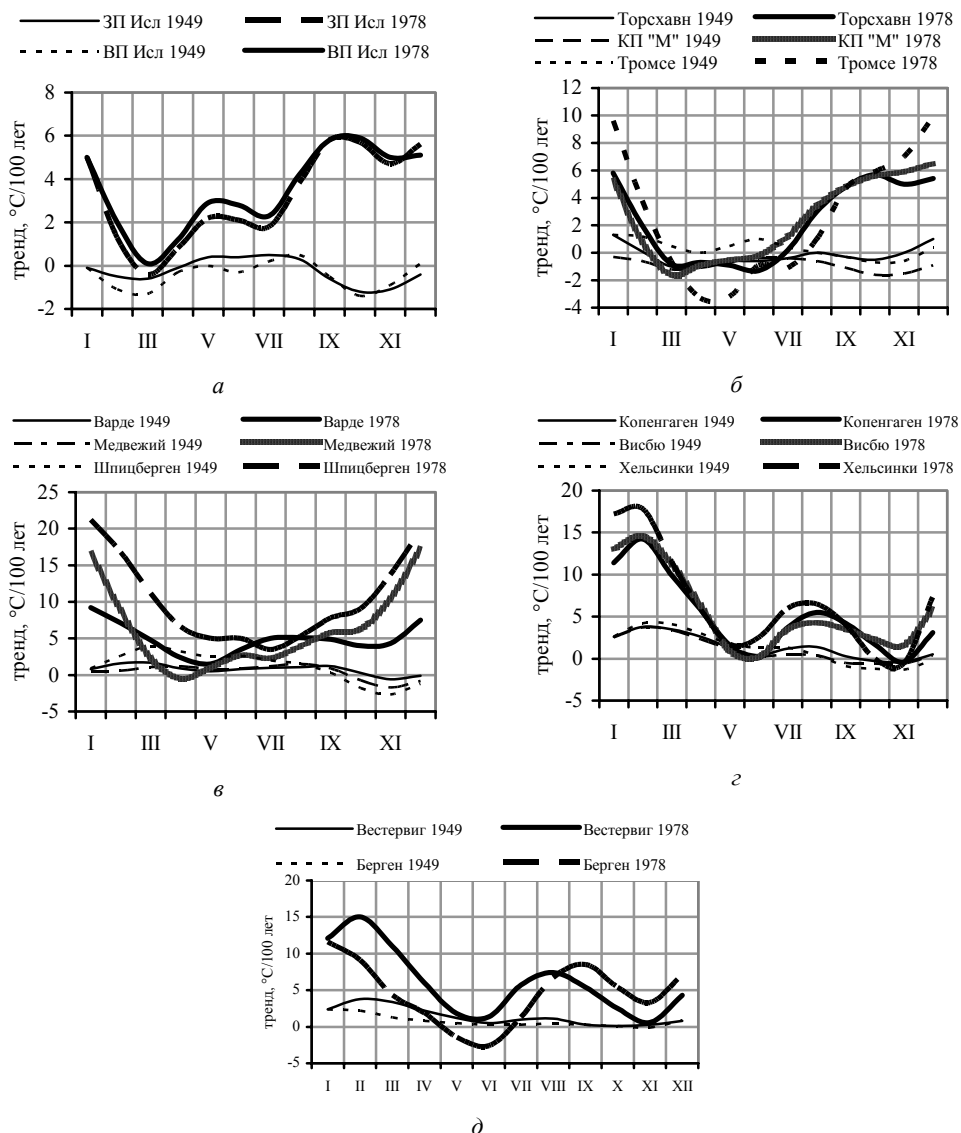


Рис. 5. Сезонный ход тенденций изменения температуры воздуха в районе Исландии (а), в Норвежском море (б), в северной части Норвежского и западной части Баренцева морей (в), в бассейне Балтийского (з) и Северного морей (д)

Обратим внимание на существенную пространственную и временную неоднородность тенденций изменения температуры в последние четверть века. Выявленная существенная неоднородность пространственного и сезонного распределения тенденций изменения температуры воздуха и суммы осадков свидетельствует о том, что реакция климатической системы на глобальное потепление нелинейная. Требуется объяснения тот факт, что в разных районах региона в одни сезоны наблюдается интенсивное потепление, а в другие потепление либо не существенно, либо даже отмечается тенденция к похолоданию; в одни сезоны наблюдается значительное увеличение сумм осадков, а в другие – значительное уменьшение. Так, например, максимальное значение тенденции повышения температуры воздуха в Исландии отмечается осенью, а в северной Европе – зимой.

Распределение минимальных значений тенденций роста температуры более неравномерно. Так, в районе Исландии наименьшая скорость увеличения температуры воздуха отмечается в марте; на Фарерских островах (Торсхавн) и в районе корабля погоды "М" – в марте–мае; в Северном море (Вестервиг, Берген) и на акватории Балтийского моря (Висбю, Копенгаген, Хельсинки) – в июне; на севере Скандинавии (Тромсе, Варде) – в мае–июле; в северной части Норвежского моря (Медвежий, Шпицберген) – в мае–августе.

Представляется, что одной из основных причин этого явления становится усиление влияния распресненных вод Арктики в условиях глобального потепления. Механизм явления заключается в следующем: летом (июль – август) на фоне глобального потепления увеличивается объем распресненных холодных вод, поступающих в Северную Атлантику из Арктики с Восточно-Гренландским и Лабрадорским течениями. За счет низкой плотности эти воды в районе встречи с теплыми и более солеными водами Северо-Атлантического течения экранируют их воздействие на атмосферу. Поэтому в период, когда эти трансформированные воды попадают в Норвежское море, должна наблюдаться тенденция к уменьшению нормальной для этого периода температуры воздуха.

Рассмотрим этот механизм подробнее. На рис. 6 приведена генерализованная схема течений и перемещения ядра холодной опресненной воды в Северной Атлантике и Северо-Европейском бассейне.

Как видим, основная часть воды из Арктического бассейна покидает район с Восточно-Гренландским течением и в районе полуострова Лабрадор, соединяясь с водами Лабрадорского течения, поворачивает на восток, где смешиваясь с североатлантическим течением возвращается к побережью Исландии и Фарерским островам. Другая часть вовлекается в циклонические вихри Норвежского и Гренландского морей.

Сроки прохождения очагов распресненной холодной воды оценены с учетом характерной скорости постоянных течений. Так, при скорости течения 25 см/с путь вод арктического происхождения от севера Гренландии до зоны встречи с водами североатлантического течения и далее путь трансформиро-

ванных вод с экранирующими свойствами до Фарерских островов и Исландии займет 7–8 месяцев.

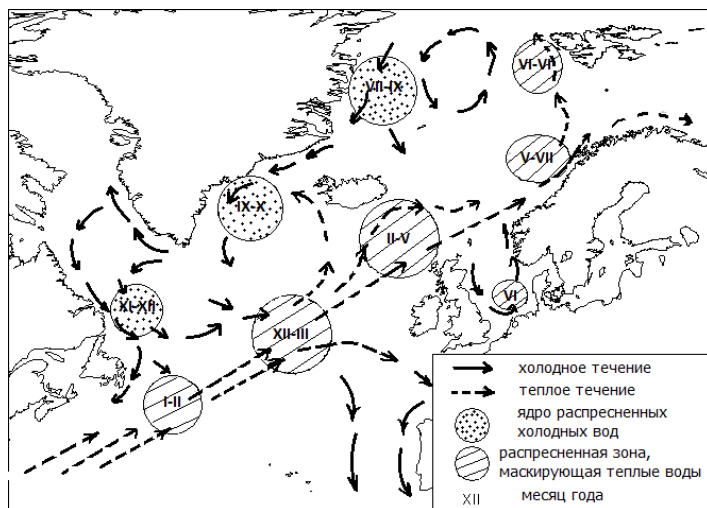


Рис. 6. Генерализованная схема перемещения ядра холодной опресненной воды в Северной Атлантике и Северо-Европейском бассейне

Наиболее интенсивно лед в Арктике тает в июле-августе, следовательно, трансформированная распресненная арктическая вода должна подойти к Исландии и Фарерским островам в марте-апреле, к Шпицбергену – еще через 4 месяца – к июлю, что и подтверждается результатами обработки. Представляется, что этот механизм и является причиной несущественного повышения температуры воздуха в Западной Европе в начале лета. После прекращения таяния льда с началом ледообразования в Северном Ледовитом океане в октябре обычная стратификация воды в области Северо-Атлантического течения восстанавливается, теплые воды выходят к поверхности, и тенденции, отражающие глобальное потепление в Северо-Европейском бассейне, должны восстановиться, что в целом совпадает с выявленными тенденциями изменения температуры.

На эту картину должны накладываться колебания с периодом 1–4 месяца, вызванные наличием циклонических вихрей в Норвежском и Гренландском морях, в которые также попадает распресненная холодная вода из Арктического бассейна, экранирующая теплую североатлантическую воду. Именно этим, на наш взгляд, объясняется наличие вторичных экстремумов на графиках сезонного хода тенденций изменения температуры воздуха в Северной Европе.

Выводы

1. По результатам наблюдений продолжительностью более 100 лет на более чем 100 станциях Северной Европы выявлено существенное изменение годовой температуры воздуха и годового количества осадков. При этом выявленные из-

менения весьма неоднородны в пространстве и, начиная с 80-х годов прошлого столетия, существенно ускорились.

2. Наибольшие изменения температуры воздуха с 1890 г. произошли в районе Шпицбергена и в континентальной части Северной Европы, наименьшие – на акватории Норвежского моря. В последние 20 лет скорость потепления в континентальной части Северной Европы и в районе Шпицбергена увеличилась до $8^{\circ}\text{C}/100$ лет.

3. Количество осадков с 1890 года существенно увеличилось на побережье Норвегии, в районе о. Ян-Майен и на полуострове Скандинавия. Увеличение осадков составило 100–200 мм, что превышает двухмесячную норму осадков в этих районах.

4. Количество облачности в рассматриваемом районе за период инструментальных наблюдений изменилось незначительно.

5. Отмеченная изменчивость климата сопровождалась тенденцией роста широтного переноса воздушных масс и, судя по всему, смещением траекторий циклонов к северу от 60° с.ш.

6. Наибольшие изменения температуры воздуха в Северной Европе отмечаются в зимний период. Наименьшие изменения отмечаются в период с марта по август.

7. Выявленные особенности неоднородного по сезонам года изменения температуры можно объяснить увеличением объема талых вод Северного Ледовитого океана.

Повышение уровня океана и таяние ледяного покрова, столь часто обсуждаемые следствия глобального потепления климата, могут стать не самым опасным последствием глобального потепления. Более опасным, особенно для умеренных и высоких широт, представляется не столь очевидное последствие, связанное с распреснением поверхностных вод океана за счет таяния ледников и морского льда Арктики, способное изменить структуру течений Мирового океана и может спровоцировать быстрое похолодание в Европе.

Результаты проведенных исследований подчеркивают значимость современных тенденций изменения климата и заставляют повысить внимание к проблемам выявления этих тенденций для их учета при нормативном гидрометеорологическом обеспечении различных областей экономики.

Работа выполнена при поддержке Федерального агентства по образованию в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 гг. (государственный контракт № П1152).

Литература

1. IPCC, 2007: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group 1 to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S.D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor, H. L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 881 pp.

2. Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Обнаружение изменений климата: состояние, изменчивость и экстремальность климата // Метеорология и гидрология, 2004, № 4, с. 50-66.
3. Груза Г.В., Анасова Е.Г. Климатическая изменчивость месячных сумм осадков Северного полушария // Метеорология и гидрология, 1981, № 5, с. 5-16.
4. Ефимова Н.А., Жильцова Е.Л., Лемешко Н.А., Строкина Л.А. О сопоставлении изменений климата в 1981–2000 гг. с палеоаналогами глобального потепления // Метеорология и гидрология, 2004, № 8, с. 18-23.
5. Израэль Ю.А., Груза Г.В., Катцов В.М., Мелешко В.П. Изменения глобального климата. Роль антропогенных воздействий. – Метеорология и гидрология, 2001, № 5, с. 5-21.
6. Лямзина В.Г., Мастрюков С.И. Оценка тенденций изменения температуры и солёности воды в южной части Баренцева моря // Навигация и гидрография, 2005, № 20-21, с. 110-115.
7. Heikki Tuomenvirta, Achim Drebs, Eirik Forland, Ole Einar Tveito, HansAlexandersson, Ellen Vaarby Laursen, Trausti Jonsson. Nordklím data set 1.0 – description and illustrations. DNMI Report No 08/01 KLIMA, 2001, 27 p. (www.dnmi.no).
8. Пановский Г.А., Брайер Г.В. Статистические методы в метеорологии. – Л.: Гидрометеиздат, 1972. – 210 с.

В.Н. Боков, В.Н. Воробьев

ИЗМЕНЧИВОСТЬ АТМОСФЕРНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ И ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА

V.N. Bokov, V.N. Vorobyev

VARIABILITY OF ATMOSPHERIC CIRCULATION AND VARIABILITY OF A CLIMATE

Проведен анализ изменчивости форм атмосферной циркуляции Вангенгейма-Гирса с X в. в сопоставлении с изменчивостью климата. Показано, что изменения температуры в Европе связаны с межгодовой изменчивостью форм атмосферной циркуляции.

Ключевые слова: изменчивость атмосферной циркуляции, изменения климата

The analysis of variability of atmospheric circulation forms of Vangengejma-Girsa since X century in comparison to variability of a climate is carried out. It is shown that changes of temperature in Europe are connected with interannual variability of atmospheric circulation forms.

Key words: variability of atmospheric circulation, variability of a climate.

Изменения климата существенно влияют на хозяйственную деятельность человека, условия его проживания и непосредственно на здоровье людей.

Атмосферная циркуляция является одним из факторов изменения климата. Изменчивость атмосферной циркуляции является причиной изменения атмосферного давления, ветра, температуры воздуха и влажности в различных регионах Земли.

Типизация форм атмосферной циркуляции Вангенгейма–Гирса является одной из основных типизаций используемых как в науке, так и в практических приложениях. Она является пригодной и для оценки вклада атмосферной циркуляции в изменения климата [Гирс, 1971].

С этой целью была выполнена работа по восстановлению атмосферной циркуляции Вангенгейма–Гирса с 1000 г. [Боков, Лопатухин, 1988]. График временного хода форм циркуляции W, C, E из данной публикации с учетом последних данных XX в. и исследований, приведен на рис. 1. Для этого использовались различные литературные источники, содержащие исторические сведения о характере погодных условия за последние тысячу лет [Борисенков, Пасецкий, 1988, Ле Руа Ладюри, 1971, Монин, Шишков, 1979, Pfister, 1980]. Данные, представленные на рис. 1, являются осредненными по десятилетиям и соотнесены к середине столетия. Такой подход обусловлен использованием исторических сведений, имеющих статус приближенных данных. По указанным публикациям и рис. 1 можно констатировать следующие климатические изменения.

В период раннего Средневековья (от VIII до XIV в., называемый эпохой викингов) климат стал мягким и теплым, произошло резкое уменьшение ледовитости северных морей. В период между 750 г. и 1200 г. викинги открыли и

заселили Исландию и Гренландию, достигли Ньюфаундленда, беспрепятственно плавали до Шпицбергена. В Западной Европе период между 750 г. и 1200 г. также отличался теплым климатом. В XII–XIII вв. на Балтийском побережье и в Англии выращивали виноград, что на 4–5 ° широты севернее, чем в настоящее время. Наиболее теплый период во время малого климатического оптимума в Северной Америке, в Европе, в Гренландии приходится, по-видимому, на 950–1200 гг. н. э. В Европе наиболее теплый период отмечался между 1150–1300 гг. В период максимума тепла малого климатического оптимума отмечается низкая повторяемость меридиональных форм С и Е (рис. 1). Повышению температуры в зимний период года способствовало увеличение повторяемости форм циркуляции W [Гирс, 1971].

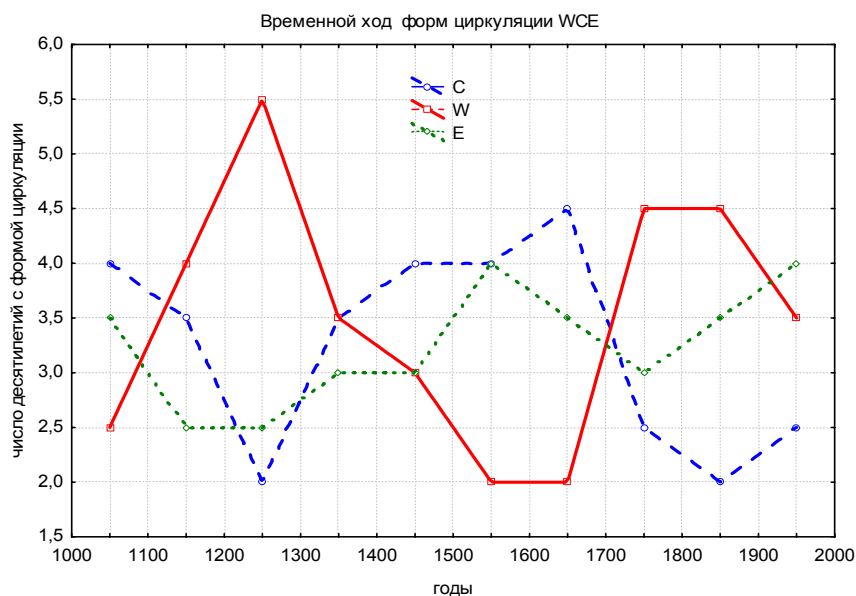


Рис. 1. Временной ход форм циркуляции W, C, E за исторический период

В XIII–XIV вв. началось новое похолодание климата, постепенно увеличилась ледовитость северных морей, морские пути в Гренландию стали непроходимыми для небольших судов викингов. Ледники Гренландии начали наступать и уничтожать их поселения. В XIII–XIV вв. увеличилась и внутрисезонная изменчивость климата. Это хорошо видно по графикам рис. 1. В этот период преобладает форма циркуляции С, определяющая снежные и холодные зимы. Этому процессу способствовала также высокая повторяемость формы Е, а увеличение влажности обеспечивала еще значительная повторяемость формы W.

В XVI в. стало заметным нашествие альпийских ледников, в конце XVI в. и в XVII в. оно достигло максимума. Около 1700 г. отмечалось некоторое отступление альпийских ледников, но именно в это время развивались ледники в Исландии и Норвегии, а в Швеции максимум пришелся на 1710 г.

В этот период отмечается рост формы W с общим преобладанием форм E и C, что способствовало увеличению влажности и увеличению повторяемости морозных дней и, соответственно, развитию ледников. Затем значительные движения ледников около 1720 г. были отмечены в Альпах, Скандинавии. В Северной Европе, Исландии особенно мощным было наступление в 1740–1750 гг. В этот период общая повторяемость форм C и E еще превышала W. В течение 1760–1790 гг. продолжалось шествие альпийских ледников, максимум их распространения был достигнут в 1820 г. Это было последним глобальным перемещением горных ледников в Европе и знаменовало конец малого ледникового периода. В указанный период отмечался интенсивный рост западной формы W с сохранением большой повторяемости меридиональной формы E. Сочетание данных форм циркуляции способствовало повышенной влажности, зимним холодам и прохладному лету [Гирс, 1971].

Следует подчеркнуть, что изменения климата как во время малого климатического оптимума, так и во время малого ледникового периода в разных районах Земли происходили не синхронно. Авторы различных исследований не смогли выяснить точные причины отсутствия синхронности.

Однако известно, что преобладание какой-либо формы циркуляции связано с определенными траекториями смещения циклонов и антициклонов [Гирс, 1971]. Поэтому в одни районы Земли циклоны приносят тепло, а в других районах антициклоны «обеспечивают» холод. Соответственно, при сохранении определенной эпохи формы циркуляции в течение от 1 до 4 десятилетий [Гирс, 1971], в различных регионах Земли наблюдаются различные погодные условия. В дальнейшем, при смене преобладающей формы циркуляции, меняются траектории смещения циклонов и соответствующие погодные условия. Подчеркнем, что в периоды, когда повторяемость всех трех форм циркуляции приблизительно одинакова, на Земле отмечается увеличение резкой смены стихийных явлений, что подтверждается историческими сведениями.

Обработка и анализ метеорологических измерений показал рост средней глобальной температуры земного шара с конца XIX столетия до 40-х годов XX в. Последующее похолодание 50–60-х годов было менее заметно. Новый рост температуры начался со второй половины 70-х годов. Сопоставим временные изменения средней глобальной температуры земного шара с временным ходом форм атмосферной циркуляции. Временной ход ежегодного числа дней трех форм циркуляции атмосферы представлена на рис. 2. Из рисунка отчетливо видно, что периоды повышения температуры воздуха с конца XIX столетия до 40-х годов XX в. связаны с преобладанием формы W и E. Похолодание в 40–60-х годов определялось повышенной повторяемостью формы C и E. Наибольшие похолодания в этот период связаны с формой C.

Начиная с 1977 г. наблюдается рост западной формы W, но при этом сохраняется преобладание формы E и низкая повторяемость формы C. Такое временное распределение атмосферной циркуляции способствовало интенсивному

росту температуры воздуха, возможно, аналогично «эпохе викингов». За период инструментальных наблюдений средняя глобальная температура земного шара увеличилась на 0,5 °С.

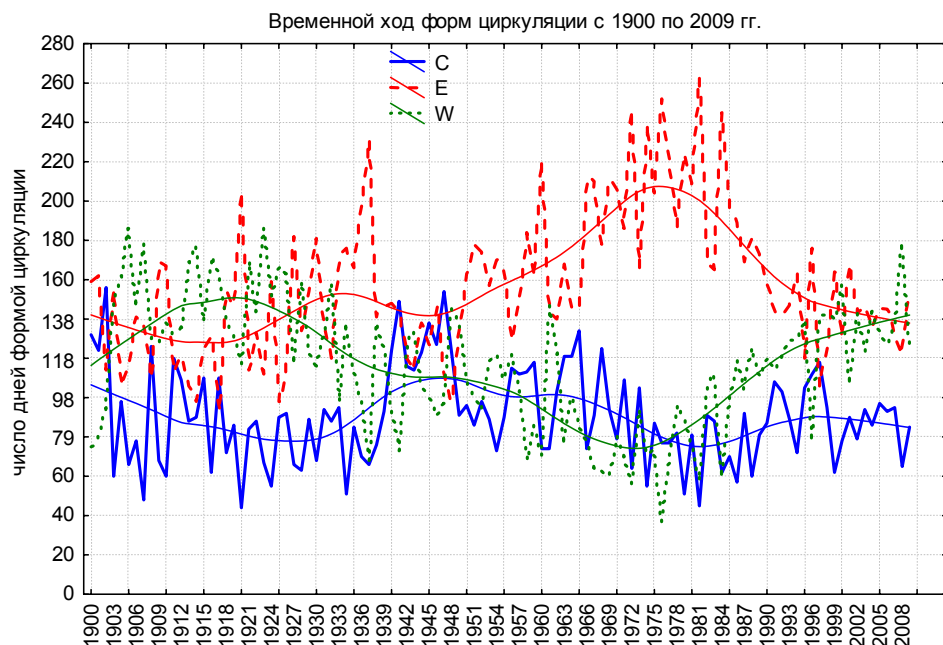


Рис. 2. Временной ход форм циркуляции W, C, E за период инструментальных наблюдений

До сих пор для ученых существует загадка Арктики. Несмотря на то, что земной шар сейчас намного теплее, чем в 30–40-х гг., Арктика все еще намного холоднее, чем в 30-х годах и ледовитость морей сейчас более значительная. Графики рис. 2 показывают на различия повторяемости формы W и формы E в 30–40-х гг. и в настоящее время. Следует подчеркнуть, что в 30-е годы форма W превалировала над формой E, а в последние десятилетия форма E превалировала над формой W. Именно такая повторяемость форм циркуляции W и E и обусловила потепление Арктики в 30–40-х гг. и более прохладный температурный режим в последние десятилетия.

Приведенные результаты указывают на существенную роль атмосферной циркуляции в изменении климата. Поэтому большой интерес представляет прогноз изменения форм циркуляции атмосферы в последующее несколько сот лет. Используя статистические методы прогноза (модель авторегрессии и скользящего среднего) были рассчитаны прогностические повторяемости всех трех форм циркуляции. Результаты расчетов проставлены на рис. 3. Из рисунка видно, что форма W достигнет минимума в XXI в., а форма C достигнет наибольшей повторяемости в XXII в., а форма E достигнет минимума в XXII в.

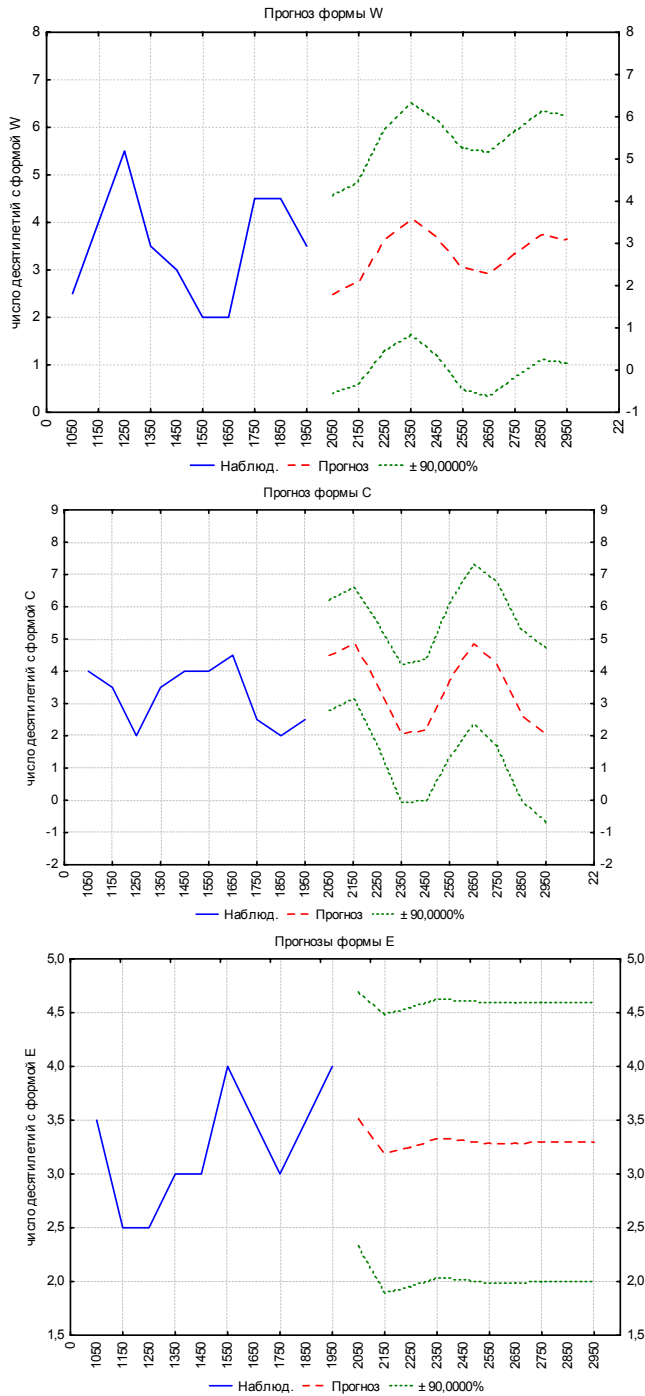


Рис. 3. Прогноз форм циркуляций атмосферы W, C и E

Подчеркнем, что согласно рис. 3 рост формы С начинается в уже XXI в., что будет способствовать постепенному похолоданию. Рис. 4, на котором отражен график средней глобальной температуры за последние 160 лет (<http://hadobs.metoffice.com>), уже отмечает снижение глобальной температуры в 2009 г.

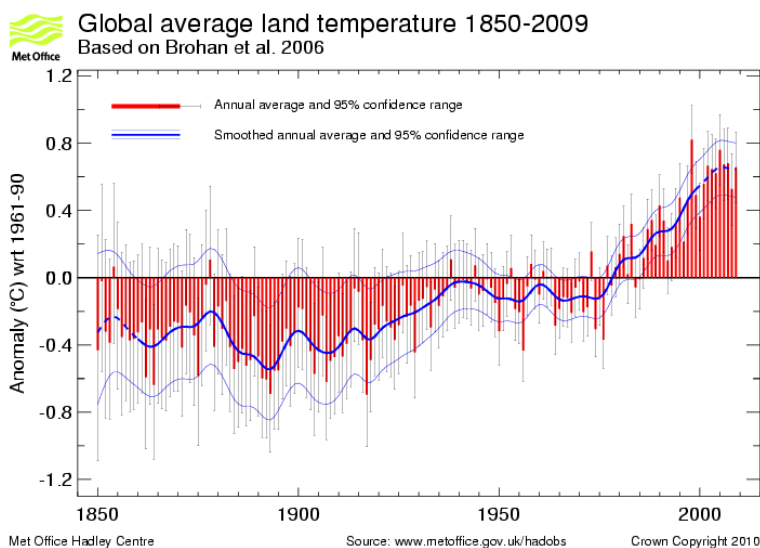


Рис. 4. Средняя глобальная температура воздуха с 1850 по 2009 г. (<http://hadobs.metoffice.com>)

Приведенные прогнозы требуют дальнейших уточнений и детализаций, поскольку в них не учтен антропогенный вклад, изменчивость температуры в недрах Земли и ряд других факторов.

Литература

1. Боков В.Н., Лопатухин Л.И. Межгодовая и вековая изменчивость ветро-волновых условий. – В кн.: Теоретические основы и методы расчета ветрового волнения. – Л.: Гидрометеиздат, 1988.
2. Борисенков Е.П., Пасецкий В.М. Тысячелетняя летопись необычайных явлений природы. – М., 1988.
3. Гирс А.А. Многолетние колебания атмосферной циркуляции и долгосрочные метеорологические прогнозы. – Л.: Гидрометеиздат, 1971.
4. Ле Руа Ладюри Э. История климата с 1000 года. – Л., 1971.
5. Монин А.С., Шишков Ю.А. История климата. – Л., 1979.
6. Pfister Ch. The Little Ice Age: Thermal and Wetness Indices for Central Europe // Journal of Interdisciplinary Explorations, 1980, vol. 10, № 4, p. 665-696.
7. Met Office Hadley Centre observations datasets (<http://hadobs.metoffice.com>).

ЭКОЛОГИЯ

В.А. Шелутко, Е.С. Смыжова

**ДИНАМИКА СТОКА БИОГЕННЫХ ВЕЩЕСТВ
ПО РЕКЕ ВЕЛИКАЯ В ПСКОВСКО-ЧУДСКОЕ ОЗЕРО**

V.A. Shelutko, E.S. Smyzhova

**DYNAMICS OF NUTRIENTS FLOW
ALONG THE VELIKAYA RIVER IN
TO THE PSKOVSKO-CHUDSKOE LAKE**

Работа посвящена вопросам определения объемов стока биогенных веществ по р. Великая на основе применения методов расчета средних годовых концентраций, учитывающих особенности первичной гидрохимической информации. Показано, что в отдельные годы погрешности расчетов средних годовых концентраций и годовых объемов стока за счёт неучёта особенностей гидрохимической информации могут достигать 100 и более процентов.

Ключевые слова: объемы стока, среднегодовая концентрация, водность, неэквидистентность, биогены.

In this work is considering questions of nutrient flow quantity estimation along the Velikaya River on the base of applying of annual concentrations calculation methods which take in to account features of initial hydrochemical data. It is shown that in independent years the mistakes of calculation of annual concentrations and annual flow quantity without taking in to account features of hydrochemical information can reach 100 and more percent.

Key words: flow quantity, annual concentration, water discharge, no equidistant, nutrients.

Введение

Геоэкологические исследования по определению антропогенной нагрузки на водные объекты во многом опираются на данные гидрохимических наблюдений. До 1989 г. первичные данные наблюдений публиковались в ежегодниках и были доступны всем исследователям. После 1989 г. стали публиковаться данные только о среднегодовых концентрациях загрязняющих веществ (ЗВ), рассчитанных по результатам первичных гидрохимических наблюдений. Поэтому именно среднегодовые концентрации ЗВ используются в настоящее время в большинстве случаев как для характеристики экологического состояния рек и водоёмов, так и для оценки динамики развития процессов загрязнения во времени. В частности по этим данным обычно рассчитывается годовой сток ЗВ, поступающий по притокам в реки и водоемы.

Методика расчёта среднегодовых концентраций ЗВ по гидрохимическим наблюдениям, принятая в настоящее время, основана на следующих теоретических предположениях: 1) временные ряды измеренных значений концентраций ЗВ в каждом пункте наблюдений описываются моделью в виде ряда значений случайной величины; 2) данные ряды наблюдений являются стационарными, регулярными и однородными.

В последние годы выявилось, что при анализе средних годовых концентраций, рассчитанных на этой основе, могут быть получены противоречивые результаты, не имеющие какого-либо физического объяснения. [Торопова, 2003; Шелутко, Колесникова, 2008]. В связи с этим возник вопрос о репрезентативности и надёжности расчётов среднегодовых концентраций ЗВ существующими методами. В выполненных затем исследованиях было показано, что гидрохимические наблюдения, в том числе наблюдения на реке Великой, имеют ряд особенностей, которые не укладываются в рамки рассмотренных выше теоретических положений [Шелутко, Колесникова, 2008; Смыжова, Шелутко, 2010; Шелутко, 2002], а именно:

- количество измерений концентраций ЗВ в году может изменяться от 1 до 12. Следовательно, исходные ряды данных наблюдений являются неоднородными по количеству внутригодовых наблюдений;
- значения концентраций в реках степени зависят не только от объемов сброса ЗВ, но и от расходов воды на момент отбора пробы и, следовательно, являются неоднородными по условиям своего формирования;
- интервалы между измерениями концентраций ЗВ не равны между собой, то есть, исходные ряды данных наблюдений являются неэквидистентными;
- в последовательностях значений измеренных концентрации наблюдаются выбросы, то есть возможные, но непредставительные для данной выборки значения [Афифи, Эйзен, 1982]. Наличие таких значений может определяться несколькими причинами, к ним можно отнести: ошибки в измерениях, аварийные сбросы загрязненных вод и влияние природных факторов.

Целью данной работы является исследование динамики стока биогенных веществ по реке Великой и влияния особенностей гидрохимической информации на результаты этого исследования.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

- определить необходимое направление исследований для учёта особенностей гидрохимической информации;
- исследовать влияние учета водности реки, неэквидистентности исходных данных и наличия выбросов на точность определения среднегодовых концентраций и объемов стока ЗВ;
- разработать методы учета особенностей гидрохимической информации для повышения точности расчетов среднегодовых концентраций и объемов стока ЗВ;

– исследовать динамику стока биогенных веществ в Псковско-Чудское озеро с учетом и без учета особенностей гидрохимической информации.

При решении этих задач использовались данные наблюдений Северо-Западного Управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (СЗУГМС) по гидрологическому и гидрохимическому режиму в верхнем и нижнем створах реки Великая в пункте Псков за период с 1969 по 2002 г. Следует отметить, что выбор объекта исследования во многом определялся наличием первичных данных наблюдений.

1. Оценка влияния водности рек на точность расчёта среднегодовой концентрации загрязняющих веществ

Для оценки среднегодовых концентраций ЗВ в реках в основном используются два метода [Орлов, 1988]. В первом методе учитывается водность реки в период взятия пробы воды на анализ, и среднегодовая концентрация рассчитывается как средневзвешенное по водности значение,

$$\bar{S}_j = \left(\sum_{i=1}^{n_j} S_{ji} \times Q_{ji} \right) / \sum_{i=1}^{n_j} Q_{ji}, \quad (1)$$

где $\bar{S}_j$ – средняя годовая концентрация загрязняющего вещества в j -й год; n_j – число измерений концентраций в j -й год; i – номер измерения концентраций и расходов воды в данном году ($i = 1, 2, \dots, n_j$); S_{ji} и Q_{ji} – i -е значение соответственно концентраций и расходов воды в j -й год.

Во втором методе величина средней годовой концентрации определяется как среднее арифметическое значение концентраций по всем измеренным значениям в год:

$$\bar{S}_j = \left(\sum_{i=1}^{n_j} S_{ji} \right) / n. \quad (2)$$

В практике наибольшее распространение получил второй метод. Это связано с тем, что взятие проб воды в реках для химического анализа часто не сопровождается измерениями расходов воды. Кроме того, большинство специалистов сходятся во мнении, что учёт водности не оказывает существенного влияния на результаты расчётов среднегодовой концентрации. Между тем, второй метод имеет достаточно существенное ограничение, а именно он может применяться только в тех случаях, когда расходы воды в течение года на рассматриваемом объекте являются постоянными [Шелутко, Колесникова, 2008]. В связи с этим возникает вопрос: как влияет неучёт внутригодовых колебаний водности по формуле (2) на точность оценки среднегодовых концентраций биогенных веществ?

В данном случае были сопоставлены результаты расчёта среднегодовых концентраций биогенных веществ первым и вторым методом в пункте Псков на реке Великой. Отклонения среднегодовых концентраций, рассчитанных приня-

тым методом S_{ai} , от значений, рассчитанных с учётом водности – S_{ci} принимались в качестве погрешностей расчётов (Δ_i) среднегодовых концентраций за счёт неучёта водности

$$\Delta_i = S_{ai} - S_{ci}. \quad (3)$$

В качестве относительной погрешности принималось отношение:

$$\delta_i = (\Delta_i / S_{ci})100\%. \quad (4)$$

Значения Δ_i и δ_i были рассчитаны за каждый i -й год по всем исходным рядам, для которых имелись данные о расходах воды в период взятия проб.

Результаты расчётов погрешностей среднегодовых концентраций по формулам (3) и (4) по всем исходным рядам наблюдений сводились в специальные таблицы. В качестве примера в табл. 1 представлена выборка результатов таких расчётов по р. Великая в пункте Псков (нижний створ) для ряда значений концентраций аммонийного азота.

Таблица 1

Вычисление погрешностей расчета средних годовых концентраций аммонийного азота за счёт неучёта водности, р. Великая – п. Псков (н. створ)

Год	S_{ai}	S_{ci}	Δ	$ \delta , \%$
1969	0,53	0,75	-0,216	29
1970	0,5	0,66	-0,160	24
1973	0,48	0,54	-0,056	10
1976	0,37	0,25	0,124	50
1981	0,033	0,03	0,005	18
1982	0,01	0,00	0,006	123
1984	0,025	0,02	0,003	16
1985	0,023	0,01	0,009	68
1986	0,03	0,02	0,007	30
1987	0,008	0,007	0,001	7
1988	0,02	0,01	0,006	43
1993	0,01	0,01	0,000	0
1996	0,08	0,04	0,030	68
1998	0,02	0,02	0,002	10
1999	0,03	0,02	0,000	1

Как следует из полученных результатов, значения погрешностей расчета средних годовых концентраций ЗВ в реках за счёт неучёта водности в отдельные годы могут быть весьма значительны. Так, погрешности расчетов средних арифметических значений концентраций по отношению к средним взвешенным по водности варьируют от 0 % до +576 % (1987 г., аммонийный азот, р. Великая – г. Псков, верхний створ). Таким образом, неучёт водности при расчётах средних годовых концентраций приводит к погрешностям в 2, 3, а иногда и в 5 раз превышающих действительные значения этих концентраций.

Следует отметить, что средние многолетние значения при различных способах расчёта отличаются незначительно. Так для общего железа в верхнем створе среднее многолетнее значение за исследуемый период составило 0,13 мг/л при расчёте без учёта водности, и 0,12 мг/л при расчёте с учётом водности. Более существенно изменились коэффициенты вариации. Так по железу значение коэффициента вариации за счёт учёта водности снизилось с 0,77 до 0,72.

Исходя из проведенного анализа, следует, что во избежание крупных просчетов при оценке средних годовых концентраций ЗВ, и для уточнения средних многолетних значений и значений редкой повторяемости во всех случаях при расчётах средних годовых концентраций ЗВ необходим учёт водности в период взятия проб на химанализ. Проблема здесь заключается в том, что часто, особенно на малых реках, во время взятия проб воды для проведения химического анализа измерения расходов воды не проводятся.

При отсутствии измерений расходов воды в период отбора проб, проблема учёта водности решилась бы при наличии надёжной связи концентрации ЗВ и расходов воды. Однако, взаимосвязь химического состава речного стока с величиной расходов воды имеет довольно сложный характер. В условиях высокой антропогенной нагрузки такая связь вообще часто нарушена. По-видимому, требуется другой, более общий подход, позволяющий, хотя бы приближенно учитывать при расчёте среднегодовых концентраций ЗВ в реках внутригодовые колебания водности.

В частности нами был апробирован метод, заключающийся в использовании типовых суточных гидрографов по однородным районам, а так же использование рек аналогов. Этот путь, по крайней мере для Северо-Запада, оказался достаточно эффективным. Он позволяет, при надлежащем анализе, сократить возможные погрешности определения средних годовых концентраций в 1,5–2 раза. [Колесникова, 2008]. Таким образом, для уточнения расчетов средних годовых концентраций, если по каким-либо причинам данные наблюдений за расходом воды на момент взятия проб отсутствуют, можно применять метод типового гидрографа или использовать реку-аналог.

Выводы

Неучет водности при расчётах средних годовых концентраций биогенов может привести к крупным ошибкам их определения, достигающим 100 и более процентов. Поэтому учет водности при расчетах средних годовых концентраций биогенов является обязательным.

Для расчета средних годовых концентраций ЗВ при отсутствии непосредственных измерений расходов воды в период отбора проб на химанализ необходимо использовать типовой гидрограф стока в модульных коэффициентах, рассчитанный для данного района, или гидрограф стока реки аналога.

Погрешность определения средних многолетних концентраций за счёт неучёта водности уменьшается с ростом периода наблюдений.

2. Влияние учёта неэквидистентности исходных рядов наблюдения на точность расчёта среднегодовой концентрации

Расчёт среднегодового значения концентраций как среднего арифметического или средневзвешенного значения может производиться в том случае, если каждое наблюдение освещает одинаковый временной интервал, то есть ряд наблюдений является эквидистентным. Ряды гидрохимических наблюдений на реках, как отмечалось выше, являются неэквидистентными (НЭ).

Для учёта данной особенности исходных рядов наблюдений была разработана методика расчёта среднегодовой концентрации ЗВ которая учитывает неравные временные интервалы между отборами проб на гидрохимический анализ [Смыжова, Шелутко, 2010].

$$\bar{S}_j = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} \bar{S}_{j,i} \Delta t + S_{j,j-1} \Delta t + S_{j,j+1} \Delta t}{t}, \quad (5)$$

где $\bar{S}_{j,i} = \frac{S_{ji} + S_{j,i+1}}{2}$ – среднее значение концентрации между двумя соседними

измерениями в j -м году; $S_{j,j-1} = \frac{S_{j,1} - S_{j-1,n}}{2}$ – средняя концентрация между последним значением в $j - 1$ году и первым значением в j -м году;

$S_{j,j+1} = \frac{S_{j+1,1} + S_{j,n}}{2}$ – средняя концентрация между последним значением в j -м году и первым значением в $j + 1$ -м году; $\Delta t = t_{i+1} - t_i$ – временной интервал между соседними измерениями концентрации; t – число дней в году; n – число измерений концентраций в данном году.

Для оценки влияния учёта неэквидистентности на точность расчёта среднегодовых концентраций ЗВ по имеющимся рядам наблюдений был произведён расчёт среднегодовых концентраций по формулам (5) и (2), а также абсолютные (Δ) и относительные (δ) погрешности по аналогии с формулами (3) и (4). В данном случае S_{ai} – среднегодовая концентрация, рассчитанная без учёта НЭ, а S_{ci} – среднегодовая концентрация, рассчитанная с учётом НЭ.

В качестве примера в табл. 2 представлен результат расчёта среднегодовых концентраций нитритного азота (N-NO₂).

Как следует из полученных данных, возможные ошибки определения среднегодовых концентраций N-NO₂ в результате неучёта неэквидистентности исходного ряда наблюдений составляют от 0 до 183 %.

По другим элементам значения погрешностей определения среднегодовых концентраций составляют 50% и более. Это говорит о необходимости учитывать неэквидистентность данных наблюдений. При сравнении среднесезонных значений концентрации было выявлено, что в большинстве случаев учёт неэквидистентности приводит к незначительному снижению средних многолетних

них концентраций. Несколько больше учёт неэквидистентности сказывается на величине коэффициента вариации среднегодовых концентраций. Так, например, для среднегодовых концентраций нитратного азота на нижнем створе среднее многолетнее значение при неучёте НЭ составило 0,5 мг/л, а коэффициент вариации – 0,7, тогда как при учёте НЭ эти значения составляют 0,47 мг/л и 0,65 соответственно.

Таблица 2

Средние годовые и средние взвешенные по временному интервалу значения концентрации N-NO₂, р. Великая – г. Псков, верхний створ

Год	S_{ai}	S_{ci}	Δ	δ , %
1973	0,017	0,006	0,011	183
1974	0,007	0,005	0,002	40
1975	0,007	0,003	0,004	133
1976	0,0025	0,0033	-0,0008	24
1977	0,008	0,006	0,002	33
1978	0,0053	0,0045	0,0008	18
1979	0,006	0,0059	0,0001	2
1980	0,003	0,012	-0,009	75
1981	0,032	0,019	0,013	68
1982	0,013	0,023	-0,01	43
1984	0,031	0,02	0,011	55
1987	0,007	0,006	0,001	17

Выводы

Неучёт неэквидистентности может привести к большим погрешностям в оценке средних годовых концентраций.

Для учета неэквидистентности можно использовать предложенную выше расчетную формулу.

Обязательными элементами расчетной формулы являются данные измерений концентрации в водоемах и водотоках.

3. Оценка влияния исключения выбросов в исходных рядах на точность расчёта среднегодовой концентрации ЗВ

Исследования исходных рядов наблюдений за концентрациями биогенных элементов на реке Великая в пункте Псков показали, что практически в каждом временном ряду имеются значения, существенно отличающиеся от всех других т.н выбросы. Как уже отмечалось выше, наличие таких значений может определяться несколькими причинами, к ним можно отнести: ошибки в измерениях, аварийные сбросы загрязненных вод и влияние природных факторов.

Режим загрязнения водных объектов складывается из влияния трёх групп факторов [Шелутко, 2002]:

- регулярное и постоянное воздействие человеческой деятельности;
- факторы, связанные с аварийными выбросами загрязняющих веществ;
- факторы, связанные с неблагоприятными гидрометеорологическими явлениями.

Первая группа факторов определяет общий режим загрязнения водного объекта, а факторы 2 и 3 группы часто приводят к появлению в исходных рядах т.н. выбросов [Афифи, Эйзен, 1982]. Можно с достаточной степенью уверенности утверждать, что ряды наблюдений при исключении выбросов описывают процесс загрязнения речного стока при регулярном и постоянном антропогенном воздействии, когда все предприятия-водопользователи в бассейне рассматриваемой реки работают по заданному графику в нормальном режиме. Выбросы, скорее всего, отражают поступление загрязняющих веществ в каких-то экстремальных условиях, чаще всего связанных с аварийными сбросами предприятий или стоком веществ с территории речного бассейна в экстремальных гидрометеорологических условиях. Продолжительность таких аварийных сбросов как правило незначительна, поэтому включение их в расчеты средних годовых и средних многолетних концентраций наряду с основными данными, не правомерно.

Выявление выбросов в исходных рядах измеренных значений концентраций ЗВ производилось по совмещенным графикам теоретических и эмпирических кривых обеспеченности. При этом было установлено, что на большинстве из них имеется от одной до 3 - 5 эмпирических точек резко отклоняющихся, как от теоретической кривой обеспеченности, так и от основной группы эмпирических точек. Попытка подобрать теоретический закон распределения, описывающий эти точки, не увенчалась успехом, так как не удалось подобрать ни один из возможных теоретических законов распределения, который одновременно описывал бы и отскакивающие точки, и точки основной части ряда [Сабинин, Шелутко, 2007].

Из этого можно сделать вывод о том, что точки, которые не ложатся на теоретическую кривую обеспеченности, не соответствуют общему закону распределения основной массы данных наблюдений, а исходные ряды данных наблюдений являются, скорее всего, неоднородными по своему генезису. Сами аномальные точки (выбросы) являются либо грубыми ошибками, либо реально существующими экстремально высокими значениями показателей качества воды, охватывающими непродолжительный период времени [Торопова, 2003].

Для статистической проверки предположения о наличии выбросов в рядах наблюдений был использован критерий Диксона, вычисляемый по ранжированному в возрастающем порядке ряду.

$$r_{i,j} = \frac{x_n - x_{n-1}}{x_n - x_1}, \quad (6)$$

где x_n – максимальное значение ряда; x_{n-1} – предыдущее значение ряда; x_1 – первый член ряда.

Критерий Диксона имеет существенное ограничение: количество выбросов в исследуемом ряду должно быть не больше двух. Это ограничение можно обойти, исключая из ряда уже выявленный выброс и исследуя оставшуюся

часть выборки. Однако, результаты анализа, полученные в этом случае следует считать приближёнными [Шелутко, 2002].

Исходя из результатов расчетов по критерию Диксона наибольшее количество выбросов присутствует в рядах измеренных концентраций NO_2 : 7 значений в пункте Псков – нижний створ; 3 значения в пункте Псков – верхний створ. В рядах концентраций общего железа ($\text{Fe}_{\text{общ}}$) – всего 5 выбросов. В рядах концентраций NH_4 было выявлено 6 выбросов, в рядах концентраций NO_3 было выявлено 2 значения выбросов.

Для более точного определения наличия выбросов в рядах наблюдений был проведён также анализ связи значений концентраций биогенов между соседними створами. При этом анализировались точки выходящие в критические области уравнения регрессии значений концентраций за соответствующие даты на соседних створах.

При анализе связи значений концентрации было выявлено несколько большее количество выбросов, чем по критерию Диксона, а именно: в рядах концентраций NH_4 – больше на одно значение в пункте наблюдений Псков – верхний створ; в рядах концентраций $\text{Fe}_{\text{общ}}$ – больше на одно значение в пункте наблюдений Псков – нижний створ.

Из полученных результатов видно, что, несмотря на ограничения использования критерия Диксона, результаты расчётов по нему согласуются с результатами, полученными при использовании уравнения линейной регрессии. Следовательно, можно предположить, что данные результаты соответствуют реальной ситуации. Таким образом, для более точного определения наличия выбросов в рядах наблюдений за концентрациями ЗВ целесообразно использовать сочетание двух методов: критерия Диксона и анализа связи значений между створами.

В общем, проведенное исследование показывает, что существуют достаточно достоверные способы оценки и исключения из исходных рядов выбросов. В свою очередь исключение выбросов (в данном случае это одно или два–три значения в несколько раз превышающие предшествующие значения) из исходных рядов позволяет оценить загрязнение водного объекта при регулярном и постоянном антропогенном воздействии.

Для оценки влияния выбросов на результаты расчёта среднегодовых концентраций ЗВ были произведены расчёты до и после исключения выбросов. Пример такого расчёта представлен в табл. 3.

Как видно из представленного примера, исключение выбросов из исходных рядов измеренных значений концентраций существенно сказывается не только на результатах оценки средних годовых концентраций, но и на результатах расчёта среднего многолетнего значения и коэффициента вариации концентраций ЗВ. При этом происходит значительное снижение этих характеристик. Например, для нитритного азота в верхнем створе среднее многолетнее значение до исключения выбросов и после исключения составило 0,009 мг/л и 0,006 мг/л соответственно. Коэффициент вариации снизился с 0,90 до 0,46.

Таблица 3

**Расчёт среднегодовой концентрации с учётом и без учёта выбросов
в исходных рядах наблюдений**

Год	$S_{\text{сред}}$	$S_{\text{выб}}$	Δ	$ \delta , \%$
аммонийный азот, п. Псков – н. створ				
1974	0,72	0,43	0,29	68
1978	0,99	0,63	0,37	58
нитритный азот, п. Псков – н. створ				
1971	0,02	0,003	0,02	500
1973	0,028	0,024	0,00	17
1975	0,075	0,020	0,06	275
1984	0,084	0,019	0,07	342
железо общее, п. Псков – н. створ				
1975	0,2	0,103	0,10	94
1977	0,263	0,110	0,15	139
1981	0,288	0,123	0,16	134
1985	0,433	0,190	0,24	128

Естественно встает вопрос: насколько обосновано исключение выбросов, не приведет ли это к искусственному занижению среднегодовых концентраций и годовых объемов стока? При решении этого вопроса следует исходить из следующих соображений: выбросы, вызванные аварийными сбросами ЗВ, продолжаются, как правило, не больше двух-трех дней. При включении же их в расчет среднегодовых концентраций, при числе измерений в год от 4 до 12, им искусственно приписывается продолжительность соответственно от трех до одного месяца, что и вызывает резкое и необоснованное завышение средних годовых концентраций. В дальнейшем необходимо более детально проанализировать влияние выбросов на результаты расчёта среднегодовых концентраций и коэффициентов вариации путем приписывания выбросам продолжительности в 1, 2 и 3 дня.

Выводы

При оценке объемов стока загрязняющего вещества в каждом пункте наблюдений необходимо проводить анализ всей имеющейся последовательности измерений концентраций ЗВ.

Необходимо учитывать, что режим и степень загрязнения природной среды на урбанизированных территориях определяются тремя группами факторов:

- факторы, связанные с регулярным и постоянным антропогенным воздействием, создающим общий пространственно-временной фон загрязнения объектов природной среды;

- факторы, связанные с аварийными сбросами ЗВ, которые накладывают на общий пространственно-временной фон нерегулярные и ограниченные во времени всплески загрязнения;

– факторы, связанные с экстремальными гидрометеорологическими условиями.

При оценке и расчете химического загрязнения необходимо проводить декомпозицию данных наблюдений на две составляющие, определяющие состояние водных объектов в условиях регулярного и постоянного антропогенного воздействия и в аварийных или экстремальных условиях.

Включение в общий ряд наблюдений выбросов, вызванных второй и третьей группой факторов, может привести к весьма существенному преувеличению среднегодовых концентраций ЗВ, а следовательно, и объемов их стока через данный створ.

4. Анализ динамики стока биогенных элементов по реке Великая

Анализ временной динамики поступления биогенов в Псковско-Чудское озеро с водами реки Великой показал, что наибольший вклад в загрязнение по средним многолетним данным вносит нитратный азот (в среднем 2170 т/год). Также значительный вклад в загрязнение вносят аммонийный азот (947 т/год) и общее железо (703 т/год).

Объем стока аммонийного азота в период с 1969 по 2002 г. имеет четко выраженную тенденцию изменения. Временное распределение объемов стока идентично на верхнем и нижнем створе, однако значения объемов стока на Нижнем створе (на выходе из города) больше, чем на верхнем створе. Это можно объяснить влиянием города Пскова, чьи сточные воды попадают в реку. В период с начала 1980-х до конца 1990-х значительных изменений в объеме стока аммонийного азота не наблюдалось. В последние годы (1999–2002) наблюдается тенденция его увеличения. Максимальные значения на обоих створах пришлось на 1978 г. Следует отметить, что при расчёте среднегодовых концентраций без учёта водности и неэквидистентности погрешность расчетов концентрации аммонийного азота в нескольких случаях превышает 100 %. В среднем, погрешность за счёт неучёта водности составляет около 50 %, а за счёт неучёта неэквидистентности около 20 %.

Для объемов стока нитратного азота характерно, что до начала 1990-х годов наблюдается их увеличение, затем после начала 1990-х резкий спад. В последние годы наблюдается тенденция незначительного увеличения.

В рядах наблюдений за нитритным азотом на нижнем створе наблюдаются значительные пробелы исходных данных, следовательно, достоверно оценить динамику на данном створе невозможно. На верхнем створе для объема стока нитритного азота характерна та же динамика, что и для других форм азота. Так же как и в других случаях, способ расчёта среднегодовой концентрации и последующая оценка на её основе объема стока сказывается на результатах. При использовании различных методов мы можем получить противоречивые выводы.

Для значений объемов стока общего железа характерно скачкообразное изменение значений, поэтому чёткой динамики за период с 1969 по 2002 г. не прослеживается.

Значения объемов стока минерального фосфора в нижнем створе значительно больше чем в верхнем створе. Например, в 2000 г. объем стока на верхнем створе составил 33 тонн/год, а на нижнем – 85 тонн/год. Таким образом, можно предположить, что город Псков оказывает существенное влияние на содержание минерального фосфора в воде. На верхнем створе максимальный объем при любом способе расчёта среднегодовой концентрации приходится на 1981 г., а на нижнем таких пиков два: в 1989 и 1998 гг. На верхнем створе прослеживается четкая тенденция изменения объемов стока, характерная и для других веществ. Для нижнего створа данная тенденция не достаточно ярко выражена.

В общем можно сделать вывод, что в большинстве случаев для динамики объемов стока характерно увеличение значений до начала 1990-х, а затем последующее их снижение. Так же в последние исследуемые годы заметна тенденция к увеличению объемов стока биогенов, но при этом объемы стока не достигают значений, характерных для конца 1980-х годов. Важно отметить, что на точность расчёта объемов стока влияет корректный расчёт среднегодовой концентрации. Так, при неучёте особенностей гидрохимической информации в расчётах среднегодовой концентрации и, следовательно, в расчёте объема стока могут быть допущены серьезные ошибки, которые могут привести к неправильным выводам при оценке динамики загрязнения реки Великой (рис. 1).

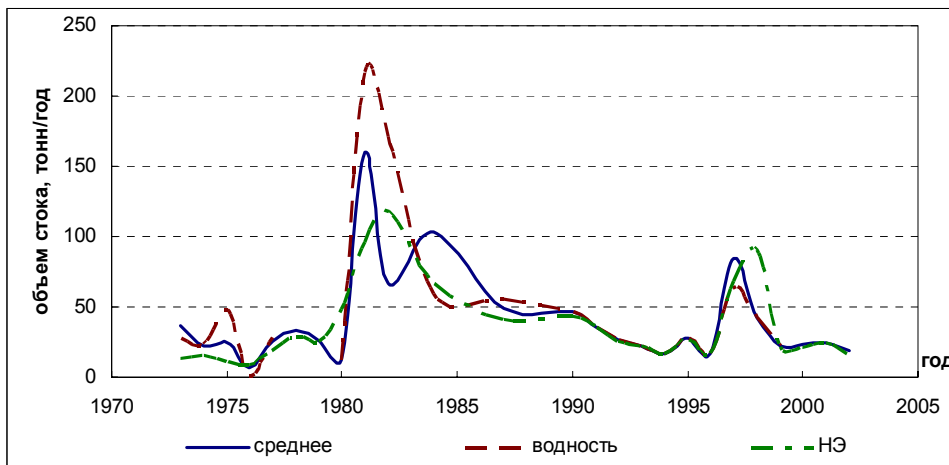


Рис. 1. Временная динамика объема стока нитритного азота р. Великая – г. Псков (в. створ)

Рассмотрим теперь влияние отдельных особенностей гидрохимической информации на расчёт объемов стока.

Для выявления степени влияния неучёта водности при расчёте среднегодовой концентрации на оценку объемов стока был произведён расчёт с использованием концентраций, рассчитанных с учётом и без учёта водности. В табл. 4 в качестве примера приведен фрагмент расчёта годовых объемов стока для аммонийного азота в пункте Псков (верхний створ).

Таблица 4

Объемы стока аммонийного азота р. Великая – п. Псков (в. створ)

Год	Среднее	Средневзвешенное	Δ	$ \delta , \%$
1969	908	1786	-878	49
1970	1673	2601	-929	36
1974	2235	2180	55	3
1975	1342	1725	-383	22
1976	567	503	65	13
1980	79	24	55	225
1981	903	1276	-373	29
1982	77	29	47	161
1984	100	53	47	89
1987	3660	542	3119	576
1988	139	103	36	35
1990	124	107	17	16
1996	59	37	22	60
1997	183	384	-201	52
1999	88	87	0	1

Как видно из представленного примера, погрешности расчетов за счет неучета водности в ряде случаев достигают значений более 100 %, и в среднем составляют около 30 %.

Для оценки влияния неучёта неэквидистентности исходной информации на расчёт годового объема стока были произведены расчёты объемов стока для всех исследуемых показателей используя концентрации, полученные с учётом и без учёта НЭ. Пример таких расчётов для нитритного азота в пункте Псков (верхний створ) представлен в табл. 5.

Таблица 5

Объемы стока нитритного азота р. Великая – п. Псков (в. створ)

Год	среднее	НЭ	Δ	$ \delta , \%$
1973	0,017	0,006	0,011	183
1974	0,007	0,005	0,002	40
1975	0,007	0,003	0,004	133
1977	0,008	0,006	0,002	33
1979	0,006	0,0059	0,0001	2
1980	0,003	0,012	-0,009	75
1981	0,032	0,019	0,013	68
1984	0,031	0,02	0,011	55
1987	0,007	0,006	0,001	17
1990	0,005	0,005	0,00037	8
1995	0,005	0,005	0,0001	2
1998	0,005	0,011	-0,0056	53
2000	0,006	0,005	0,0007	12
2002	0,005	0,004	0,0009	23

Как видно из представленного примера, погрешности за счёт неучёта неэквидистентности при расчёте среднегодовой концентрации могут превышать 100 % и в среднем составляют примерно 25.

Результаты расчёта годовых объемов стока по рядам значений без учёта выбросов также показывают, что в большинстве случаев объёмы стока уменьшаются в 2, 3 и более раз по сравнению с объёмами стока, рассчитанными по исходным рядам без проверки на выбросы (табл. 6).

Таблица 6

Расчёт годовых объемов стока по рядам измеренных концентраций с исключением и без исключения выбросов

Год	$W_{\text{сред}}$	$W_{\text{выб}}$	Δ	$ \delta , \%$
аммонийный азот, п. Псков – н. створ				
1974	2298	1365	934	68,4
1978	6307	3981	2325	58,4
нитритный азот, п. Псков – н. створ				
1971	62	10	51	500
1973	61	52	9	17
1975	265	71	194	275
1984	281	64	218	342
железо общее, п. Псков – в. створ				
1975	706	429	278	64,7
нитратный азот, п. Псков – в. створ				
1987	6975	4696	2279	48,5

Таким образом, можно сделать вывод, что корректный расчёт среднегодовой концентрации в значительной степени влияет на точность оценки годовых объемов стока.

Выводы

1. В период с 1972 г. по 1983–1985 гг. в связи с интенсивным развитием промышленности и сельского хозяйства в предустьевой части р. Великой произошло значительное увеличение стока биогенов, поступающих в Псковско-Чудское озеро. В период с 1983–1985 по 1990 г. в связи с принятыми мерами по строительству водоочистных сооружений сток биогенов постепенно снижался. Дальнейшее снижение происходило за счет уменьшения поступления минеральных и органических удобрений на сельскохозяйственные поля.

2. На анализ изменений во времени годовых объемов стока биогенов в существенной степени влияет учет или неучет особенностей гидрохимической информации.

3. Для более объективного анализа динамики изменения стока ЗВ необходимо разработать комбинированную методику, позволяющую учесть все особенности исходной информации.

Заключение

Неучёт особенностей первичной гидрохимической информации при определении средних годовых концентраций и годовых объемов стока ЗВ приводит к очень большим погрешностям, сопоставимыми с самими исследуемыми величинами. Следует отметить, что публикуемые в настоящее время работы, посвященные оценке химического загрязнения рек, не учитывают этого обстоятельства и, следовательно, результаты этой оценки являются весьма приближенными или сомнительными.

В результате работы были получены следующие выводы:

1. Погрешности в расчётах средних годовых концентраций и стока ЗВ при неучёте особенностей исходных рядов наблюдений настолько велики, что принятие во внимание данных особенностей обязательно и, следовательно, необходимо провести пересчёт значений средних годовых концентраций с учётом особенностей исходной информации.

2. В частности, если при расчетах средних годовых концентраций значения расходов воды не учитывались, то во избежание больших погрешностей и, следовательно, необоснованных выводов, необходимо пересчитать средние годовые концентрации с учетом расходов воды. Если данные о расходах воды отсутствуют, можно использовать данные по реке аналогу или по типовому для данного района гидрографу стока за каждый исследуемый год.

3. Так как неэквилибренность первичных рядов наблюдений ранее вообще не учитывалась, что в значительной степени сказалось на точности расчетов средних годовых концентраций ЗВ, необходимо пересчитать значения средне-годовых концентраций с учетом неэквилибренности.

4. При оценке средних годовых концентраций и объемов годового стока необходимо исключать выбросы или придавать им в расчетной формуле другой вес, отличный от весов всех других данных

5. Анализ динамики объема стока биогенов в пункте Псков показал, что для большинства веществ характерно увеличение объемов стока до начала 1990-х годов, а затем до конца 1990-х спад значений. В последние годы наблюдается тенденция увеличения значений объема стока ЗВ.

6. Неучёт особенностей гидрохимической информации может значительно сказаться на расчётах объемов стока и выводах о временной динамике изменения стока биогенов.

Литература

- Афифи А., Эйзен С. Статистический анализ. Подход с использованием ЭВМ. – М.: Мир, 1982. – 488 с.
- Колесникова Е.В. Развитие теории и методов оценки загрязнения речных вод: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. – СПб., 2008. – 25 с.
- Орлов В.Г. Контроль качества поверхностных вод: Уч. пос. / Б.Г. Скакальский, М.А. Бесценная, А.Я. Шварцман, Л.Н. Меерович. - Л.: изд. ЛПИ, 1988. - 140 с.

- Сабинин Н.В., Шелутко В.А. Анализ законов распределения концентраций биогенов и показателей содержания органического вещества в речном стоке // Сб. тез. городской студ. конф. «Спасём дыхание планеты», СПб., 20–21 ноября 2007 г. – СПб.: изд. РГГМУ, 2007, с. 87-90.
- Смыжова Е.С., Шелутко В.А. Учёт влияния неэквидистентности исходной информации на оценку биогенного загрязнения рек на примере реки Великая // Мат-лы междунар. научно-практич. конф. «Географическое образование и наука в России: история и современное состояние», СПб., 3–4 декабря 2008 г. – СПб.: изд. ВВМ, 2010, с. 862-871.
- Торопова Н.М. Комплексная оценка загрязнения стока р. Невы и ее притоков биогенными веществами: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. – СПб., 2003. – 28 с.
- Шелутко В.А. Оценка экстремальных уровней загрязнения речной сети урбанизированных территорий. Вопросы прикладной экологии: Сб. науч. трудов. – СПб.: изд. РГГМУ, 2002. с. 15-23.
- Шелутко В.А. Численные методы в гидрологии: Уч. пос. - Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 240 с.
- Шелутко В.А., Колесникова Е.В. Анализ погрешностей расчёта средних годовых концентраций загрязняющих веществ в реках за счёт неучёта водности // Вестник СПбГУ, сер. 7, вып. 3, 2008.

С.А. Алиев

ЭКОЛОГО-МЕЛИОРАТИВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

S.A. Aliyev

ECOLOGICAL AND LAND-IMPROVEMENT PROBLEMS
IN IRRIGATED CULTIVATION

Мелиоративная служба является составной частью органов эксплуатации гидромелиоративных систем в орошаемых районах. Для разработки мероприятий по эколого-мелиоративному улучшению состояния орошаемых земель на конкретных объектах, требующих первоочередного улучшения, большое значение приобретает изучение гидрогеолого-мелиоративного состояния мелиоративных систем, контроль изменений состояния почв и процессов, происходящих под влиянием орошения.

Ключевые слова: орошаемое земледелие, мелиоративная система, контроль.

Melioration service is the main part of exrlotation body of hidromeliorational systems in the irrigated regions. Its main lask is control over meliorative state of irrigated lands for substantiation and holding of measures providing the resistant water, air, soil and nutrient regime for irrigated grounds. Development of measures on ecological-meliorative improvement of irrigated grounds in the definite object requires top priority improvements study of hidrogeologist-meliorative state of irrigated farmlands and technical state of melioration systems, control of change in the state of ground and processes happening under the influence of melioration.

Key words: irrigated agriculture, meliorational systems, control.

Мелиоративная служба является составной частью органов эксплуатации гидромелиоративных систем в орошаемых районах. Основной задачей ее является контроль мелиоративного состояния орошаемых земель для обоснования и проведения мероприятий, обеспечивающих устойчиво благоприятный водный, воздушный, солевой и питательный режимы орошаемых почв.

Для разработки мероприятий по эколого-мелиоративному улучшению состояния орошаемых земель на конкретных объектах, требующих первоочередного улучшения, определенное значение приобретает изучение гидрогеолого-мелиоративного состояния орошаемых сельхозугодий и технического состояния мелиоративных систем, контроль изменений состояния почв и процессов, происходящих под влиянием орошения [Информация, 1990].

Решение таких вопросов осуществляется Управлением гидрогеолого-мелиоративной службы, имеющей ведомственную режимную сеть, состоящую из 8692 наблюдательных скважин на грунтовые и напорные воды, 57 солевых стационарных площадок и 84 гидрометрических постов и створов на магистральных каналах и коллекторах.

Эффективное использование сельскохозяйственных угодий в условиях аридного климата возможно только в условиях орошения, с чем и связано интенсивное развитие орошаемого земледелия в Азербайджане. На 1 января 2008 г. под контролем управления находилось 1432,8 тыс. га земель, в том числе 1432,8 тыс. га орошаемых сельхозугодий (100 % общей площади орошаемых земель республики) в 66 административных районах [Шабанов, 2004].

При эколого-мелиоративном районировании территории Азербайджана по гидрогеолого-структурным, гидрологическим и эколого-мелиоративным особенностям выделяют 10 водохозяйственных массивов: Мугано-Сальянский, Ширванский, Карабахский, Мильский, Приараксинский, Нахичеванский, Гянджа-Казахский, Алазань-Агричайский, Ленкорань-Масаллинский и Самур-Апшеронский.

В настоящее время гидрогеолого-мелиоративной службой накоплен большой фактический материал, характеризующий эколого-мелиоративное состояние орошаемых земель республики, налажен ежегодный учет изменений, происходящих под влиянием хозяйственной деятельности человека, что позволяет производить детальную оценку и прогноз эколого-мелиоративных условий не только на уровне административных районов, но и по каждому отдельному хозяйству.

Основным массивом орошаемого земледелия в республике является Кура-Аразская низменность, где орошаемые земли составляют 44,1 % от общей площади сельхозугодий.

По данным управления гидрогеолого-мелиоративной службы в 2008 г. в республике 293,6 тыс. га (20,5 %) земель имеют неудовлетворительное мелиоративное состояние. Особенно в неблагоприятном положении находятся земли, где сосредоточены основные площади орошаемых сельхозугодий: Мугано-Сальянский массив – 45,6 тыс. га земель, Ширванский – 76,0 тыс. га, Мильский – 48,6 тыс. га, Карабахский – 38,0 тыс. га.

На современный период исследований 210,4 тыс. га орошаемых земель имеют среднюю и сильную степень засоления, которая требует осуществления работ на капитальной промывке, 81,6 тыс. га средне- и сильносолонцеватные и требуют проведения химической мелиорации. Наибольшую опасность представляет рост площадей с недопустимой глубиной залегания уровней и повышение минерализации грунтовых вод, что свидетельствует о недостаточном обеспечении орошаемых угодий коллекторно-дренажной сетью.

Эффективному сельскохозяйственному освоению земель на фоне орошения в значительной степени препятствует засоленность почв, которая варьирует от слабой степени до очень сильной, в связи с чем для нормального функционирования орошаемых сельхозугодий и получения стабильных урожаев сельхозкультур необходимо проведение мелиоративных мероприятий, таких как строительство оросительной и коллекторно-дренажной сети, капитальных промывок засоленных почв, капитальных планировок поверхности полей и др.

Высокое залегание уровня грунтовых вод, значительная их минерализация в совокупности с засолением почв способствует формированию неблагоприят-

ной мелиоративной обстановки, которая, в конечном счете, определяет недостаточную эффективность отдачи с мелиорированного гектара.

Гидрогеологические условия на территории Азербайджана весьма разнообразны и сложны. Разнообразие форм рельефа, климата и условий распределения поверхностного стока в совокупности со сложным геологическим строением предопределяют распространение грунтовых и напорных вод и формирование водоносных горизонтов.

Минерализация грунтовых вод весьма разнообразна – от пресных (менее 1 г/л) до рассолов (50 г/л и более).

Одним из важнейших направлений ускорения социально-экономического развития республики является рациональное ведение водного хозяйства. Крупным недостатком в ведении водного хозяйства в настоящее время является отсутствие необходимого экономического механизма, позволяющего эффективно влиять на коренное улучшение водопользования, и бережного отношения к водным ресурсам, тогда как республика испытывает определенные затруднения в обеспечении орошаемых сельхозугодий поливной водой.

При общем водозаборе оросительной воды за вегетационный период 2008 г., равном 9,46 км³, 70,8 тыс. га орошаемых сельхозугодий требуют повышения водообеспеченности. Наряду с общим дефицитом оросительной воды, особенно в маловодные годы, сказывается и низкая эффективность работы оросительной сети, благодаря чему до полей доставляется только 46 % воды, забираемой на орошение. В связи с этим требуется неотложное проведение комплексной реконструкции оросительных систем на площади 105,9 тыс. га.

По данным мелиоративного кадастра, оросительные воды подаются в количествах, превышающих требуемые по режиму орошения, так как поливы проводятся нерациональными способами – по бороздам и напуском, что приводит к значительному увеличению дренажного стока. Анализ материалов свидетельствует о том, что несоблюдение режимов орошения, примитивные способы поливов приводят к повсеместному подъему уровня грунтовых вод, т.к. существующая в настоящее время коллекторно-дренажная сеть не в состоянии обеспечить эффективный отвод дренажных вод с орошаемых массивов в силу недостаточной пропускной способности магистральных коллекторов, что, в свою очередь, приводит к подъему уровня грунтовых вод, реставрации засоления почв орошаемых земель. Это важное заключение должно послужить основой для принятия мер по улучшению мелиоративной обстановки орошаемых земель, в противном случае потеря урожая от фактора мелиоративной обстановки с годами и обострение экологической обстановка неизбежны.

Анализ материалов использования оросительной воды в сопоставлении с площадями орошаемых сельхозугодий позволяет сделать следующие основные выводы:

– потребность в оросительной воде за вегетационный период, с учетом фактической структуры орошаемых сельхозкультур и научно обоснованными

оросительными нормами, значительно выше, чем фактический водозабор;

– процент потери воды от места водозабора до пункта водопотребления весьма значительно и достигает в целом по республике 45–50 %. В то же время наблюдается снижение уровня потерь от водозабора по сравнению с 2000 г.;

– наибольшие и устойчивые потери воды сохраняются при межхозяйственном и внутрихозяйственном водораспределении, в результате фильтрации из мелких каналов в земляном русле, а также непроизводительных способах поливов (напуском, по бороздам).

В настоящее время водопотребление всех отраслей народного хозяйства составляет $23,5 \text{ км}^3$, в том числе орошаемого земледелия $10,8 \text{ км}^3$ или 45,9 %. В среднем на 1 га орошаемых земель потребляется 4,3–6,4 тыс. м^3 /год, а на территории Кура-Аразской низменности до 10,0 тыс. м^3 /год.

Мероприятия по водохозяйственному строительству, выполненные в республике за последние годы, способствовали доведению площадей орошаемых с/х угодий до 1432,8 тыс. га (на 01.01.2008 г.). Построено более 40 крупных водохранилищ и около 350 местных водоемов с общим полезным объемом 187 00 млн м^3 . Созданы крупные оросительные системы, более или менее равномерно обеспечивающие массивы оросительной водой.

Построенная к настоящему времени оросительная и коллекторно-дренажная сеть имеет ряд недостатков, к которым в первую очередь относится: низкий коэффициент полезного действия (КПД) оросительных систем; недостаточная пропускная способность сооружений на оросительных системах при оптимальном режиме орошения; недостаточная водообеспеченность орошаемых земель; низкая эффективность работы внутрихозяйственной и межхозяйственной коллекторно-дренажной сети; недостаточная пропускная способность магистральных коллекторов (Мугано-Сальянский сброс, Главный Ширванский, Милькой-Карабахский и др.).

Для предотвращения засоления и заболачивания орошаемых сельхозугодий, подъема уровня грунтовых вод на орошаемых массивах республики построена коллекторно-дренажная сеть, техническая характеристика которой приведена в табл. 1.

Почвы описываемой зоны обладают высоким потенциальным плодородием. Содержание гумуса в темных разностях почв колеблется от 3,0 до 6,2 %, в светлых – не менее 1,5 %. В почвах длительного срока орошения (старорошаемых) величина гумуса по профилю изменяется в небольших значениях и, постепенно понижаясь, даже на больших глубинах (до 1,2 м) составляет 1,0 %.

Большинство сероземных почв и их разновидности в той или иной степени засолены и осолонцованы, а степень их засоленности варьирует в широком диапазоне – от незасоленных до солончаков.

На орошаемых землях наблюдается значительная пестрота засоления почв, зависящая от множественных факторов: от уровня грунтовых вод и их минерализации, мелиоративной и сельскохозяйственной особенности территории, аг-

ротехнических и мелиоративных мероприятий (поливов, промывок, внесения удобрений и химмелиорантов) и др.

Таблица 1

Техническая характеристика оросительной и коллекторно-дренажной сети

Показатель	Ед. изм.	Количество
Общая протяженность оросительной сети	тыс. км	53,75
В том числе: в земляном русле	– "–	34,4
межхозяйственная	– "–	7,49
внутрихозяйственная	– "–	26,91
бетонирование	– "–	6,31
лотковая сеть	– "–	1,95
трубопроводы	– "–	11,07
По элементам сети		
в том числе: межхозяйственная	– "–	9,19
внутрихозяйственная	– "–	44,56
Удельная протяженность		
межхозяйственная	т/га	6,75
внутрихозяйственная	– "–	32,72
Коэффициент полезного действия:		
межхозяйственная	– "–	0,78
внутрихозяйственная	– "–	0,71
Общая площадь дренированных земель	тыс. га	562,6
в том числе:		
открытый	– "–	302,3
закрытый	– "–	248,7
вертикальный	– "–	11,6
Общая протяженности КДС	тыс. км	28,0
в том числе: межхозяйственная	– "–	4,5
внутрихозяйственная	т/га	23,5
Удельная протяженность		41,8

Для нормализации эколого-мелиоративной обстановки орошаемых сельхозугодий республики необходимо проведение комплексных мелиоративных мероприятий, приведенных в табл. 2.

Улучшение эколого-мелиоративного состояния орошаемых земель не может быть достигнуто реконструкцией существующей оросительной сети, проведение которой необходимо на площади 7,4 %, строительством и реконструкцией коллекторно-дренажной сети на площади 11,6 %, повышение водообеспеченности на площади 4,9 %, эксплуатационными промывками засоленных земель для предотвращения процессов засоления, 5,6 %.

Весьма существенным является также соблюдение правил водопользования, соблюдение оросительных и промывных норм и повышение уровня агротехнических приемов возделывания сельскохозяйственных культур.

Выводы и предложения

1. Несмотря на выделяемые ежегодно большие суммы денег, мелиоративная обстановка на орошаемых землях в целом по республике улучшается очень

медленно, а в некоторых массивах, как ни парадоксально, даже ухудшается. В значительной мере это зависит и от того, что рекомендации Гидрогеолого-мелиоративной службы не носят обязательного характера и в большинстве случаев их только «принимают во внимание». Конечно, в этом случае трудно ожидать улучшения мелиоративной обстановки вообще и тем более в соответствии с объемом выделяемого финансирования.

Таблица 2

Основные показатели мероприятий по переустройству оросительных систем (на 01.01.2008)

Водохозяйственные массивы	Общая площадь орошаемых земель, тыс. га	Площадь с/х угодий, требующая капитальных работ для повышения технического уровня оросительных систем, тыс. га		На этой площади необходимо выполнить					
				строительство и реконструкция КДС, тыс. га	комплексная реконструкция оросительных сетей, тыс. га	капитальная планировка, тыс. га	ремонты КДС, тыс. га	повышение водообеспеченности, тыс. га	капитальная промывка засоленных земель, тыс. га
Мугано-Сальянский	218,3	45,6	20,9	5,1	8,6	6,0	40,4	1,0	22,4
Ширванский	231,2	76,0	32,9	36,7	36,8	11,2	39,3	16,3	18,0
Карабахский	192,3	38,0	19,8	27,7	9,3	15,8	10,3	18,3	3,6
Мильский	217,8	48,6	22,3	35,5	25,6	9,7	13,2	11,2	16,5
Нахичеванский	57,0	9,3	16,3	4,5	3,3	2,6	4,8	2,8	2,3
Гянджа-Казахский	180,9	28,3	15,6	28,2	6,5	—	0,1	8,0	7,9
Алазань-Агричайский	100,4	11,6	11,6	9,1	7,1	3,2	2,5	2,3	4,0
Ленкарань-Масаллинский	71,4	17,2	24,1	9,0	6,7	6,0	8,2	7,4	1,6
Самур-Апшеронский	149,0	16,4	11,0	7,2	—	2,3	9,2	3,5	3,6
Горные районы	5,7	—	—	—	—	—	—	—	—
Городские земли	8,8	2,7	30,7	2,7	2,0	0,4	—	—	—
Итого по респ-ке	1432,8	293,7	20,5	165,7	105,9	57,2	128,0	70,8	79,9

2. Системный подход к изучению, учету, оценке и изменению факторов формирования эколого-мелиоративной обстановки позволяет не только достоверно и объективно оценить их роль и степень влияния, но и обосновать комплекс эффективных мероприятий, определить виды и объемы работ для объективного учета и строгого контроля изменений эколого-мелиоративной обстановки.

Литература

- Информация о гидрогеолого-мелиоративном состоянии орошаемых земель Азербайджанской ССР. – Баку, 1990, с. 12–36.
 Шабанов А.И. Инженерно-геологический аспект мониторинга мелиорированных территорий Азербайджана. – Баку, 2004, с. 185–190.

Д.М. Мурин

ПРИЧИНЫ И СЛЕДСТВИЯ ВЫСОКОЙ ВЕТРОВАЛЬНОСТИ
ПРИРУЧЬЕВЫХ ЕЛОВЫХ ЛЕСОВ

D.M. Mirin

CAUSES AND EFFECTS OF SEVERE BLOWDOWN
IN BROOKSIDE SPRUCE FORESTS

Вероятность вывала деревьев ветром в долинах ручьев выше, чем на водораздельных плато. По измерениям параметров крон ели в разных частях долины ручья показано увеличение высоты и парусности кроны деревьев от верхней к придонной части долины. В сочетании с другими факторами это приводит к повышенной частоте появления ветровальных комплексов. Элементы таких комплексов в процессе динамики проходят несколько стадий, различающихся физико-химическими параметрами, составом и строением растительных микрогруппировок, что повышает уровень структурного и видового разнообразия приручевых лесов.

Ключевые слова: приручевой ельник, долина ручья, ветровал, ветровальная динамика, ветровальная мозаичность.

The windfall probability in a streamside forest is higher than in a watershed one. The measurement of spruce crown parameters in different parts of rivulet valley show that height and square of vertical projection of tree crowns increase from upper to lower part of the valley. In a combination to other factors it leads to raised frequency of uprootings. The elements of uprooting pass several stages during their dynamics. These stages are differed by physical and chemical parameters, composition and structure of vegetation cover. It increases structural and species diversity in streamside forests.

Key words: streamside spruce forest, rivulet valley, windthrow, forest dynamics after windthrow, uprooting.

Введение

Естественная динамика леса тесно связана с режимом и характером нарушений. В еловых лесах основным типом таких деструкций являются ветровалы [Скворцова и др., 1983; Kuuluvainen, 1994; Сукцессионные процессы..., 1999; Ulanova, 2000; Shorohova, 2004; Пукинская, 2007]. Интенсивность ветровалов существенно различается в разных лесорастительных условиях и в сообществах с разной структурой древостоя [Quine et al., 1995; Сукцессионные процессы..., 1999; Ulanova, 2000]. В результате ветровалов изменяется строение и состав лесного сообщества, интенсивность процессов нарастания фитомассы и разложения органического вещества. Ветровальные комплексы являются элементом лесной экосистемы, с которым связана заметная часть биологического разнообразия, в том числе большая группа видов, живущих в разлагающейся древесине, ставших крайне редкими в антропогенно преобразованных ландшафтах (Kushnevskaya et al., 2007; Выявление..., 2009). К этим же микроместообитаниям в основном приурочено поселение главного доминанта этих сообществ – ели,

соответственно, ветровальные комплексы оказываются ключевыми элементами экосистемы елового леса, ответственными за устойчивое лесовозобновление [Скворцова и др., 1983; Kuuluvainen, 1994; Сукцессионные процессы..., 1999; Ulanova, 2000; Чередниченко и др., 2007].

Ландшафтные факторы, влияющие на интенсивность ветровалов, изучены слабо (есть неопубликованные материалы Ю.Г. Пузаченко и его учеников). В ходе собственных исследований была выявлена повышенная частота ветровальных комплексов в долинах ручьев по сравнению с прилегающими водораздельными участками [Мирин, 2001]. В данной работе сделана попытка рассмотреть некоторые влияния положения в долине ручья на вероятность вывала дерева через изменение параметров дерева, а также некоторые последствия ветровалов для структуры лесного сообщества в отдельных типах приручьевых лесов.

Выраженность факторов и эффектов ветровальности древостоев в приручьевых лесах

Приручьевые леса характеризуются устойчиво высокой влажностью почв и высокой продуктивностью растительности. Обе эти особенности являются факторами, усиливающими подверженность леса ветровалам и буреломам [Quine et al., 1995]. Так, с увеличением влажности почвы она становится более текучей, ее удерживающая способность уменьшается. На влажных почвах глубина залегания корневой системы, как правило, значительно меньше, чем на более сухих почвах, что снижает ее якорные свойства. На влажных и богатых почвах степень развития корневой системы (доля подземной фитомассы) меньше, чем на более бедных и сухих почвах, что тоже увеличивает ветровальность деревьев. В высокопродуктивных древостоях высота деревьев и диаметр кроны больше, что усиливает их парусность. При высокой скорости роста древесина получается более рыхлой, что повышает вероятность бурелома. Более детальные исследования показали, что в маловетренных местообитаниях нет существенных различий в ветровальности еловых древостоев на глеевых (устойчиво переувлажненных) почвах и на буроземах (хорошо аэрируемых почвах). В ветреных местообитаниях вероятность ветровала таких же древостоев к 50-летнему возрасту на глеевых почвах в 3–12 раз выше, чем на буроземах [Gardiner, Quine, 2000]. С увеличением расстояния между деревьями при прочих равных условиях на глеевых почвах вероятность ветровала возрастает в случае формирования асимметричной корневой системы и не меняется в случае симметричного развития корневой системы. Последнее обстоятельство также может приводить к повышенной ветровальности приручьевых лесов вследствие их разреженности вблизи ручья и весьма вероятной в данных условиях асимметричности корневых систем деревьев.

Повышенная частота ветровалов в приручьевых лесах приводит к высокой частоте свежих ветровальных комплексов. Ветровальные комплексы играют важную роль в возобновлении многих видов и формировании пространственной

структуры лесных сообществ [Скворцова, 1983; Hofgaard, 1993; Kuuluvainen, 1994; Шорохова, 1999; Mirin, 2000; Ulanova, 2000; Shorohova, 2004; Чередниченко, 2007]. К некоторым элементам ветровальных комплексов (валежник, ветровальные бугры, иногда край ветровальных западин) приурочено возобновление как основного эдификатора бореальных лесов – ели, так и древесных пород, присутствующих в коренных лесах только в виде примеси. В специфических экологических условиях ветровальных комплексов появляются виды травяно-кустарничкового и мохово-лишайникового ярусов, не свойственные фоновому покрову данного типа леса [Скворцова, 1983; Jonsson, Esseen, 1998; Mirin, 1999; Ulanova, 2000; Kushnevskaya, 2007]. Заселение нарушенных ветровалом участков зависит от особенностей нарушения (площади и тяжести), состава окружающей растительности, биологических и экологических свойств видов (способы и интенсивность возобновления, подвижность, устойчивость) и случайных факторов (Сукцессионные процессы..., 1999; Jonsson, 1998; Okland, 1994, 1995).

Материалы и методики

Для изучения вероятности ветровала в разных элементах долины ручья была проведена путем расчета вертикальной проекции кроны оценка парусности крон ели в субмеридионально ориентированной долине ручья в урочище Куртаево (Приморский р-н Архангельской обл., северная тайга). В этой долине выполнены измерения высоты и радиуса крон деревьев первого яруса, растущих на дне долины, в нижней трети склона и в верхней половине того же склона долины. Во всех частях долины в древостое господствует ель (гибридные формы с преобладанием признаков ели сибирской *Picea obovata*). Древостой на дне долины сильно разрежен (сомкнутость 0,3–0,4), распределен очень неравномерно по площади. Древостой на склонах имеет сомкнутость около 0,8. Измерения проведены на участке долины глубиной 5–7 м. Деревья в нижней части склона, по-видимому, достигают корнями грунтовых вод в отличие от деревьев верхней части склона. Древостой на склонах относительно одновозрастный, на дне долины – условно разновозрастный. Возраст деревьев определен по кернам, по ним же посчитана доля деревьев с гнилью древесины (деревья с внешне видимой стволовой гнилью не бурились, но в подсчет доли деревьев с гнилью древесины включены). Парусность кроны оценена как площадь ее вертикальной проекции, которая рассчитана по формуле прямоугольного треугольника (радиус кроны помножен на ее высоту). Достоверность различий средних в полученных выборках разного объема с распределением значений, существенно уклоняющимся от нормального, проведено с помощью критерия Уилкоксона (Wilcoxon Test) на 5 %-ном уровне значимости [Уланова, 1995]. Описание растительных сообществ проведено с использованием пробных площадей 20 × 20 м и на трансектах шириной 20 м, начинавшихся на краю водораздельного плато и пересекавших долину ручья поперек. Напочвенный покров описан в границах естест-

венных контуров. Для каждого типа пятен напочвенного покрова даны оценки его доли от площади фитоценоза, общего покрытия травяно-кустарничкового яруса, общего покрытия мохового яруса, проективных покрытий каждого вида. В случае плохо различимых в поле видов мохообразных указано проективное покрытие различных групп видов (Ипатов, Мирин, 2008).

Названия растений даны по сводкам сосудистых растений России и сопредельных стран [Черепанов, 1995], мхов на ту же территорию [Ignatov, Afonina, 1992] и печеночников и антоцеротовых [Konstantinova et al., 1992].

Результаты и их обсуждение

В долине ручья, обследованной на вероятность ветровала деревьев, средний возраст елового древостоя на дне долины оказался чуть меньше, чем на склонах (см. таблицу). Это косвенно свидетельствует о большей скорости замены деревьев в древостое и меньшей их продолжительности жизни. О последнем говорит и существенно бо́льшая частота гнилей ствола ели на дне долины по сравнению с ее склонами.

Вероятность вывала дерева при прочих равных условиях возрастает с увеличением суммарной поверхности кроны (ее парусности). Поскольку сила ветра неодинакова на разной высоте над землей и снижается в толще растительного покрова, деревья более высокие сталкиваются с большим давлением ветра по сравнению с низкими особями. То есть чем выше дерево, тем больше вероятность его вывала ветром при прочих равных условиях.

Высота господствующих деревьев на дне и в нижней части склона долины почти одинакова, а в верхней части склона она достоверно меньше. Радиус кроны дает такое же распределение значений по элементам долины. В результате максимальная парусность кроны наблюдается в нижней части склона долины ручья, несущественно меньше парусность кроны ели на дне долины и значительно меньше в верхней части склона, значимость отличия верхней части склона подтверждается тестом Уилкоксона (см. таблицу).

В ряду верх склона – низ склона – дно долины увеличивается влажность и богатство почвы. С увеличением доступности влаги и растворенных в ней питательных веществ относительный размер корневой системы уменьшается. Кроме того, сырые почвы обладают большей текучестью по сравнению с влажными и свежими. Следовательно, якорные свойства корневой системы ослабевают в указанном ряду. С учетом выше сказанного и более широкого распространения стволовых гнилей на дне долины вероятность вывала деревьев ветром возрастает от верхней части склонов долины к ее дну, соответственно интенсивность динамики внутри лесных фитоценозов, связанной с ветровалами, возрастает в том же направлении.

Геоботанические описания разных типов приручевых лесов сформировали у автора статьи представления о различной проявленности последствий вывала деревьев в разных условиях. В наиболее богатых приручевых ельниках, отно-

сящихся к высокотравному и крупнопоротниковому циклам, ветровальные комплексы затягиваются фоновым травяным покровом и разрушаются очень быстро. Медленнее эти процессы идут в хорошо дренированных долинах ручьев с богатыми почвами, где в травостое господствуют дубравные виды. Наиболее ярко специфические растительные микрогруппировки на ветровальных комплексах выражены в широких долинах ручьев со среднебогатыми почвами и недостаточно хорошим дренажом. В таких условиях фоновым типом напочвенного покрова еловых лесов являются хвощово-сфагновые микрогруппировки. В более бедных или более дренированных условиях на небогатых почвах ветровальные комплексы и их специфические растительные микрогруппировки встречаются реже, видимо, из-за меньшей частоты вывалов (большей продолжительности жизни деревьев) и меньшей специфичности по составу и строению микрогруппировок на отдельных элементах ветровального комплекса.

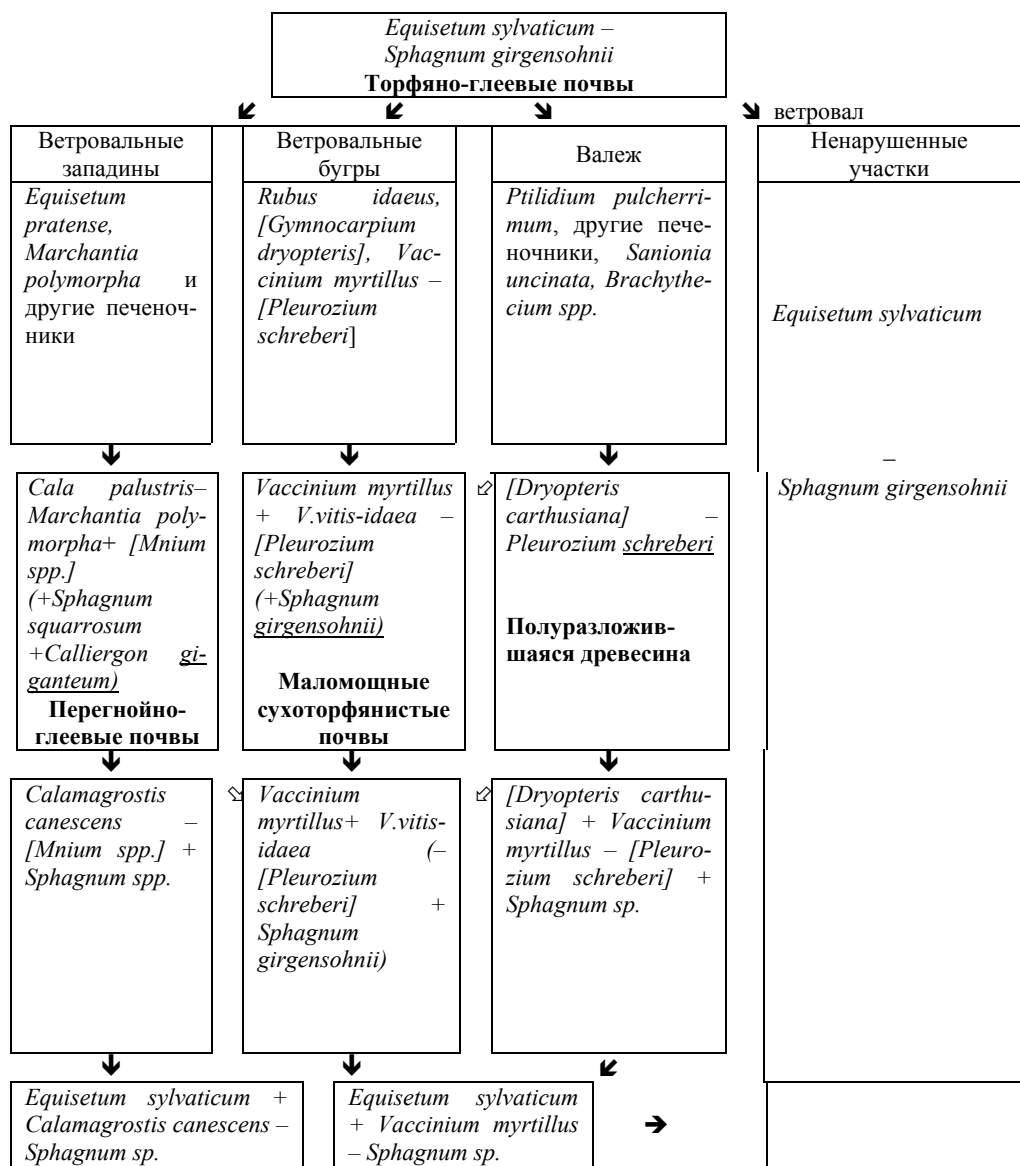
Характеристики древостоя ели в разных частях долины ручья

Характеристика	Положение в долине		
Высота деревьев, м	дно долины	низ склона	верх склона
Среднее	26,2	28,7	21,9
Стандартная ошибка среднего	0,9	0,6	0,5
Медиана	26,5	28	22
Радиус кроны, м			
Среднее	1,8	1,9	1,5
Стандартная ошибка среднего	0,1	0,1	0,1
Медиана	1,8	1,8	1,5
Площадь вертикальной проекции кроны, м ²			
Среднее	47,9	53,7	33,7
Стандартная ошибка среднего	2,5	2,4	1,8
Медиана	46,5	50,4	32,4
Средний возраст, лет	133	143	145
Доля деревьев со стволовой гнилью, %	27	17	16
Количество измерений	22	30	25

Исследования внутрифитоценозной многолетней динамики растительности (старения ветровальных комплексов) проведены в ельнике разнотравно-хвощово-сфагновом. Определить календарный возраст ветровальных комплексов и валежа не было возможности. Относительный возраст ветровальных комплексов устанавливался по следующим признакам: сомкнутость травяно-кустарничкового и мохового ярусов после ветровального нарушения, отчетливость проявления элементов ветровального комплекса в микрорельефе, максимальный возраст подроста древесных пород в пределах комплекса, стадия разложения ствола дерева, при вывале которого образовался данный комплекс, стадия зарастания ствола. В качестве критериев при выделении стадий разложения валежа были приняты: наличие коры и ветвей, покрытие обнаженной древесины мхами (с учетом положения валежника и его видовой принадлежности), плотность древесины (протыкаемость ножом), форма сечения ствола, связанная с его проседанием при разложении [Hofgaard, 1993; Шорохова, Шорохов, 1999]. Стадии

разложения и стадии зарастания валежа не тесно связаны между собой, так как набор ведущих факторов, влияющих на скорость этих процессов, не полностью совпадает. Зарастание валежа может включать в себя три малозависимых процесса: зарастание коры на стволе упавшего дерева (может отсутствовать, если кора опала у сухостоя, или прерваться в любой момент вместе с опадением коры), заселение и микросукцессия на разлагающейся обнаженной древесине, затягивание валежа моховым ковром с боков (характерно для стволов малого диаметра, больше распространено в сфагновых типах леса). Стадии зарастания выделялись по общему проективному покрытию обнаженной древесины мхами, печеночниками и лишайниками; соотношению остаточных эпифитных видов, пионерных специфических эпиксильных видов и видов напочвенного мохового покрова таежных лесов, присутствию сосудистых растений, кроме однолетних проростов [Kushnevskaya et al., 2007].

Фон в напочвенном покрове исследованного фитоценоза составляют хвощово-сфагновые, сфагново-хвощовые, мелкотравно-сфагновые и сфагновые пятна [Mirin, 2000]. Под фоновыми типами пятен напочвенного покрова формируются фоновые для данного биогеоценоза торфяно-глеевые почвы с дифференцированным органическим горизонтом (см. рисунок). При вывале деревьев образуются 3 новых типа пятен напочвенного покрова: ветровальные западины, ветровальные бугры и крупный древесный валежник. Размываемые ветровальные западины составляют около 20 % площади фитоценоза. Свежие западины заселяются маршанцией и другими печеночниками. Вскоре, печеночники вытесняются гигрофильными зелеными мхами (*Plagiomnium* spp., *Pseudobryum cinclidioides*, *Calliergon giganteum* и др.), поселяется и быстро становится доминантом белокрыльник *Calla palustris*, также появляются другие виды гигрофильного разнотравья и вейник сероватый *Calamagrostis canescens*. Отмирающие и отмершие остатки доминантов мохового ковра предыдущей стадии обнаруживаются под покровом доминантов текущей стадии. Со временем глубина ветровальной западины уменьшается за счет приноса сюда частиц почвы с окружающих участков, более быстрого роста мхов и более быстрого накопления их отмерших остатков. По мере старения этого элемента микрорельефа доминирование в моховом ярусе переходит к сфагнам, скорость разложения растительных остатков падает, перегнойно-глеевые почвы развиваются в торфяно-глеевые. В травяном ярусе на гигрофильно-разнотравно-моховой стадии часто начинает активно развиваться кочедыжник женский *Athyrium filix-femina*. При смене зеленомошного покрова на сфагновый более требовательные к богатству почвы и более нейтрофильные виды разнотравья уступают место вейнику *Calamagrostis canescens*. В дальнейшем при почти полном исчезновении из мохового яруса зеленых мхов и переходе доминирования от *Sphagnum squarrosum* к сфагновым мхам секции *Acutifolia* клоны вейника сероватого деградируют, присутствуют лишь его вегетативные побеги, активно разрастается хвощ лесной *Equisetum sylvaticum*, появляются виды таежного мелкотравья.



Динамика пятен напочвенного покрова в мезотрофных приручевых лесах на песках (ельник разнотравно-хвощово-сфагновый, Нижнесви́рский заповедник)

В названии растительных микрогруппировок указаны доминанты по ярусам, между содоминантами одного яруса стоит знак «+», между травяно-кустарничковым и мохово-лишайниковым ярусами – знак «–»; перечисление наиболее обильных видов через запятую дано в случае несомкнутых группировок; в квадратных скобках – представитель эколого-морфологической группы

видов – коллективного доминанта, под [Mnium spp.] подразумеваются виды семейства Mniaceae, в основном *Pseudobryum cinclidioides*, *Rhizomnium punctatum* и несколько видов рода *Plagiomnium*.

В приручевых лесах хорошо выражены пристволовые повышения на густой сетке крупных древесных корней. Пристволовые повышения и ветровальные бугры занимаются черничными, бруснично-черничными и мелкотравными пятнами доминирования (см. рисунок). Черника, появляясь на первых стадиях зарастания ветровальных бугров, индицирует их и когда они уже не выражены в микрорельефе, лишь в торфе присутствует большое количество полуразложившейся корневой и стволовой древесины. На свежих ветровальных буграх обычно поселяются разнообразные мхи: *Polytrichum juniperinum*, *P. pallidisetum*, *Amblystegium serpens*, брахитециевые и мелкие верхоплодные мхи, также обычен *Atrichum undulatum*, рано появляется и доминант сомкнутого мохового покрова *Pleurozium schreberi*, по обнажениям грунта и корней поселяются мелкие печеночники (*Cephalozia* sp., *Chiloscyphus* spp.). Относительно быстро доминирование в моховом ярусе переходит к обычным таежным мхам (*Pleurozium schreberi*, *Hylocomium splendens*, *Dicranum scoparium*, *Dicranum polysetum*). В процессе старения ветровальных бугров, уменьшения их высоты, по мере разложения корней, составляющих каркас ветровального бугра, и увеличения влагоемкости субстрата этого элемента ветровального комплекса таежные зеленые мхи уступают место сфагновым мхам. При разложении древесного валежа повышения микрорельефа, вызванные ветровалом, активно заселяются крупными розеточными папоротниками, в основном видами щитовника *Dryopteris* [Мирин, 1999]. Ель в переувлажненных местообитаниях поселяется преимущественно на валеже и ветровальных буграх. Поэтому при росте дерева, развитии его сетки корней в состав пристволовых повышений попадает часть ветровальных бугров и валежа, а также прилегающие участки фонового покрова и ветровальных западин. Сеть крупных корней на пристволовых повышениях настолько густа, что почвы фактически теряют связь с глубже лежащими горизонтами. Профиль почвы над сеткой корней очень короткий (около 10 см) и представлен всего одним горизонтом, образованным преимущественно слаборазложившимся хвойным опадом.

Заключение

Таким образом, в долинах ручьев складываются условия, повышающие вероятность вывала деревьев ветром: большая высота и парусность (суммарная поверхность) кроны, более слабые якорные свойства корневой системы, более разреженный древостой, большая частота стволовых гнилей ели. Это приводит к повышенной частоте появления ветровальных комплексов. В хвощово-сфагновых приручевых лесах элементы таких комплексов (ветровальные бугры, ветровальные западины, валеж) с момента формирования проходят несколько стадий деградации, различающихся физико-химическими параметрами и соста-

вом и строением растительных микрогруппировок, что повышает уровень структурного разнообразия экосистемы. К ранним и средним стадиям динамики элементов ветровальных комплексов приурочен целый ряд видов, не встречающихся на ненарушенных участках почвы, что повышает уровень видового разнообразия приручевых лесов. Возобновление лесообразователя – ели в этих условиях происходит преимущественно на старых ветровальных комплексах.

Литература

1. Выявление и обследование биологически ценных лесов на Северо-Западе Европейской части России. Т. 1. – СПб., 2009. – 238 с.
2. Ипатов В.С., Мирин Д.М. Описание фитоценоза: методические рекомендации. – СПб., 2008. – 71 с.
3. Мирин Д.М. О синдинамических отношениях ельников кисличного и кислично-щитовникового // Вестник СПбГУ. Сер. 3. Вып. 3 (№ 17). 1999, с. 85-87.
4. Мирин Д.М. Мозаичность некоторых типов приручевых лесов // Тез. докл. VII молодежной конф. ботаников в Санкт-Петербурге. – СПб., 2000, с. 192.
5. Мирин Д.М. Некоторые закономерности почвенно-растительного покрова долин ручьев северо-запада России // Материалы докучаевских молодежных чтений'2001 "Методологические проблемы современного почвоведения". – СПб., 2001, с. 146-149.
6. Пукинская М.Ю. Динамика еловых лесов Северо-Запада России в связи с образованием окон: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. – СПб., 2007. – 16 с.
7. Сковорода Е.Б., Уланова Н.Г., Басевич В.Ф. Экологическая роль ветровалов. – М., 1983. – 192 с.
8. Сукцессионные процессы в заповедниках России и проблемы сохранения биологического разнообразия. – СПб., 1999. – 549 с.
9. Чередниченко О.В., Минаева Т.Ю., Уланова Н.Г., Андреева М.В. Последствия массовых ветровалов 1996 года: растительность на 7 год после нарушений ельника сложного // Труды Центрально-Лесного государственного природного биосферного заповедника, вып. 5: Заповедники России и устойчивое развитие. – Великие Луки, 2007, с. 329 – 337.
10. Черепанов Е.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств. – СПб., 1995. – 992 с.
11. Шорохова Е.В., Шорохов А.А. Характеристика классов разложения древесного детрита ели, березы и осины в ельниках подзоны средней тайги // Труды СПб НИИЛХ. 1999. Вып. 1, с. 17-23.
12. Уланова Н.Г. Математические методы в геоботанике. – М., 1995. – 109 с.
13. Gardiner B.A., Quine C.P. Management of forests to reduce the risk of abiotic damage – a review with particular reference to the effect of strong winds // Forest Ecology and Management. 2000. № 135, p. 261-277.
14. Hofgaard A. Structure and regeneration patterns of a virgin Picea abies forest in northern Sweden // Journal of Vegetation Science. 1993. Vol. 4. № 5, p. 601-608.
15. Ignatov M.S., Afonina O.M. Check-list of mosses of the former USSR. Arctoa Vol. 1. 1992, p. 1-86.
16. Jonsson B.G., Esseen P.-A. Plant colonisation in small forest-floor patches: importance of plant group and disturbance traits // Ecography. 1998. № 21, p. 518-526.
17. Konstantinova N.A., Potemkin A.D., Schljakov R.N. Check-list of the Hepaticae and Anthocerotae of the former USSR. Arctoa. 1992. Vol. 1, p. 87-127.
18. Kushnevskaya H., Mirin D., Shorohova E. Patterns of epixylic vegetation on spruce logs in late-successional boreal forests // Forest Ecology and Management. Vol.250, Is.1-2. 2007, p. 25-33.
19. Kuuluvainen T. Gap disturbance, ground microtopography and the regeneration dynamics of boreal coniferous forests in Finland // Ann. Zool. Fennici. 1994. № 31, p. 35-51.
20. Mirin D. Dynamic mosaic structure of vegetation in the valleys of rivulet // Disturbance dynamics in boreal forests (abstracts). Helsinki, 2000, p. 36.
21. Okland R.H. Bryophyte and lichen persistence patterns in a Norwegian boreal coniferous forest // Lindbergia. 1994. № 19, p. 50-62.

22. *Okland R.H.* Persistence of vascular plants in a Norwegian boreal coniferous forest // *Ecography*. 1995. № 18, p. 3-14.
23. *Quine C.P., Coutts M.P., Gardiner B.A., Pyatt D.G.* Forests and Wind: Management to Minimize Damage // *Forestry Commission Bulletin* 114. London, 1995. 35 p.
24. *Shorohova E., Tetiukhin S.* Natural disturbances and the amount of large trees, deciduous trees and coarse woody debris in the forests of Novgorod Region, Russia // *Ecol. Bull.* 2004. Vol. 51, p. 137-147.
25. *Ulanova N.G.* The effects of windthrow on forests at different spatial scales: a review // *Forest Ecology and Management*. 2000. Vol. 135. № 1-3, p. 155-167.

М.А. Трубина, Л.А. Хассо, Ж.К. Дячко

МЕТОДЫ БИОКЛИМАТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО РЕГИОНА РОССИИ

Marina Trubina, Ludmila Hasso, Zhaniya Dyachko

METHODS OF THE BIOCLIMATIC ESTIMATION OF THE NORTHWEST REGION OF RUSSIA

В статье представлены методы и результаты биоклиматической оценки климата Северо-Западного региона России.

Ключевые слова: биометеорологические индексы и показатели, адаптация, комфортность, климат, информационные технологии.

In article methods and results of a bioclimatic estimation of a climate of Northwest region are presented.

Key words: Biometeorological indexes and indicators, adaptation, comfort, climate, methods, information technologies.

Введение

В XXI в. существенно возрастает интерес специалистов (метеорологов, климатологов, экологов, медиков) к проблеме влияния изменений климата и погоды на здоровье человека. В будущем на планете ожидается дальнейшее увеличение частоты и интенсивности наводнений, засух и других погодных и климатических экстремальных явлений в результате изменения климата, в частности, тепловых волн, которые могут оказывать неблагоприятное воздействие на здоровье человека [9, 12]. Проблема установления причинно-следственных связей между состоянием (качеством) окружающей среды и здоровьем населения, является одной из ведущих среди социальных задач, при этом проблема влияния изменения климата на здоровье населения становится **вызовом XXI века**, особенно актуальными являются вопросы адаптации населения к изменению климата и к ухудшению экологической обстановки [1, 6, 26].

В России адаптация организма человека к климатическим изменениям является ключевым элементом будущей стратегии климатической политики, поэтому решение проблем адаптации человека ставит задачи по комплексной оценке:

- климатических изменений в регионах страны (биоклиматические особенности);
- влияния гелиофизических и метеорологических факторов на здоровье человека;
- влияния экологических и социальных проблем (оценка риска для здоровья человека).

По мнению группы экспертов РКИК ООН: «Адаптация к последствиям изменения климата, как вследствие деятельности человека, так и природных

факторов является наиважнейшей задачей для всех государств, особенно в тех регионах, которые могут испытать на себе наиболее серьезные последствия изменения климата. Все страны нуждаются в расширении доступа к информации и создании научного потенциала, который позволит их правительствам разрабатывать стратегии планирования и обеспечения развития с учетом климатических, экологических, медицинских, экономических и социальных факторов. ...В области последствий наблюдаемых и ожидаемых в будущем изменений климата для природных и хозяйственных систем, для здоровья населения необходимо дальнейшее развитие и усиление исследований по ряду научных направлений»¹.

Актуальность

Актуальность данного исследования определяется одним из важнейших направлений ряда программ международных организаций (ООН, ВМО, ВОЗ, ВБО, ЮНЕСКО, ЮНЕП, МГЭИК и др.) – созданием долгосрочных международных программ междисциплинарных исследований для предотвращения неблагоприятного влияния изменений погоды и климата на здоровье человека и развитием этой тематики в России.

В начале XX в. проблеме воздействия климатических и погодных факторов на организмы уделялось большое внимание. Впервые профессор медицины П.Г. Мезерницкий описал комплексный подход к изучению влияния метеорологических и электрических факторов на здоровье человека и представил схему влияния солнечных и теллуристических (земных) факторов в своей монографии «Медицинская метеорология» [10]. Выдающийся ученый, академик Е.Е. Федоров (1925 г.) предложил в комплексной метеорологии раздел «медицинская метеорология» и создал учение о погодах, которое в дальнейшем развил совместно с Л.А. Чубуковым (1949 г.) [23, 24]. Это стало основой первой классификации погоды для медицинских целей.

Во второй половине XX в. рядом авторов были предложены различные медицинские классификации погоды на основе учета основных метеорологических параметров (И.В. Бутьева, Е.Г. Головина, Н.П. Данилова, В.И. Русанов, В.Н. Шеповальников, К.Ш. Хайруллин и др.) [3, 4, 5, 8, 13, 15, 17, 25, 27]. В курортологии активно развивалось научное направление «медицинские прогнозы погоды (МПП)» (И.И. Григорьев, В.Ф. Овчарова, Н.П. Поволоцкая, В.Г. Бокша, И.С. Кандрор, В.И. Хаснулин и др.) [5, 14, 16, 22]. Известный климатолог А.А. Исаев в монографии «Экологическая климатология» детально описал многие методы оценки, обобщил результаты исследований ученых в области биометеорологии и биоклиматологии, курортологии, а также привел обширный список библиографических источников [5].

¹ Оценочный доклад РКИК ООН об изменениях климата и их последствиях (2008), [Электронный ресурс] <http://climate2008.igce.ru/v2008/htm/index00.htm>

Проведенный анализ литературных источников, посвященный медицинской оценке погоды, показывает, что несмотря на значительное число предложенных биоклиматических индексов (их около ста), правильный выбор для решения конкретной задачи оказывается затруднительным, поэтому до сих пор нет унифицированных или региональных критериев оценки.

Постановка задачи

Цель данного исследования состоит в разработке методологии комплексной оценки влияния климата и погоды на организм человека на основе многофакторного подхода и выбора оптимальных современных информационных методов оценки комфортности погоды и климата.

Основными задачами исследования являются:

1. Обобщение опыта ранее проведенных исследований по проблеме влияния погоды и климата на здоровье человека и отбор информативных комплексных биоклиматических/биометеорологических параметров (БМП) для оценки и прогноза комфортности погоды и климата.
2. Формирование многофакторных архивов данных, включающих параметры солнечной и геомагнитной активности, климатические и срочные метеорологические данные наблюдений на метеорологических станциях, экологические характеристики, медицинские данные по отдельным регионам РФ (создание информационных ресурсов).
3. Разработка методики проведения биометеорологического мониторинга и проведение апробации для отдельных городов Северо-западного региона.

Методы исследования и исходные данные

Как известно, основное внимание в биометеорологии уделяется оценке теплового восприятия и степени теплового комфорта, как реакции организма человека на изменение параметров погоды. Под зоной комфорта понимают пределы метеорологических показателей, внутри которых большинство людей отмечает тепловой комфорт [5]. Комфорт определяется как комплекс метеорологических условий, при которых терморегуляторная система организма находится в состоянии наименьшего напряжения (или физического покоя), а протекание всех остальных функций происходит на уровне, наиболее благоприятном для отдыха (восстановления сил организма после предшествующей нагрузки).

Оценка воздействия всего комплекса погодных и физико-географических условий на организм человека в заданном районе в заданный момент времени – нетривиальная задача. Трудность ее решения обусловлена необходимостью обобщения огромного объема информации из практически не связанных между собой отраслей знаний (комплекс наук о Земле, комплекс наук о человеке и др.). Известно, что неблагоприятное воздействие на организм человека оказывают не только отдельные метеорологические и геофизические параметры, а их сочетанность, например, летом в приморских районах высокая влажность и темпе-

ратура воздуха, штиль являются причиной так называемых «душных погод», которые относятся к дискомфортному типу погод. Например, в медицинской метеорологии нашли широкое применение такие комплексные характеристики погоды и климата как различные биометеорологические показатели, медицинские типы погод и др. Обобщая опыт специалистов по комплексной оценке комфортности погоды и климата [2, 5, 4, 11, 14, 15, 16, 19, 20], можно отметить, что для полного учета воздействий погоды рассматриваются погодные комплексы, включающие значения двух и более метеорологических величин или явлений.

Методика экспертной оценки БМП

Авторами был проведен контент-анализ публикаций научно-технической литературы (монографии, журналы, материалы конференций, авторефераты диссертаций и другие документы), в которых упоминались бы БМП. Нами отобрано 28 биометеорологических показателей/индексов, которые затем были разделены (ранжированы) на шесть групп (категорий), при этом критерием группировки являлся набор основных доступных метеорологических показателей, необходимых для расчета БМП:

1-я категория: температура и влажность воздуха;

2-я категория: температура воздуха и скорость приземного ветра;

3-я категория: температура и влажность воздуха, скорость приземного ветра;

4-я категория: температура и влажность воздуха, скорость приземного ветра; солнечная радиация;

5-я категория: температура и влажность воздуха, скорость приземного ветра; балл облачности, данные электромагнитного и геомагнитного поля, солнечной активности;

6-я категория: климатические показатели.

Каждому из представленных биометеорологических показателей была сопоставлена формула расчета и дана интерпретация значений индекса [2, 16, 18, 21]. Таким образом, была сформирована матрица, содержащая информацию, необходимую для сравнения эффективности и физической обоснованности БМП. Краткая характеристика основных БМП представлена в табл. 1.

В качестве инструмента для выбора оптимальных БМП был применен метод опроса экспертов как способ, позволяющий, с одной стороны, получить полный срез спектра мнений (координация взглядов специалистов), а с другой сформировать единую «базу знаний» по интересующей проблематике. Для участия в экспертизе были приглашены 30 специалистов, представляющих различные организации России и имеющие различные взгляды на проблему. Формирование группы экспертов проходило в соответствии с определенными критериями: компетентность, стаж работы по заявленной отрасли знаний не менее 25 лет, специализация в следующих областях знаний:

I группа экспертов – метеорология, физика атмосферы, климатология, биометеорология;

II группа экспертов – экология, физика, геофизика;

III группа экспертов – медицина, биология.

Для опроса экспертов была составлена анкета, содержащая БМП (28 показателей). Основанием включения в анкету служила частота упоминания БМП в научно-технической литературе. Анкета состояла из трех частей. В первой части эксперт должен был оценить собственную компетентность по существу вопроса. Во второй экспертам предложено оценить эффективность каждого из отобранных БМП по пятибалльной шкале: 5 – наиболее эффективный для применения; 1 – неприемлемый для практического использования. Следует отметить, что для обеспечения квалифицированной оценки каждому БМП в анкете была предоставлена аннотация, детализирующая способ расчета индекса и способ оценки полученного результата. В третьей (необязательной) части эксперту предлагалось привести обоснование своих предпочтений в текстовой форме. Отметим, что использование пятибалльной шкалы каждым экспертом в известной мере субъективно – некоторые предпочитают ставить только высокие оценки (4 и 5), другие только низкие – (1 и 2). Часть экспертов пользуются всей шкалой (от 1 до 5), часть из них – только фрагментом шкалы (ставят 1 или 5).

Для сравнимости оценок, выставленных разными экспертами, была выполнена их нормализация. В качестве оценки согласованности мнений экспертов использован коэффициент детерминации, рассчитанный между оценками, выставленными по всем сравниваемым БМП. При статистически незначимом отклонении коэффициента от «1» мнения экспертов считались согласованными; в остальных случаях – несогласованными. Следует отметить, что противоположных мнений (коэффициент отрицательный и отличие от нуля значимо) высказано не было. Анализируя результаты анкетирования, можно отметить, что в подавляющем большинстве случаев эксперты пришли к единому мнению. Следовательно, мнение группы экспертов по каждой категории БМП является согласованным, а отдельные казусы являются следствием погрешности самой анкеты и не противоречат общей картине. Свертка мнений экспертов с использованием естественных ортогональных функций подтвердила солидарность голосования внутри групп и позволила выделить «индикатор» внутри каждой группы – эксперта, мнение которого может практически полностью представлять данную группу. Совокупная оценка каждому БМП была определена как среднее значение оценок, выставленных всеми экспертами. Наиболее эффективные оценки были отобраны с использованием статистического метода.

Группирование факторов позволило выделить 3 области в соответствии с факторной нагрузкой (на основе факторного анализа):

1-я область. Показатели, получившие наименьшую согласованность во мнениях экспертов и наименьшие их оценки из-за малой известности и плохой интерпретации.

2-я область. Равномерное расположение БМП, и в этой группе можно выделить две подгруппы: (РЭЭТ, ЭЭТ, ЕТ) и (I и O2) как наиболее значимые по мнению экспертов, которые рассчитываются по основным метеопараметрам и часто используются в отечественной практике.

3-я область. Показатели, построенные по классификациям, типам и шкалам выделенных в одну группу характеристик. Их отличает трудоемкость в вычислениях и переизбыток входной информации.

Наиболее высокие оценки получили БМП, относящиеся к 3 группе (см. табл. 1). В 3-й группе наибольшую оценку получили показатели **ЕТ (индекс ID)** и **ЭЭТ**, и расхождение их оценок не является статистически значимым. По-видимому, эксперты посчитали БМП 1-й и 2-й групп малоинформативными и не отражающими сложность метеорологических ситуаций; а БМП 4-й и 5-й групп излишне перегруженными деталями и непригодными к практическому использованию. Следует отметить, что показатели, отнесенные к 5-й группе БМП, как правило, не получили согласованных оценок экспертов в силу большого числа используемых метеопараметров и субъективного отношения экспертов к добавлению того или иного дополнительного параметра. Однако несколько высоких оценок показателя **IP** позволили ему получить значимо высокую оценку из показателей его группы БМП. Что касается 6-й группы, то БМП, собранные в ней, не вполне сравнимы с остальными, поскольку в отличие от них оперируют только осредненными (климатическими) значениями метеопараметров.

Анализируя мнения экспертов, можно сформулировать следующий вывод: для предварительных (осредненных по времени или территории) расчетов можно использовать показатели **ЕТ** и **ЭЭТ**; для детализации оценок влияния погоды на организм человека рекомендован **IP**. Итоговая экспертная оценка показала, что наиболее оптимальными и физически обоснованными, являются следующие биометеорологические показатели: **ЭТ, ЭЭТ, РЭЭТ, ЕТ (индекс ID), S_o , K , pO_2 , Q_s , IP , TP** , которые можно считать информативными и применять для комплексной оценки влияния погоды на здоровье человека [18]. Эти показатели отражают тепловое состояние человека, поскольку климат и погода влияют на условия теплообмена с окружающей средой. При этом существуют предпочтения использования данных индексов: в биоклиматической практике можно использовать индекс **ЕТ**, а в курортологии **ЭТ, ЭЭТ** и для оценки влияния прямой солнечной радиации **РЭЭТ**.

Для биоклиматической оценки авторы данной работы выбрали показатель **ЕТ (индекс ID)**, характеризующий тепловую чувствительность организма (уровень дискомфорта) к погоде и климату, имеющий 6-ти градусные ступени изменения теплового состояния. Биоклиматическая классификация по ЕТ представлена в табл. 2. Показатель **ЕТ**, который используется в качестве глобального биоклиматического показателя, можно использовать для расчетов сценариев будущего климата на основе возможных вариаций метеопараметров с целью выделения наиболее неблагоприятных их сочетаний для прогноза дискомфорта климата.

Таблица 1

Ранжирование основных биометеорологических показателей (Трубина М.А., 2003 г.)

Обозначение	Название
1. Температурно-влажностные показатели	
ЭТ, °С	Эффективная температура (по Миссенарду)
DI, баллы	Индекс дискомфорта (США) или ТВИ температурно-влажностный индекс (по Тому)
DY, баллы	Индекс дискомфорта (Япония)
2. Температурно-ветровые показатели (индексы холодового стресса)	
W, ккал/м ² ·ч	Ветро-холодовый индекс (по Сайплу)
W C	Уточненный ветро-холодовый индекс (Wind Chill, Канада)
S, баллы	Индекс суровости (по Бодману)
T, баллы	Коэффициент жесткости погоды (по Арнольди)
H, Вт/м ² ·с	Индекс ветрового охлаждения (по Хиллу)
S ₀ , баллы	Модифицированная формула индекса суровости – жесткость погоды суток (по Осокину)
ЭШТ, °С	Эквивалентно-штилевая температура (оценка суровости погоды производится без учета теплоизоляции одежды)
3. Температурно-влажностно-ветровые показатели	
ЕТ, °С	Эквивалентно-эффективная температура (показатель тепловой чувствительности с учетом влияния ветра)
ID, баллы	– индекс дискомфорта, характеризующий группы тепловой чувствительности человека по ЕТ
ЭЭТ, °С	Эквивалентно-эффективная температура (по Миссенарду)
НЭЭТ, °С	Нормальная ЭЭТ (по Бутьевой)
4. Температурно-влажностно-ветровые показатели, учитывающие солнечную радиацию	
РЭЭТ, °С	Радиационная эффективно-эквивалентная температура (по Шелейховскому и с уточнением Русанова)
БАТ, °С	Биологически активная температура
T _{пр} , °С	Индекс "приведенной температуры" (по Адаменко и Хайруллину)
Q _{ss} , Вт/м ²	Сальдо теплового баланса тела человека (по Русанову)
C, ед. кло	Коэффициент теплоизоляции одежды (1 кло соответствует термическому сопротивлению одежды, равному 0,155 °С·м ² ·Вт ⁻¹)
КТ, баллы	Коэффициент дискомфорта климата (по Русанову)
5. Индексы патогенности и изменчивости погоды и климата	
I	Общий индекс патогенности погоды (по Бокша и Богутскому)
I ₁	– отражает состояние погоды суток по основным метеопараметрам
I ₂	– отражает межсуточную изменчивость электромагнитного поля, геомагнитного поля и солнечной активности
pO ₂ , г/м ³	Биоклиматический индекс, выражающий весовое содержание кислорода в воздухе (по Овчаровой)
K, %	Индекс изменчивости класса погоды момента (по Русанову)
БИСМ, у.е.	Биоклиматический индекс суровости метеорежима (по Белкину).
МИЗ, у.е.	Комплексный показатель – метеорологический индекс здоровья (МИЗ) (по Богаткину)
ТР	Комплексный показатель, определяющий тип погоды или класс погоды момента (по Русанову)
ИПН, у.е.	Интегральный показатель нагрузки (по Матюхину и Кушниренко)
6. Индексы континентальности климата	
K _г , %	– по Л. Горчинскому
K _{хр} , %	– по С.П. Хромову

Биоклиматическая классификация по индексам ET и ID для оценки тепловой чувствительности и уровня дискомфорта (Е.Г. Головина, М.А. Трубина, 2000 г.)

ET, град	ID, баллы	Уровень комфорта
>30,1	3	Тепловая нагрузка сильная
24,1...30,0	2	Тепловая нагрузка умеренная
18,1...24,0	1	Комфортно тепло
12,1...18,0	0	Комфорт (умеренно тепло)
6,1...12,0	-1	Прохладно
0,1...6,0	-2	Умеренно прохладно
0,1...-6,0	-3	Очень прохладно
-6,1...-12,0	-4	Умеренно холодно
-12,1...-18,0	-5	Холодно
-18,1...-24,0	-6	Очень холодно
<-24,1	-7	Начинается угроза обморожения

Экспертами было высказано мнение, что для проведения комплексной оценки комфортности погоды и климата следует включать основные метеопараметры (температуру, влажность, давление, ветер – наиболее информативная переменная), при этом облачность и солнечную радиацию включать не рекомендуется (неинформативны). Также неэффективны для оценки сложные комплексные показатели, т.к. для расчета требуется чрезмерное количество информации, а результат оценки не приводит к уточнению влияния параметров. Заметим, что, несмотря на то, что для представленных БМП существуют оценки в виде шкал (графики и таблицы), не всегда имеются точные указания граничных условий воздействия на человека, степени благоприятности или дискомфорта. В настоящее время методы ручной графической оценки не имеют широкого практического применения.

Методика оценки биоклиматического потенциала

Для оценки биоклиматического потенциала применялась методика интегрированной оценки биоклиматических особенностей регионов [Поволоцкая, 1999], которая используется для разработки мероприятий по рациональному использованию и оптимизации ландшафтно-климатических ресурсов [14]. В основе методики лежит интегральная оценка как положительно, так и отрицательно действующих факторов погоды, включающая пофакторные медико-климатические параметры, при этом каждый параметр подразделяется по силе действия на адаптационные системы человека.

В предложенной классификации выделяют 3 категории медико-климатических условий, с помощью которых можно оцениваются биоклиматические особенности территорий. Медико-климатические параметры ранжированы и включают 5 режимов: *термический, радиационный, циркуляционный, влажностный, барический*. При расчете биоклиматического потенциала (в баллах) определяют, к какой категории медико-климатических условий относятся те или иные медико-климатические параметры. С помощью критериев, представлен-

ных в табл. 3, можно оценить биоклиматические особенности курорта, микроклиматические условия территории парка, санаторной усадьбы. Такая характеристика позволяет выявить потенциальные возможности региональной организации рекреационных зон, климатолечения и климатопрофилактики оздоровительного режима. Таким образом, биоклиматические особенности можно рассматривать как ценные в лечебном отношении природные факторы.

Методика оценки биоклиматических ресурсов

Ресурсный подход к изучению климата (Н.В. Кобышева с соавт., 2005) в последнее время позволяет учитывать климатический фактор при определении стратегии экономического развития регионов и прогнозировании возможных его изменений. Такой подход включает исследования не только продуктивности климата, а также уменьшение вреда экономике и человеку неблагоприятными погодными воздействиями, и является новым научным направлением: оценке различных видов климатических ресурсов России [27].

Климатические ресурсы классифицируются:

- по метеорологическим величинам;
- по территории или масштабу климатических процессов (макро-, мезо- и микроклиматические);
- по направлению использования (агроклиматические, биоклиматические и т.д.).

Биоклиматические ресурсы представлены применительно к человеку и характеризуют связь климата с его тепловым состоянием, здоровьем, особенностями рекреации и санитарно-гигиенической оценкой в естественных условиях и выражаются в условных единицах (у.е.), для того чтобы уравнивать оценку ресурсов в разных случаях их распределения по территории.

Для учета сезонной адаптации организма человека рассматриваются отдельно холодный и теплый периоды года. Выделены следующие составляющие биоклиматических ресурсов:

- 1) рекреационно-климатические ресурсы;
- 2) санитарно-гигиенические климатические ресурсы;
- 3) физиолого-климатические ресурсы теплового состояния человека;
- 4) лечебно-профилактические климатические ресурсы для основных видов заболеваний: сердечно-сосудистых, хронических неспецифических заболеваний органов дыхания, ревматических и простудных, туберкулеза, глазных.

Определены граничные условия воздействия на человека по степени благоприятности или дискомфорта:

Наиболее неблагоприятные условия	5,1–7,4 у.е.
Неблагоприятные условия	7,5–10,4 у.е.
Средние условия	10,5–12,4 у.е.
Благоприятные условия	12,5–15,0 у.е.

Большую трудность представляет оценка экономического эффекта от использования информации о биоклиматических ресурсах по затратному принципу

пу. С одной стороны – это стоимость одежды и затраты на социальное страхование, а с другой – неучет биотропного влияния погодных факторов в среднем составляет 15 % заболеваний, связанных с метеопатологией (по результатам социальных и санитарно-гигиенических исследований). Экономический эффект от использования данных о биоклиматических ресурсах составляет более 90 млрд руб./год.

Информационная и технологическая база

Исходными фактическими данными для проведения оценки биоклимата отдельных городов Северо-Запада России послужили срочные метеорологическая, климатическая, медико-экологическая информация, данные о биоклиматических ресурсах, данные Web-атласа «Окружающая среда и здоровье населения России», статистические данные организаций здравоохранения.

На основе методики «Расчета биометеорологических параметров» (Е.Г. Головина, М.А. Трубина, 2000 г.), для обработки и анализа результатов был разработан автоматизированный программный модуль «Расчет БМП» (М.А. Трубина, Л.А. Усенкова, 2000 г.) [19]. На основе срочной метеорологической информации за период 1986 –1991 гг. с помощью этого модуля были проведены расчеты БМП для 12 городов Северо-Западного региона (Архангельск, Вологда, Калининград, Кандалакша, Киров, Мурманск, Петрозаводск, Печора, Псков, Реболы, Санкт-Петербург, Сортавала). Результатом работы модуля является архив биометеорологический данных, табличная и графическая интерпретация расчета БМП. Модуль удобен для проведения практических занятий студентов, для обработки данных и единичных расчетов в научных и практических исследованиях. Недостатком данного модуля является трудоемкая подготовка метеорологических данных выкопировкой из метеорологических и актинометрических справочников, а также большой объем файлов данных.

В дальнейшем было проведено усовершенствование модуля с целью автоматизации входных данных, которые представляются автоматизированной системой «Персона-МИС», применяемой в работе Гидрометслужбы. Был разработан автоматизированный программный комплекс (АПК) биометеорологических расчетов «BioM» для расчета и представления наиболее информативных БМП (Е.Г. Григорьева, М.В. Григорьев, М.А. Трубина, 2007 г.). В процессе разработки АПК «BioM» были учтены требования, предъявленные к биометеорологическим расчетам, которые входят в подготовку специализированного прогноза погоды для медицинских целей. АПК «BioM» имеет удобный интерфейс для создания баз данных комплексных биометеорологических показателей и биоклиматической типизации погоды на основе архивов срочной метеорологической информации.

Дополнительно разработаны модули расчета годовой повторяемости погод и технология расчета биогелиометеограмм (интегрированный расчет ежемесячной вариабельности гелиогеофических и биометеорологических параметров, показателей заболеваемости).

Таблица 3

Критерии оценки биоклиматических особенностей климата (Поволоцкая Н.П., 1999 г.)

Медико-климатический параметр	Категория медико-климатических условий		
	ощадящая (благоприятная)	тренирующая (относительно благоприятная)	раздражающая (неблагоприятная)
Баллы	3	2	1
1. Термический режим			
Повторяемость в % комфортных (ЭЭТ 17–22 °С) метеорологических комплексов за теплый период	более 20	11–20	менее 11
Повторяемость в % суровости погоды более 2-х баллов за зимний период	менее 15	15–30	более 30
Продолжительность безморозного периода в днях	более 130	91–180	менее 91
Повторяемость в % межсуточной изменчивости температуры воздуха более 6 °С за год	менее 11	11–30	более 30
2. Радиационный режим			
Число часов солнечного сияния за год	более 2000	1700–2000	менее 1700
Число дней без солнца за год	менее 20	50–100	более 100
Число дней без солнца за июль	не более 2	2–3	более 3-х
Число дней без солнца за январь	менее 7	8–15	более 15
Фактическое среднее месячное УФ излучение Солнца в полдень, Мэр/м ² в январе	более 30	10–30	менее 10
в июле	менее 160	160–240	более 240
Коэффициент прозрачности атмосферы	более 0,750	0,650–0,750	менее 0,650
3. Циркуляционный режим			
Интенсивность циклонической циркуляции за год в днях	менее 140	140–200	более 200
Повторяемость в % контрастных смен погоды	менее 11	11–35	более 35
Повторяемость в % скорости ветра менее 3 м/с	более 50	30–50	менее 30
4. Режим влажности			
Повторяемость относительной влажности менее 30 % за год	менее 60	60–80	более 80
Повторяемость в % душных погод за теплый период	менее 11	11–30	более 30
Продолжительность залегания снежного покрова в днях	менее 50	50–150	более 150
Число дней с туманом	менее 50	50–100	более 100
5. Барический режим			
Повторяемость в % межсуточной изменчивости давления воздуха более 5 мб за год	менее 11	11–35	более 35
Ионизация воздуха, число отрицательных ионов в см ³ , КУ	более 600 менее 2,2	300–600 1,2 – 2,0	менее 300 более 2,0

Таблица 4

Биоклиматические ресурсы Северо-Западного региона РФ

Административно-территориальная единица	Рекреационно-климатические ресурсы, у. е.		Санитарно-гигиенические климатические ресурсы, у. е.		Физиолого-климатические ресурсы, у. е.		Лечебно-профилактические ресурсы, у. е.					Биоклиматические ресурсы, у. е.
	лето	зима	лето	зима	лето	зима	сердечно-сосудистые	органы дыхания	ревматизм и ОРВИ	туберкулез	глазные	
Архангельская область	9,9	9,8	9,1	11,4	13,6	10,8	9,5	10,3	6,8	9,4	10,3	10,1
Вологодская область	10,9	10,2	10,5	11,4	15,1	11,4	10,4	11,1	7,7	10,3	10,7	10,9
Калининградская область	13	9,7	10,5	11,6	16,2	14,4	11,4	11,3	7,3	10,4	11	11,5
Кировская область	11,9	10,2	9,1	10,2	16,0	10,1	9,7	10,3	7,7	9,7	9,7	10,4
Ленинградская область	11,8	9,9	11,1	12,6	14,7	13,2	11,3	11,6	7,6	11,2	11	11,5
Мурманская область	6,5	9,6	9,0	9,0	2,5	10,2	9,3	9,9	5,5	9,1	11,1	8,3
Псковская область	12,3	9,8	10,2	12	15,6	12,8	11,5	11,5	7,5	10,2	13,3	11,5
Республика Карелия	10,1	10,2	10,4	12,1	13,2	11,2	9,7	9,4	10,3	9,4	8,6	10,3
Республика Коми (север)	9,2	8,7	8,7	9,4	6,2	7,3	9,4	10,1	7,9	9,7	9,1	8,7
Республика Коми (юг)	10,4	8,8	9,2	11,1	12,7	8,6	10,3	11	8,5	10,2	10,2	10,1

Обсуждение полученных результатов

Применение вышеуказанных методов позволило собрать обширный материал для проведения комплексной оценки комфортности климата Северо-Западного региона. Работа проводилась в 3 этапа:

1 этап – выбор необходимой информации по биоклиматическим ресурсам, которые учитывают многообразие биометеорологических условий и характеризуют комфортность климата. Авторами была проведена выкопировка данных биоклиматических ресурсов [27] для городов Северо-Запада, которые представлены в табл. 4. Анализ данных по среднему значению биоклиматических ресурсов показывает, что неблагоприятными условиями располагают Мурманская область и республика Коми (север). Дискомфортные условия создаются за счет продолжительной зимы, наличия полярной ночи, низкой температуры воздуха, высокой влажности, которая в сочетании с большой скоростью ветра формирует жесткий погодный режим. К средним условиям для жизни и работы человека относятся области: Калининградская, Ленинградская, Псковская, Кировская, Архангельская, республики Карелия и Коми (юг). Методика оценки биоклиматических ресурсов позволила в полной мере показать комплексное влияние климата на здоровье человека с учетом основных заболеваний, что свидетельствует об информативности этого метода.

2 этап – интегрированная оценка биоклиматических особенностей и расчет биоклиматического потенциала. Для расчетов по методике Н.П. Поволоцкой были подготовлены архивы климатических данных, полученных из справочников и энциклопедических источников [7, 27]. К сожалению, в связи с недостаточностью данных, нам не удалось в полной мере реализовать расчет интегральных показателей по этой методике. Предварительные расчеты по оценке медико-климатических условий городов представлены в табл. 5.

Таблица 5

Интегрированная оценка медико-климатических условий городов Северо-Запада России

Категория медико-климатических условий	Интегрированный коэффициент, баллы	Город
Благоприятные	2,4 и более	Калининград, Псков
Относительно благоприятные	1,5–2,3	Архангельск, Вологда, Кандалакша, Киров, Петрозаводск, Реболы, Сортавала, Санкт-Петербург
Неблагоприятные	менее 1.4	Мурманск, Печора

3 этап – оценка биоклиматического режима и проведение биометеорологического мониторинга по оптимальным БМП (*ЭТ*, *ЭЭТ*, *РЭЭТ*, *ЕТ* (индекс *ID*), *S_o*, *K*, *pO₂*, *Qs*, *IP*, *TP*), рассчитанным как по климатическим данным, так и по срочным значениям метеопараметров. Для каждого из перечисленных индексов были составлены таблицы, построены графики, а для индексов дискомфорта и кислорода – картосхемы, что позволяет наглядно увидеть пространственное распределение БМП по годам и сезонам. Было проведено сопоставление полученных оце-

нок комфортности климата и погоды, а также же сравнение результатов оценки теплоощущения человека по разным методам. Проведенный анализ пространственно-временной изменчивости биоклиматического режима в **зимний период** показывает, что в соответствии с табл. 2, в регионе наблюдается дискомфортная (суровая) погода с угрозой обморожения ($ID = -7$) в Печоре (71 % дней), в Мурманске (52 % дней), Кандалакше (51 % дней), Кирове (45 % дней), Архангельске (39 % дней), Реболах (33 % дней). Погода Санкт-Петербурга наблюдается от очень холодной до умеренно холодной (82% дней). Только Калининград характеризуется теплой зимой (67 % дней), а угроза обморожения отмечается в 4 % дней.

В **летний период** в целом биоклиматический режим региона можно назвать комфортным, при котором погода изменяется от комфортной до умеренно прохладной. Самым теплым городом можно считать Калининград, погода которого является в 61% дней комфортной и комфортно – теплой. Комфортная погода (умеренно тепло, $ID=0$): наблюдается в Санкт-Петербурге (43%), Пскове (41%) и Вологде (36%). Теплая погода (комфортно тепло, $ID=+1$) отмечается: в Кирове (27%), Пскове (24%), Вологде (18%), Архангельске (17%), в остальных городах этот тип погоды не наблюдается. Погода с тепловой умеренной нагрузкой ($ID=+2$) наблюдается от 2% до 12% дней сезона только в Санкт-Петербурге и Печорах.

Проведение биометеорологического мониторинга годовой повторяемости индекса дискомфорта ID позволяет выявить биометеорологические особенности погоды. В качестве примера на рис. 1 представлены графики годовой суммарной повторяемости ID , в процентах для городов Северо-Западного региона: Калининграда, Мурманска, Печоры и Санкт-Петербурга для дневного времени суток (15 ч.). Этот вид диаграммы используется для визуального анализа в методе «климат в погодах» [4, 15, 17]. Наглядность метода позволяет проводить анализ изменчивости биоклимата.

Биоклиматический индекс pO_2 (весовое содержание кислорода в воздухе), используется в медицинских прогнозах погоды и является важным показателем для определения типа погоды. Нормой для жизни человека считается содержание кислорода в воздухе в пределах от 240 до 300 г/м³. Суточное снижение индекса на 10–15 г/м³ может вызвать состояние гипоксии и привести к обострению хронических сердечно-сосудистых и бронхо-легочных заболеваний. Как видно из табл. 6, в которой приведены годовые значения pO_2 , среднее годовое содержание кислорода по региону составляет 292 г/м³. Наибольшие значения наблюдаются в северных районах зимой, летом содержание кислорода уменьшается в среднем на 28 г/м³.

Проведенное сравнение оценок комфортности климата по различным показателям показало, что международный индекс W_C в наших условиях может использоваться только для оценки экстремальных (суровых) погод, например для района Крайнего Севера (Печора). Наиболее оптимальную биоклиматическую оценку дает индекс ET . При этом показатель TP , определяющий класс погоды момента (по Русанову), можно отнести к региональным индексам (для

районов Сибири), однако в теплый период года его также можно использовать для оценки биоклимата Северо-Западного региона.

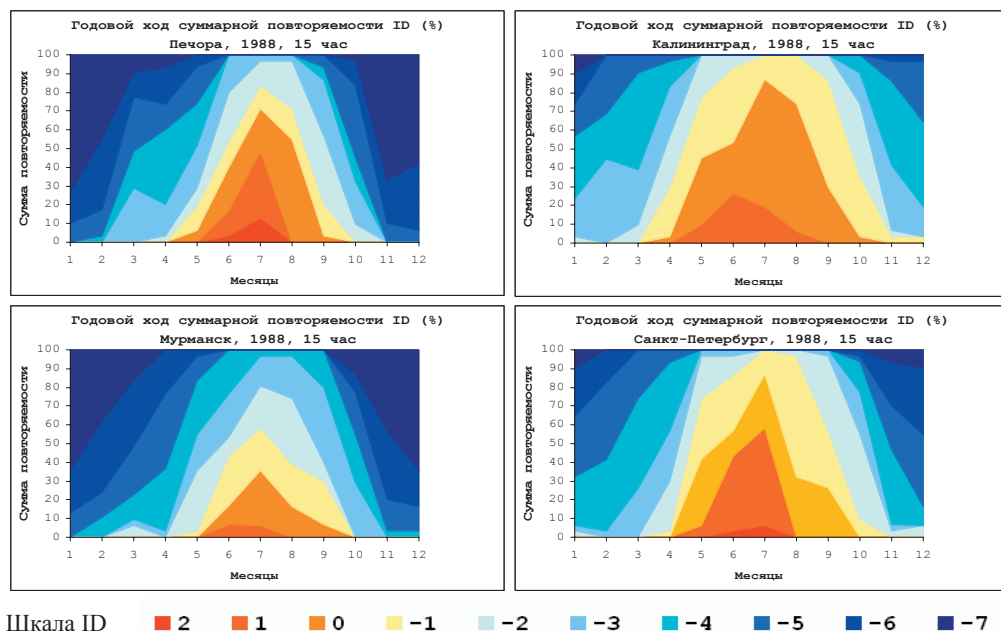


Рис. 1. Годовой ход суммарной повторяемости (%) индекса дискомфорта для городов Северо-Западного региона РФ

Таблица 6
Годовые значения (по климатическим нормам) содержания кислорода O_2 (г/м³) для отдельных городов Северо-Западного региона России

Город	Месяцы											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Архангельск	315	312	305	298	291	283	278	281	287	295	302	310
Вологда	308	307	301	291	283	276	273	276	283	290	298	304
Калининград	301	301	297	291	285	280	277	278	283	289	294	299
Кандалакша	310	311	305	299	293	284	280	282	288	295	301	306
Киров	309	308	301	291	281	274	271	274	282	291	300	306
Мурманск	306	307	303	298	293	285	281	283	287	293	299	303
Петрозаводск	306	305	300	292	286	278	275	277	283	290	297	301
Печора	319	317	309	300	292	282	277	281	288	297	308	314
Псков	305	305	300	288	284	278	275	277	283	290	296	301
Реболы	304	304	299	293	284	277	273	275	281	289	294	299
Санкт-Петербург	307	307	303	294	287	280	276	278	284	291	298	303
Сортавала	307	309	304	296	289	281	277	279	285	292	298	303

Заключение

Проведение биоклиматической оценки рекреационных территорий в современной экономической политике России приобретает актуальное значение, так как позволяет эффективно использовать имеющиеся природные ресурсы. В случае исполнения сценария потепления климата биоклиматические ресурсы могут стать стратегическими. Комплексная биоклиматическая оценка Северо-Западного региона показала, что общее число факторов, в той или иной степени влияющих на здоровье человека, настолько велико, что не только решить, но даже поставить задачу объективной комплексной оценки биотропности погоды имеет большое научно-практическое значение. Для достижения этой достаточно масштабной цели необходимо разработать методологию научного исследования, включающую обобщение и развитие известных методов на основе новых технологий. Проблема предоставления климатических данных может быть решена благодаря работе ВНИИГМИ-МЦД по подготовке «Электронного справочника климата России». Вышеизложенные методологические подходы, включая АПК «BioM», могут быть полезны при проведении расчетов в задачах комплексной климатологии: в научных исследованиях, в курортной практике и работе службы специализированных прогнозов погоды.

Благодарности

Авторы выражают благодарность разработчикам вышеуказанных методик: Е.Г. Головиной (РГГМУ), Н.П. Поволоцкой (ГНИИК), Н.В. Кобышевой и К.Ш. Хайруллину (ГГО). Особую благодарность выражаем Н.Н. Щербаковой (ГУ «СПб ЦГМС-Р») за предоставление срочных метеорологических данных, Е.Г. Григорьевой (РГГМУ) за техническую поддержку.

Литература

1. Андропова Т.И. Т.И., Деряпа Н.Р., Соломатин А.П. Гелиометеотропные реакции здорового и больного человека. – Л.: Медицина, 1982. – 248 с.
2. Андреев С.С. Экология человека. – М.: Изд-во АПСН СКНЦВШ, 2004. – 247 с.
3. Бутьева И.В., Швейнова Т.Г. Методические вопросы интегрального анализа медико-климатических условий // Комплексные биоклиматические исследования. – М., 1988, с. 97–108.
4. Головина Е.Г., Русанов В.И. Некоторые вопросы биометеорологии. – СПб.: Гидрометеиздат, 1993. – 90с.
5. Исаев А.А. Экологическая климатология – М.: Научный мир, 2003. – 472 с.
6. Казначеев В.П. Современные проблемы адаптации. – Новосибирск: Наука, 1980. – 192 с.
7. Климат России / Под ред. Н. В. Кобышевой. – СПб.: Гидрометеиздат, 2001. – 655 с.
8. Климат и здоровье человека // Труды Международного симпозиума ВМО /ВОЗ/ ЮНЕП. – В 2-х т. – Л.: Гидрометеиздат. – 1988. – Т.1. – 304 с. – Т.2. – 215 с.
9. МГЭИК 2007: Изменение климата, 2007 г.: Обобщающий доклад рабочих групп I, II, III в четвертый доклад об оценке Межправительственной группы экспертов по изменению климата / Под ред. Р.К. Пачаури, А. Райзингера, МГЭИК. – Женева, Швейцария, 2007. – 104 с.
10. Мезерницкий А.Г. Медицинская метеорология. ГИМКК. – Ялта, 1937. – 343 с.
11. Переведенцев Ю.П., Хабутдинов Ю.Г., Шлычков А.П. Природно-климатические ресурсы и загрязнение атмосферы: Учеб. пос. – Казань: Изд. Казанского гос.университета, 2008. – 110с.

12. Изменение климата и здоровье России в XXI веке / Под ред. Н.Ф. Измерова, Б.А. Ревича, Э.И. Коренберга. – М., 2004. – 260 с.
13. Программа и рекомендации по описанию климата курортной зоны. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 141 с.
14. Принципы организации единой системы наблюдений биоклиматических особенностей в регионе Кавказских Минеральных Вод. / Н.П. Поволоцкая, А.П. Складар, З.В. Картунова, Л.М. Мосянц, М.В. Лукина, Е.Б. Щелокова. UNESCO. Вып.3. Essentuky. 1999, с. 1–4
15. Районирование территории Сибири по некоторым биоклиматическим показателям для целей курортно-рекреационного освоения: Метод. рекомендации / Сост. Э.С. Яковенко, Г.Ф. Слуцкая, Н.В. Мякишева. – Томск: ТНТИИКиФ, 1991. – 25 с.
16. Руководство по специализированному обслуживанию экономики климатической информацией, продукцией и услугами / Под ред. Н.В. Кобышевой. – СПб.: Гидрометеиздат, 2008. – 336 с.
17. Справочник по курортологии и курортотерапии / Под ред. проф. Ю.Е. Данилова и проф. П.Г. Царфиса. – М.: Медицина, 1973. – 675 с.
18. Трубина М.А., Дячко Ж.К., Лубяной А.А. Методы экспертных оценок в отборе биометеорологических показателей для прогнозирования уровня комфортности среды. Современные достижения фундаментальных наук в решении актуальных проблем медицины // Мат-лы научно-практич. конф. с международным участием и школы-семинара для молодых ученых. – Москва – Астрахань: Изд. АГМА, 2004, с. 251–255
19. Трубина М.А. Эффективность использования информационных ресурсов для оценки биотропности атмосферы. // Метеоспектр № 3–4 (11–12). Вопросы специализированного гидрометеорологического обеспечения. АНО «Метеоагентство Росгидромета». М.: 2002. С.93–101
20. Трубина М.А. Инновационные методы и технологии оценки биотропности погоды. Аналитический вестник «Влияние климатических изменений на окружающую среду и здоровье человека». № 4 (349). Ч. II. Совет Федерации Федерального собрания РФ. – М., 2008, с. 11–29.
21. Хандожко Л.А. Экономическая метеорология: Учебник. – СПб.: Гидрометеиздат, 2005. – 479 с.
22. Хаснулин В.И. Введение в полярную медицину. – Новосибирск: Наука, СОРАМН, 1998. – 337 с.
23. Федоров Е.Е. Опыт составления карт распределения климатических типов погоды // Труды по с.-х. метеорологии, 1937. Вып. 20. – 1928.
24. Чубуков Л.А. Комплексная климатология. – М.: Наука, 1949. – 320 с.
25. Шеповальников В.Н., Матусов А.Л., Бизюк А.П., Шнейдеров В.С. Методические рекомендации по исследованию и предварительной оценке влияния факторов внешней среды на функциональное состояние человека. – Л.: ААНИИ. Гидрометеиздат, 1986. – 26 с.
26. Экологическая особенность человека. Адаптация человека к различным климатогеографическим условиям // Руководство по физиологии. – Л.: Наука 1980. – 549 с.
27. Энциклопедия климатических ресурсов Российской Федерации / Под ред. Н.В. Кобышевой и К.Ш. Хайрулина. – СПб.: Гидрометеиздат, 2005. – 320 с.

СОЦИАЛЬНО-ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

Ю.В. Малинина

О СТРУКТУРЕ МОРСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Yu. V. Malinina

ON THE STRUCTURE OF RUSSIAN MARINE ACTIVITY IN MODERN CONDITIONS

Рассматривается структура морской деятельности в Российской Федерации и методика расчета ее вклада в экономику страны. Получены оценки вклада ее отдельных отраслей, причем главным контрибьютором в 2007 г. стала добыча полезных ископаемых на шельфе. Показывается, что роль морской деятельности в экономике России все еще минимальна и составляет менее 1 % ВВП, в сравнении с 11 % для США.

Ключевые слова: морская деятельность, добыча минеральных ресурсов, рыбное хозяйство, морская рекреация, морской транспорт, судостроение, морская геология.

Considered are the structure of marine activity in Russia and the methods of estimating its contribution to the country's economy. The estimates of its individual branches are obtained, offshore mineral resources extraction being the main contributor in 2007. It is shown that the role of the Russian marine activity is still insignificant which makes up less than 1 % of GDP compared to 11 % in USA.

Key words: marine activity, offshore mineral resources extraction, fisheries, marine recreation, marine transport, shipbuilding, marine geology.

Как известно, Российская Федерация (РФ) испокон веков является великой морской державой, имеющей выходы к трем из четырех мировых океанов и 10 морям через 21 приморский субъект федерации. В связи с этим роль морской деятельности (МД) в экономике РФ представляется чрезвычайно важной как для каждого прибрежного региона, так и страны в целом. Именно поэтому была принята, а затем в июле 2001 г. утверждена Президентом России Морская доктрина РФ на период до 2020 г. [Морская доктрина, 2002]. Одной из главных задач ее является достижение максимальной эффективности МД, объективным критерием которой может служить оценка вклада МД в валовой внутренний продукт (ВВП) РФ. Отметим, что хотя локальные оценки вклада МД выполнялись в рамках отдельных отраслей и приморских регионов [<http://sopssecretary...>], однако в целом для РФ таких оценок нет.

В качестве МД в данной работе принимается морской сектор экономики страны, а к ее отдельным видам в соответствии с классификацией СОПС (Совета по изучению производительных сил) относятся [<http://sopssecretary...>]: 1) добыча минеральных ресурсов на морском шельфе, 2) рыбное хозяйство (промышленное рыболовство, искусственное воспроизводство и переработка морских гидробионтов, а также вспомогательные и обслуживающие производства), 3) морская рекреация (морской туризм, оздоровительная и лечебная деятельность на морских побережьях), 4) морской транспорт (морское судоходство и портовое хозяйство), 5) судостроительная промышленность, 6) морская научно-исследовательская деятельность и 7) морская геология и разведка недр на шельфе, береговом склоне и дне Мирового океана.

Однако трудностью выделения вклада МД в российскую экономику является отсутствие в Общероссийском классификаторе видов экономической деятельности (ОКВЭД) раздела, связанного с МД. Например, в разделе С «Добыча полезных ископаемых» подраздел СА «Добыча топливно-энергетических полезных ископаемых» имеются такие виды деятельности, как «добыча сырой нефти и природного газа» и «добыча природного газа и газового конденсата», из которых необходимо с помощью различных коэффициентов выделять ту долю, которая приходится именно на морскую (шельфовую) добычу нефти и газа. Также стоит отметить, что к данным даже таких подразделов и видов деятельности отсутствует общий доступ. Поэтому задача оценки вклада МД заключалась в выделении из основных 17 разделов ОКВЭД тех, которые могут относиться к МД, анализе данных по вкладу выбранных разделов в ВРП каждого приморского региона и расчете коэффициентов соотношения морской составляющей ко всем остальным. Основой для количественной оценки послужили данные Федеральной службы государственной статистики об отраслевой структуре ВРП по видам экономической деятельности за 2004–2007 гг. [<http://www.gks.ru>]. При этом возможным оказывается выделение лишь первых четырех из вышеуказанных направлений МД: рыбное хозяйство (Раздел В «Рыболовство»), морская рекреация (Раздел Н «Гостиницы»), морской транспорт (Раздел I «Транспорт и связь»), а также добыча минеральных ресурсов на морском шельфе (Раздел С «Добыча полезных ископаемых»).

Значения ВРП приморских субъектов РФ по указанным видам МД представлены в табл. 1. Рассмотрим каждый из них в отдельности.

В разделе «Рыболовство» абсолютным лидером по количественному показателю в 2007 г. является Мурманская область (15,8 млрд руб.), за ней следует Приморский край (15,2 млрд руб.), а также Камчатка (12,8 млрд руб.). Большие оценки этих регионов связаны с тем, что они имеют большую по протяженности площадь береговой зоны, а также выход в богатые биоресурсами моря. В среднем по всей отрасли, включая остальные регионы, экономический рост за 2004–2007 гг. составил 74 % (без учета инфляции). Здесь следует отметить, что вклад выделенных приморских регионов в суммарный показатель по стране

в 2007 г. составил 96 %, из чего можно заключить, что их значение для страны, а в особенности указанных выше трех регионов, в области обеспечения рыбными ресурсами остается чрезвычайно важным. В то же время в ряде приморских регионов (Республика Адыгея, Дагестан, Саха) наблюдался значительный спад вклада рыбной отрасли в ВРП (2004–2007 гг.), составляющей порядка 50 %.

Таблица 1

Валовый региональный продукт приморских субъектов РФ по отдельным видам экономической деятельности на основе данных [http://www.gks.ru], млн руб./год

	Регион	Раздел В "Рыболовство"		Раздел Н "Гостиницы"		Раздел I "Транспорт и связь"		Раздел С "Добыча полезных ископаемых"	
		Среднее	%		%		%		%
Арктическое направление	Республика Карелия	839,0	386,1	586,3	190,7	12343,5	141,3	10784,8	175,0
	Архангельская обл.	2154,0	447,1	1977,8	-26,3	25754,0	66,8	42043,3	98,3
	Ненецкий АО	359,3	186,9	299,5	1690,3	1666,5	236,5	41314,0	97,7
	Мурманская обл.	12493,3	96,0	1188,0	280,0	17833,8	35,8	18107,5	-18,5
	Ямало-Ненецкий АО	104,0	52,8	2124,3	1065,0	36588,8	75,4	288579,3	61,3
	Республика Саха	61,0	-43,6	1784,5	275,5	14392,5	82,6	76034,3	41,5
	Таймырский АО	15,3	-	41,3	-	175,0	-	513,0	-
Атлантическое направление	Санкт-Петербург	49,8	412,5	11429,8	101,2	74515,8	-84,1	525,0	632,5
	Калининградская обл.	2113,3	63,0	1244,5	96,5	9966,3	62,6	12190,8	187,4
	Ленинградская обл.	136,8	388,2	1359,0	214,2	39417,0	53,7	2283,5	161,5
	Краснодарский край	414,3	289,3	11442,8	168,5	88056,3	97,9	6108,8	-29,2
	Ростовская обл.	365,8	73,6	3395,3	210,4	31496,3	89,5	3792,5	138,8
Каспийское направление	Республика Дагестан	109,5	-51,5	2182,0	636,7	14871,0	135,7	1528,5	7,7
	Республика Калмыкия	11,3	-22,2	73,5	114,0	998,5	136,8	568,5	19,5
	Астраханская обл.	565,8	94,5	955,5	345,3	11307,3	93,5	2217,8	193,7
Тихоокеанское направление	Камчатский край	9574,0	104,2	612,5	118,8	3299,0	52,2	1876,8	38,3
	Приморский край	14089,0	20,1	2276,5	43,8	42006,0	65,2	3182,5	85,9
	Хабаровский край	2852,5	8,6	1566,8	73,2	32358,3	77,7	8464,0	28,8
	Сахалинская обл.	6532,8	75,0	1204,8	146,1	10615,0	76,4	59502,3	885,6
	Чукотский АО	452,8	1,1	76,3	-40,3	1327,8	35,2	1348,5	219,2
	Магаданская обл.	16,8	-75,8	129,5	113,3	1302,3	4,0	325,0	463,9

В гостиничном и ресторанном бизнесе лидируют, как и следовало ожидать, Краснодарский край и г. Санкт-Петербург, указанный в таблице вклад которого следует исключить, поскольку он в большей степени обеспечивается культурной, а не рекреационной ценностью. Поэтому этот вклад будет оценен другим способом, описанным ниже. Третье место в рассматриваемом периоде занимает Ростовская область, однако она в три раза уступает Краснодарскому краю. Значительным ростом за период 2004–2007 гг. отмечаются Ненецкий и Ямало-Ненецкий АО (более 1000 %), но их абсолютные показатели вклада невелики. Таким образом, наибольший вклад в данный вид экономической деятельности

также имеют регионы, имеющие протяженную береговую линию и благоприятные климатогеографические условия.

Что касается вклада Санкт-Петербурга, то он может быть приближенно рассчитан по сумме потраченных денежных ресурсов туристами, прибывшими в Северную столицу морскими видами транспорта («круизные туристы»). Эти ресурсы можно рассмотреть в качестве инвестиций в российское производство товаров и услуг, которые являются одной из составляющих при подсчете ВВП. Северную столицу до введения в строй нового крупнейшего в Европе пассажирского порта в сентябре 2008 г. посещало примерно 330 тыс. круизных туристов в год (с учетом новых условий предполагают, что эта цифра увеличится до 2 млн чел.). По данным Центра развития туризма, в Хельсинки порядок трат одного круизного туриста за время пребывания в Санкт-Петербурге составляет от 300 евро и более. В результате общие инвестиции «морских» туристов составляют на 2006–2007 гг. порядка 99 млн евро, или 3,465 млрд руб. (по курсу €=35,0), а суммарный вклад морского туризма в ВВП России в 2007 г. – 57,19 млрд руб.

В разделе «Транспорт и связь» абсолютные лидеры те же – г. Санкт-Петербург и Краснодарский край, имеющие крупнейшие порты в РФ. В следующий блок входят Ленинградская область, Ямало-Ненецкий автономный округ, Приморский край, Хабаровский край и Ростовская область. По суммарным показателям видно, что наибольший вклад имеют регионы, находящиеся на пересечении важных морских торговых путей. Это, прежде всего, атлантическое направление, а также арктическое.

Для оценки вклада данного вида МД в ВРП введем коэффициент, представляющий собой среднее из оценок доли морского транспорта в общей доле транспорта по РФ ОАО «РЖД» (1,1 %) и подпрограммы «Морской транспорт» ФЦП «Морская транспортная система России» (6,2 %), равный $k = 0,037$. Умножая коэффициент на вклад данного раздела ОКВЭД (Раздел I «Транспорт и связь») в ВВП РФ, составляющий в 2007 г. 2825,48 млрд руб., имеем 104,54 млрд руб.

Добыча полезных ископаемых на морском шельфе в настоящее время в РФ ведется только в двух регионах – Сахалинской и Калининградской областях. Также компания «ЛУКОЙЛ» в 2010 г. планирует начать добычу на шельфе Каспийского моря (Астраханская область), где в результате геологоразведочных работ группой «ЛУКОЙЛ» с 1995 по 2007 г. были открыты 6 крупных месторождений с запасами углеводородов в 4,8 млрд баррелей [<http://www.lukoil-kmn.com...>]. Для каждой из областей определяется соотношение добычи морских энергоресурсов к общему объему добычи и, используя полученный коэффициент, рассчитывается приблизительный вклад отрасли в экономику страны. Таким образом, он составил в 2007 г. в Калининградской области 10,84 млрд руб. при $k = 0,617$, а в Сахалинской области 139 млрд руб. при $k = 0,9$ (в 2006 г. данное соотношение составляло $k = 0,667$ [<http://www.adm.ru>],

что связано с значительным увеличением добычи нефти на проектах «Сахалин-1» и «Сахалин-2» в 2007 г.), а общий вклад от добычи полезных ископаемых на шельфе приморских регионов – 149,84 млрд руб. К тому же более 70% площади шельфа Арктических морей перспективны с точки зрения полезных ископаемых, в первую очередь нефти (четверть запасов) и газа (половина запасов). Распределены они следующим образом: Баренцево море – 49%, Карское – 35 %, Охотское – 15 %. И лишь менее 1 % находится в указанных выше Балтийском море и на российском участке Каспия [<http://www.nkj.ru...>].

В результате имеем следующие оценки вкладов разных видов МД: 66,2 млрд руб. – рыболовство, 57,2 млрд руб. – рекреация, 104,2 млрд руб. – морской транспорт и 150,0 млрд руб. – добыча полезных ископаемых (рис. 1). В сумме получаем 214,6 млрд. руб., что составляет чуть более 1 % ВВП страны в 2007 г., который составлял 28255 млрд руб. В сравнении (рис. 1 и 2) в 2006 г. вклад МД в ВВП составлял даже менее 1 %, а некоторый рост в 2007 г. вызван значительным увеличением добычи углеводородов на шельфе Сахалина. Однако это может быть лишь краткосрочным эффектом.

Итак, вклад МД в ВВП составляет очень малую его долю и, следовательно, в настоящее время МД почти не влияет на макропараметры социально-экономического развития государства. Кроме того, современный этап МД характеризуется наличием значительных диспропорций между ее потенциалом и реальным вкладом в социально-экономическое состояние страны.

В других экономически развитых странах роль МД значительно выше. Например, в США ее вклад в 2000 г. составлял 11,2 % ВВП [An Ocean], что превышает полученный нами аналогичный показатель РФ более чем в 10 раз. Это означает, что в целях повышения значимости морской деятельности в условиях меняющегося климата необходимо принятие дополнительных мер, способствующих дальнейшему развитию МД в нашей стране на всех уровнях власти.

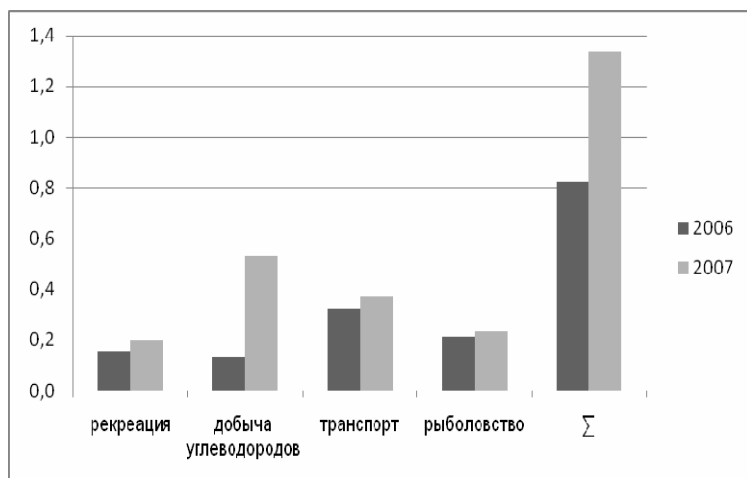


Рис. 1. Вклад отдельных видов МД в ВВП РФ в 2006-2007 гг. в % от ВВП РФ

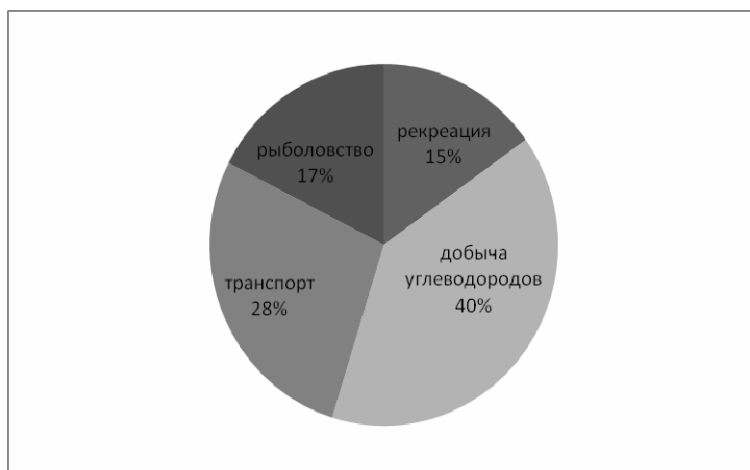


Рис. 2. Вклад отдельных видов МД в 2007 г. в % от суммарной МД РФ

Литература

1. Морская доктрина Российской Федерации на период до 2020 года: Распоряжение Президента РФ от 27 июля 2001 г. № Пр-1387. – СПб.: ГУНИО МО РФ, 2002.
2. An Ocean Blueprint for 21-th Century. Итоговый доклад Комиссии США по политике в отношении океанов под председательством адмирала ВМС США Дж.Д. Уоткинса, сентябрь 2004 г.
3. <http://sopssecretary.narod.ru/> – Официальный сайт Государственного научно-исследовательского учреждения «Совет по изучению производительных сил»
4. <http://www.adm.sakhalin.ru> – Официальный сайт администрации Сахалинской области
5. <http://www.gks.ru> – Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики.
6. <http://www.lukoil-kmn.com> – Официальный сайт ООО «ЛУКОЙЛ-Калининградморнефть»
7. <http://www.nkj.ru> – Портал журнала "Наука и жизнь". Нефть и газ российского шельфа: оценки и прогнозы.

В.Н. Малинин, И.Б. Шумакова

**О ПРОГНОЗЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАУЧНОГО ПОТЕНЦИАЛА
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА**

V.N. Malinin, I.B. Shumakova

**ON THE PREDICTION OF SCIENTIFIC POTENTIAL
PARAMETERS OF HIGHER EDUCATIONAL ESTABLISHMENTS
IN SAINT PETERSBURG**

Приводятся сведения о количественном составе профессорско-преподавательского состава (ППС) вузов Санкт-Петербурга. Предлагается комплексный подход к прогнозированию показателей ППС, состоящий в раздельном использовании 3 методов (экспертный, экстраполяционный, статистический) с последующим комплексированием полученных результатов. Даются прогностические оценки ряда показателей ППС с заблаговременностью 1–3 года.

Ключевые слова: прогнозирование, профессорско-преподавательский состав, научный потенциал, статистические методы.

Information on quantitative composition of higher-education teaching personnel (HETP) of St. Petersburg higher education institutions is given. Proposed is the integrated approach for prediction of HETP parameters consisting of separate use of 3 methods (Delphi, extrapolation and statistical methods) followed by integration of produced results. Prognostic estimates of a number of HETP parameters in 1-3 year advance are given.

Key words: prediction, teaching staff, scientific potential, statistical methods.

Санкт-Петербург обладает вторым по значимости научно-образовательным потенциалом в России. В городе в 2007 г. функционировало 50 государственных и более 20 негосударственных высших учебных заведений. С учетом того, что система высшего профессионального образования (ВПО) в России находится в настоящее время на этапе принципиальных перемен [Балыхин, 2003], реализация в Санкт-Петербурге федеральной Концепции развития сети образовательных учреждений, подведомственных Рособразованию [9], требует разработки механизмов концентрации ограниченных ресурсов и оптимизации структуры, основных параметров функционирования и развития системы ВПО. С этой целью необходим комплексный анализ закономерностей развития системы ВПО и прогноз ее изменений под воздействием социальных, экономических и иных факторов. При этом к числу важнейших задач относится анализ и прогнозирование состояния научно-образовательного потенциала высшего профессионального образования города по наиболее значимым показателям, получаемым по данным о мониторинге высших учебных заведений Санкт-Петербурга различных организационно-правовых форм. Результаты мониторинга, проводимого Комитетом по науке и высшему образованию вот уже в течение 10 лет, служат основой для принятия управленческих решений и позволяют вырабатывать мероприятия, направленные на развитие научной и научно-образовательной сферы города.

Общая численность профессорско-преподавательского состава (ППС) на уровень 2006 г. в Санкт-Петербурге для 50 государственных вузов составляла 26 443 человек, в том числе 4044 докторов и 12 297 кандидатов наук (табл. 1). Эти данные заимствованы с интернетовского сайта [www.edu.ru/vuz]. Все остальные сведения получены непосредственно в результате обработки форм 3-НК для 39 вузов города. Как следует из табл. 1, численность ППС 11 неучтенных в табл. 1 вузов составляет 2248 чел. штатного состава, или 8,5 %. Особенно мала доля докторов (7 чел.) и кандидатов (48 чел.) наук. Это означает, что выборка из 39 вузов является репрезентативной и достаточно надежно характеризует структуру ВПО города.

Таблица 1

Распределение численности основного (штатного) преподавательского персонала государственных вузов по ученым степеням и званиям

	Ученая степень			Ученое звание		
	доктор наук	кандидат наук	без степени	профессор	доцент	без звания
Всего (50 вузов)	4044	12 297	10 102	3561	8489	14 393
Всего (39 вузов)	4037	12 249	7909	3519	8442	12 234
Ректор	32	4	3	35	1	3
Проректоры	100	94	36	111	65	54
Деканы факультетов	219	175	56	160	148	30
Заведующие кафедрами	1029	429	128	981	460	145
Профессора в составе кафедр	2578	683	99	2198	939	223
Доценты в составе кафедр	137	9301	1008	34	6790	3622
Старшие преподаватели	4	762	3800	0	18	4548
Преподаватели, ассистенты	4	801	2825	0	21	3609

Как известно, в мониторинге ВПО используется довольно большое число разнообразных показателей ППС. Естественно, прогнозирование всех их представляет самостоятельную и весьма сложную задачу, которая в значительной степени затруднена отсутствием однородных данных за продолжительный период времени. Поэтому в данной работе мы ограничились разработкой методики прогнозирования следующих показателей: общая численность ППС, суммарное число профессоров и доцентов, а также распределение ППС по возрастным группам в процентах. Таким образом, число прогнозируемых параметров составило 8, а их общая продолжительность – 9 лет (1998–2006 гг.). Вся выборка была разделена на 2 неравные части: зависимую (1998–2005 гг.) и независимую (2006 г.). Зависимая выборка использовалась для построения прогностической модели, а показатели 2006 г. служили для проверки точности полученных прогностических оценок.

Следует отметить, что по оценкам некоторых ученых насчитывается более 150 методов прогнозирования экономических процессов, однако на практике

вряд ли их используется более 15–20. По степени формализации методы прогнозирования принято разделять на *интуитивные* и *формализованные* [Рабочая книга, 1982]. По существу, все интуитивные методы – это разновидности экспертного подхода. *Формализованные* методы связаны преимущественно с численным анализом информации и применением каких-либо математических методов их обработки. Естественно, что преобладающими являются статистические методы. В настоящее время известен целый ряд достаточно подробных схем классификации методов прогнозирования. Например, в работе [Антохонова, 2004] интуитивные методы разделены на 9 методов, а формализованные – на 17 методов. Еще более сложная классификация приводится в работе [Нейросетевой анализ], в которой они делятся на 37 методов. Очевидно, столь детальная классификация вряд ли имеет практический смысл.

С точки зрения практического использования, особенно для коротких выборок, все методы прогнозирования достаточно свести в три большие группы: экспертные, экстраполяционные и статистические модели. При этом следует иметь в виду, что разделение на экстраполяционные методы и статистические модели в определенной степени условно. Как известно, *экстраполяция* представляет собой продление на перспективу тенденций, наблюдавшихся в прошлом. Методы экстраполяции основаны исключительно на закономерностях внутренней структуры самого процесса и не требуют привлечения дополнительной информации. К этим закономерностям относится, прежде всего, учет инерционности и цикличности временного ряда. Естественно поэтому, что основой данных методов является аппарат одномерного статистического анализа.

Статистические модели обычно требуют привлечения дополнительной информации, в качестве которой используются какие-либо процессы (факторы), воздействующие на рассматриваемую переменную. Математическим аппаратом решения данной задачи в основном служит классический метод множественной линейной регрессии (МЛР) и его различные модификации. Помимо метода МЛР, в статистических прогнозах используются также такие методы, как дискриминантный анализ, кластерный анализ, метод нейронных сетей и др. Заметим, например, что даже хорошо известный на практике метод аналогов, по существу, реализует идеи кластерного анализа и поэтому может быть представлен как одно из его направлений. Таким образом, основой статистических моделей является аппарат многомерного статистического анализа.

Применительно к прогнозу показателей научного потенциала вузов реализованы все три подхода. В качестве экспертного подхода использовано сочетание аналитического метода и метода «комиссий». Первый выражает индивидуальную точку зрения эксперта, сформулированную им по поводу тенденций развития изучаемых явлений и процессов в публикациях, аналитических записках, научно-технических отчетах, экспертизах и т.п. Метод *комиссий* представляет коллективное мнение экспертов по выработке документов о перспективах развития объекта прогнозирования.

В общем случае экстраполяция может осуществляться на основе большого числа методов, имеющих различную степень сложности. Простейший способ экстраполяции заключается в задании по определенному закону изменений средних характеристик ряда: среднего уровня, среднего абсолютного прироста и среднего темпа роста, что позволяет оценить их прогнозные значения на 1-2 шага вперед. Методы скользящих средних и экспоненциального сглаживания заключаются в предварительном сглаживании исходного ряда с целью ослабления случайных колебаний и выявления закономерных тенденций его изменений.

Довольно широкое распространение на практике получили методы экстраполяции трендовой компоненты временного ряда [Афанасьев, 2001; Дуброва, 2007; Четыркин, 1977]. При этом тренд может быть представлен как в линейном, так и нелинейном виде. Незвестные коэффициенты определяются с помощью метода наименьших квадратов или различных итеративных процедур. Особенно полезным данный подход представляется, когда тренд описывает преобладающую долю дисперсии исходной выборки.

Если во временном ряду прослеживается хорошо выраженная инерционность, т.е. когда его изменения имеют однонаправленные тенденции в течение нескольких шагов подряд, то для аппроксимации временного ряда могут быть использованы статистические модели авторегрессии (АР), скользящего среднего (СС) и смешанные модели авторегрессии – скользящего среднего (АРСС) [Айвазян, 1998; Бокс, 1974]. В тех случаях, когда временной ряд представляет стационарную последовательность, состоящую из случайных колебаний, то полезным для его аппроксимации может быть аппарат спектрального анализа и дальнейшая аппроксимация значимых гармоник.

Весьма перспективными для прогнозирования одномерных временных рядов являются адаптивные модели [Айвазян, 1998; Дуброва, 2007; Лукашин, 2003], которые можно рассматривать как обобщение моделей экстраполяции тренда. Адаптивными называются методы прогнозирования, позволяющие строить самокорректирующиеся (самонастраивающиеся) экономико-математические модели, которые способны оперативно реагировать на изменение условий путем учета результата прогноза, сделанного на предыдущем шаге, и учета различной информационной ценности уровней ряда. Благодаря указанным свойствам адаптивные методы особенно удачно используются при краткосрочном прогнозировании (при прогнозировании на один или на несколько шагов вперед).

Учитывая короткую продолжительность временных рядов показателей кадрового потенциала вузов города и сравнительно гладкий характер их межгодовых изменений, мы ограничились в данной работе моделью временного ряда в виде следующего разложения:

$$X(t) = T(t) + E(t), \quad (1)$$

где $T(t)$ – трендовая составляющая; $E(t)$ – остаточная часть, характеризующая нерегулярные (случайные) колебания.

Под трендовой составляющей временного ряда в разложении (1) мы понимаем некоторое медленное изменение процесса с периодом, превышающим длину исходной реализации [Малинин, 2008]. В тех случаях, когда тренд описывает большую часть дисперсии временного ряда, это может быть использовано для его прогноза на один или два шага. Естественно, такой прогноз является чисто инерционным и сохраняет свою значимость до тех пор, пока тенденция в случайном процессе не начинает меняться во времени. Временные ряды могут содержать тренды различного вида:

- по математическому ожиданию, когда выборочное среднее линейным или нелинейным образом изменяется во времени;
- по дисперсии, когда меняется размах колебаний;
- по математическому ожиданию и дисперсии, когда одновременно изменяются выборочные оценки среднего и дисперсии.

Для экономических рядов характерны в основном тренды по математическому ожиданию. Как уже указывалось выше, они могут быть линейного и нелинейного вида. В том случае, если неизвестными являются два параметра, которые входят линейно в формулу тренда, то для их определения может быть использован метод наименьших квадратов. Модели, нелинейные по оцениваемым параметрам, делятся на два типа:

- нелинейные модели внутренне линейные по параметрам,
- нелинейные модели внутренне нелинейные по параметрам.

Для первого типа моделей характерно то, что с помощью подходящих преобразований они могут быть приведены к линейному виду. Данная процедура называется *линеаризацией*. Коэффициенты линеаризованных моделей обычно определяются МНК. Для оценки параметров нелинейных моделей, которые не удастся свести к линейному виду, используются, как правило, итеративные процедуры. К ним относятся квазиньютоновский метод, симплекс-метод, метод Хука-Дживса и др.

Отметим, что далеко не всегда точность описания исходных данных эмпирической формулой с двумя параметрами оказывается достаточной с практической точки зрения. Поэтому существуют программные комплексы, реализующие процедуру аппроксимации с помощью формул, имеющих три и более параметра. В данной работе использован программный комплекс «Аппроксимация», который позволяет оценивать параметры почти двух десятков нелинейных формул.

Наиболее важными характеристиками тренда являются его *величина* (Tr) и нелинейный (в частном случае линейный) *коэффициент детерминации* R^2 . Выборочная оценка Tr отражает изменение исходного процесса в единицу времени, а коэффициент детерминации R^2 показывает вклад тренда в дисперсию исходного процесса, т.е. $R^2 = D_{y(x)}/D_y$, где $D_{y(x)}$ – дисперсия тренда, D_y – дисперсия исходного процесса.

Кроме того, необходима оценка *значимости* тренда. Хотя известно большое число самых разнообразных приемов, но все же наиболее распространенным является использование параметрического критерия Стьюдента. Вначале записывается нулевая гипотеза о равенстве корреляционного отношения (для нелинейного тренда) или коэффициента корреляции (для линейного тренда) нулю. Далее рассчитывается выборочная оценка статистики Стьюдента t^* и сравнивается с ее критическим значением. Если выполняется неравенство $t^* > t_{кр}(\alpha, \nu = n - 2)$, где α – уровень значимости, ν – число степеней свободы, то нулевая гипотеза отвергается и тренд считается значимым, т.е. его величина отклоняется от нуля неслучайным образом.

Наконец, третий подход – это построение многофакторных регрессионных моделей, которые получили очень широкое применение в практике экономических исследований и прогнозов [Айвазян, 1998; Аффифи, 1982; Эконометрика, 2002 и др.]. В общем случае модель МЛР имеет вид:

$$y_j = b_0 + \sum_{j=1}^m b_j x_{ij} + \varepsilon_i, \quad (2)$$

где x_{ij} – независимая переменная (предиктор); ε_i – вектор остатков (ошибок), которые не описываются уравнением регрессии; m – число переменных, входящих в модель. Очевидно, нет необходимости останавливаться на вычислительных аспектах построения модели МЛР, которые достаточно хорошо известны и реализованы практически во всех пакетах прикладных статистических программ.

Отметим, что для решения конкретных задач разработаны сотни различных модификаций метода. В данной работе применение классической модели МЛР с учетом короткой длины рядов показателей кадрового потенциала вызывает серьезные затруднения. В связи с этим нами использован метод включения переменных пошаговой процедуры МЛР. При этом оценка оптимальной модели может быть осуществлена двумя способами. Первый основан на частном F -критерии, который представляет собой обычный F -критерий для каждой переменной при условии, что она оказывается последней переменной, включенной в регрессию. По умолчанию в пакете «Statistica» она обычно принимается $F_{кр} = 4,0$. Как только на k шаге величина F_k становится меньше $F_{кр}$, программа прекращает работу и последний шаг принимается за оптимальную модель регрессии [Аффифи, 1982; Дрейнер, 1987]. Однако, как показывает практика, частный F -критерий вряд ли следует считать универсальным и зачастую его использование еще не является гарантией получения наилучших результатов.

Совершенно очевидно, что нахождение оптимальной модели МЛР – задача неформальная. Во многих случаях целесообразнее рассчитывать основные параметры модели (коэффициент детерминации, стандартная ошибка модели, критерий Фишера, p -level коэффициентов регрессии), комплексный анализ которых позволяет более надежно определить оптимальный вид окончательной модели. Именно такой подход реализован в данной работе.

Для прогнозирования будем применять, по возможности, все три подхода: экспертные оценки, экстраполяцию и регрессионные модели. В последнем случае прогнозы основываются на использовании данных социально-экономического развития города до 2010 г. В качестве предикторов послужили следующие показатели: численность населения, численность занятых в экономике, численность трудовых ресурсов, численность учащихся средних общеобразовательных учреждений (на сентябрь года), выпуск вузов. На четыре года, т.е. до 2010 г., были выполнены прогнозы и на основе экстраполяции тренда. Однако следует иметь в виду, что точность их максимальна на один шаг (год), потом с каждым новым шагом точность снижается.

Важнейшее условие прогнозирования показателей ППС – это предположение о стационарности (неизменности) внешних условий на весь прогнозируемый период. Действительно, если на государственном уровне будут приняты какие-либо кардинальные решения об изменениях в системе ВПО, то полученные нами прогностические оценки ППС теряют смысл. Отметим также, что при существенном расхождении прогностических оценок различными методами возможно применение процедуры комплексирования. Если изначально нет предпочтения какому-либо подходу, то самый простой способ комплексирования заключается в осреднении всех вариантов прогноза с одинаковыми весами.

Прежде всего обратимся к результатам прогнозирования основного (штатного) персонала ППС и суммарного числа профессоров и доцентов в процентах от штатного состава ППС. Временной ход этих показателей представлен на рис. 1. Нетрудно видеть, что численность ППС имеет выраженную тенденцию к повышению. Наиболее быстро рост ППС происходил в 2002–2004 гг. Что касается суммарного числа профессоров и доцентов, то до 2000 г. оно несколько повышалось, но затем началось его довольно быстрое уменьшение. Это связано с тем, что рост штатного персонала без звания существенно превышал рост штатного персонала профессоров и доцентов.

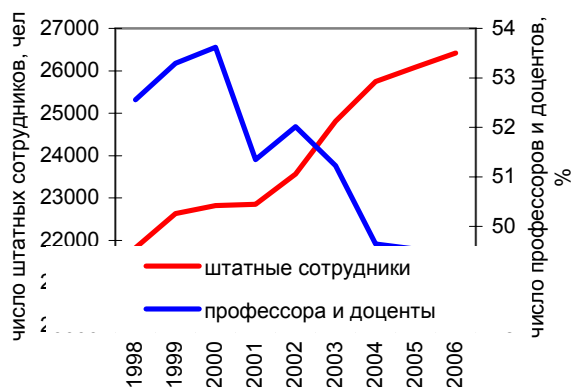


Рис. 1. Динамика числа штатных сотрудников вузов и доли в нем профессоров и доцентов за период с 1998 по 2006 г.

Экстраполяция тренда. С помощью описанного выше программного комплекса «Аппроксимация» для каждого показателя ППС рассчитаны модели тренда, из которых выбрана одна модель, имеющая наименьшую среднеквадратическую ошибку аппроксимации. Для общей численности штатного состава ППС наилучшей оказалась дробно-рациональная модель вида

$$y_{\text{ППС}} = (a_0 + a_1t + a_2t^2) / (a_3 + a_4t) + \varepsilon, \quad (3)$$

где t – время; ε – абсолютная ошибка, определяемая как $\varepsilon = y - y_{\text{выч}}$.

Суммарное число профессоров и доцентов (СПД) лучше всего описывается четырехчленной полиномиальной моделью:

$$y_{\text{СПД}} = a_0 + a_1t + a_2t^2 + a_3t^3 + a_4t^4 + \varepsilon. \quad (4)$$

В табл. 2 представлены статистические оценки этих прогностических моделей и ошибки независимого прогноза на 2006 г. Именно по ней можно судить о точности вероятностных моделей. Коэффициент корреляции показывает меру линейной связи фактических и вычисленных значений исходных рядов.

Нетрудно видеть, что обе модели почти полностью описывают дисперсию исходных рядов, причем относительная ошибка их прогноза по независимым данным на 2006 г. находится в пределах нескольких процентов. Это означает, что они обе могут быть использованы в прогностических целях.

Таблица 2

Оценки статистических параметров моделей (3) и (4) показателей ППС и ошибки их прогноза по независимым данным на 2006 г.

Показатель ППС	Модель	Коэффициент детерминации	Стандартная ошибка модели	Ошибка прогноза на 2006 г., %	
				абсолютная	относительная
Штатный персонал ППС, чел.	дробно-рациональная	0,98	326, 1	73	0,00
Численность профессоров и доцентов, %	полиномиальная	0,90	0,73	–0,29	0,01

Регрессионная модель. В качестве предикторов использовались указанные выше пять макроэкономических показателей. Как оказалось, уже на первом шаге (ступени) точность описания функции отклика регрессионной моделью была достаточно высокой, вследствие чего дальнейшее ее уточнение уже не имело смысла. В обоих случаях главным предиктором послужила численность занятых в экономике (ЗЭ). Для модели штатного состава ППС на втором шаге дополнительным предиктором стала численность учащихся общеобразовательных (школьных) учреждений (УШ):

$$y_{\text{ППС}} = a_0 + a_1\text{ЗЭ} - a_2\text{УШ} + \varepsilon; \quad (5)$$

$$y_{\text{СПД}} = a_0 - a_1\text{ЗЭ} + \varepsilon. \quad (6)$$

Стандартная ошибка этих моделей составляет соответственно 281,6 чел и 0,63 %, т.е. даже несколько ниже, чем для моделей тренда. Прогностические

оценки показателей ППС на 2007–2010 гг. различными методами приводятся в табл. 3 и на рис. 2. Отметим, что экспертная оценка осуществлялась по инерционному варианту. Как видно из табл. 3, прогностические оценки параметров ППС весьма близки друг другу, особенно для численности профессоров и доцентов. Однако следует иметь в виду, что регрессионная модель дает некоторое систематическое занижение оценок штатного персонала ППС по сравнению с другими методами. Впрочем, это занижение даже для 2010 г. составляет менее 3 %.

Таблица 3

**Прогностические оценки показателей ППС на 2007–2010 гг.,
полученные различными методами**

Год	Штатный персонал ППС, чел.				Численность профессоров и доцентов, %			
	Модель тренда	Регрессионная модель	Экспертная оценка	Комплексный прогноз	Модель тренда	Регрессионная модель	Экспертная оценка	Комплексный прогноз
2007	26 718	26 474	26 600	26 597	49,0	49,4	49,0	49,1
2008	26 858	26 570	26 700	26 709	49,0	48,9	48,8	48,9
2009	26 947	26 462	26 800	26 736	48,9	49,0	48,6	48,8
2010	27 004	26 262	26 900	26 722	48,6	49,0	48,4	48,7

Как видно из рис. 2, разброс между крайними оценками, означающий степень неопределенности прогноза параметров ППС, незначителен, поэтому проведение процедуры комплексирования, вообще говоря, нецелесообразно.

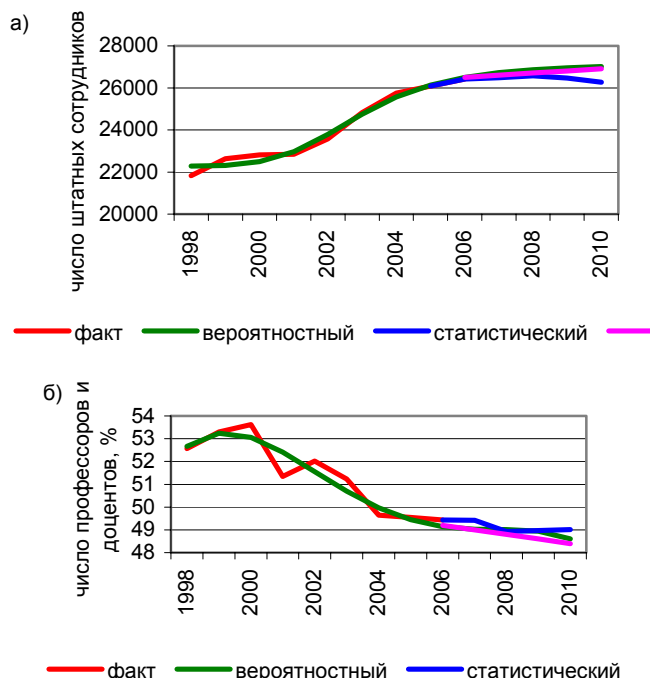


Рис. 2. Прогностические оценки показателей ППС на 2007–2010 гг. различными методами:
а — численность штатного состава, чел; б — число профессоров и доцентов, %

Обратимся теперь к прогнозу численности ППС по возрастным группам. На рис. 3 приводится временной ход численности ППС по отдельным возрастным группам в процентах. Отчетливо видны противоположные тенденции: численность самой молодой группы (до 30 лет) и двух самых старых групп (60–65 и более 65 лет) за рассматриваемый период увеличивается. Численность двух средних по возрасту групп (40–49 и 50–59 лет) уменьшается. Увеличение численности ППС старшего возраста обусловлено двумя причинами. Главная – это процесс общего старения преподавательских кадров, т.е. постепенный переход их из одной возрастной категории в другую. А уменьшение численности средних по возрасту групп может быть вызвано выходом сотрудников из сферы высшего образования и переходом в другие сферы экономики. Кроме того, в связи с открытием новых специальностей, кафедр и высоким приростом числа студентов в вузах города по контракту происходит пополнение ППС кадрами высокой квалификации из научных организаций города.

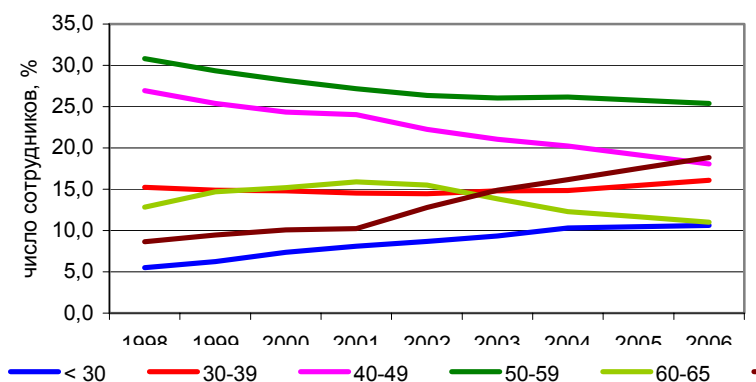


Рис. 3. Динамика численности ППС по отдельным возрастным группам (%)

Учитывая довольно монотонный характер межгодовых изменений указанных характеристик, ограничимся построением моделей тренда. Первичные статистические характеристики числа ППС по возрастным категориям даются в табл. 4. Наибольшая изменчивость характерна для возрастной группы старше 65 лет, а наименьшая – для группы 30–39 лет.

Таблица 4

Первичные статистические характеристики числа ППС по возрастным группам за 1998–2006 гг.

Возрастная группа ППС	Среднее значение, %	Стандартное отклонение, %
Менее 30 лет	8,52	1,87
30–39 лет	15,01	0,52
40–49 лет	22,38	3,01
50–59 лет	27,25	1,84
60–65 лет	13,66	1,78
Более 65 лет	13,19	3,80

Далее для каждой возрастной группы ППС рассчитаны модели тренда, из которых выбрана модель, имеющая наименьшую среднеквадратическую ошибку аппроксимации.

Для возрастной группы ППС до 30 лет наилучшей оказалась экспоненциальная модель Гаусса, которая описывает нормальный закон распределения с нисходящей и восходящей ветвями кривых. Она имеет следующий вид

$$y_{(<30)} = a_0 \exp[-(a_1 - t)^2 / 2a_2^2] + \varepsilon. \quad (7)$$

Для возрастной группы ППС 30–39 лет была выбрана трехчленная полиномиальная модель:

$$y_{(30-39)} = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + a_3 t^3 + \varepsilon, \quad (8)$$

для группы ППС 40–49 лет линейная модель:

$$y_{(40-49)} = a_0 + a_1 t + \varepsilon, \quad (9)$$

для групп ППС 50–59 и 60–65 лет наилучшей оказалась четырехчленная полиномиальная модель:

$$y_{(50-59)} = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + a_3 t^3 + a_4 t^4 + \varepsilon. \quad (10)$$

Наконец, для самой старшей группы ППС более 65 лет выбрана дробно-рациональная модель:

$$y_{(>65)} = (a_0 + a_1 t + a_2 t^2) / (a_3 + a_4 t). \quad (11)$$

В табл. 5 представлены статистические оценки прогностических моделей. Как видно из таблицы, все модели имеют малые стандартные ошибки и близкий к единице коэффициент корреляции. Это свидетельствует о высокой степени аппроксимации исходных рядов.

Таблица 5

Оценки статистических параметров трендовых моделей численности ППС для различных возрастных групп и ошибки их прогноза по независимым данным на 2006 г.

Возрастная группа ППС	Модель	Коэффициент детерминации	Стандартная ошибка модели, %	Ошибка прогноза на 2006 г., %	
				абсолютная	относительная
Менее 30 лет	экспоненциальная	0,99	0,16	0,13	0,01
30–39 лет	полиномиальная	0,98	0,11	0,01	0,00
40–49 лет	линейная	0,99	0,28	–0,04	0,00
50–59 лет	полиномиальная	0,99	0,12	0,12	0,00
60–65 лет	полиномиальная	0,98	0,33	0,05	0,00
Более 65 лет	дробно-рациональная	0,99	0,45	–0,07	0,00

Результаты прогноза численности ППС для различных возрастных групп (в процентах) по 2010 г. включительно представлены в табл. 6 и в сравнении с фактическими данными за 2000 г. – на рис. 4.

В последней графе табл. 6 дается сумма численности ППС для различных возрастных групп. Отличие ее от 100 % показывает результирующую ошибку прогноза. Как и следовало ожидать, наиболее точными являются прогнозы на 2007 г. Однако даже в 2010 г. суммарная ошибка не превышает 3 %, что свидетельствует о высокой точности прогностических оценок. Именно поэтому использование статистического метода было признано целесообразным.

Таблица 6

Прогностические оценки численности ППС для различных возрастных групп (в процентах) на 2007–2010 гг. по трендовым моделям

Год	Менее 30 лет	30–39 лет	40–49 лет	50–59 лет	60–65 лет	Более 65 лет	Сумма
2007	10,7	17,0	16,9	25,3	11,4	19,4	100,7
2008	10,9	18,2	15,8	25,3	12,1	19,9	102,2
2009	11,3	19,7	14,7	25,2	11,9	20,3	103,1
2010	11,9	21,5	13,6	25,2	10,2	20,5	102,9

Из табл. 6 видно, что должно происходить увеличение численности самых молодых групп ППС (до 30 и 30–39 лет), причем особенно заметное для группы 30–39 лет. В то же время довольно существенно может снизиться численность ППС в возрастной группе 40–49 лет. Возможно некоторое увеличение численности ППС самой старшей группы. Практически не меняется численность ППС для группы 50–59 лет.

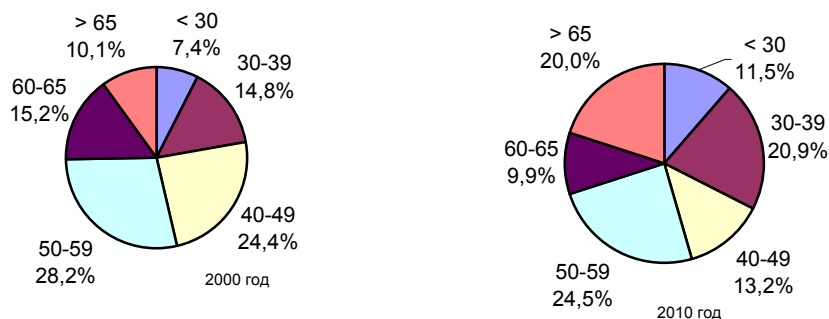


Рис. 4. Соотношение между возрастными группами ППС: фактическое в 2000 г. и прогнозируемое в 2010 г.

Как следует из рис. 4, структура возрастного состава ППС претерпевает определенные изменения по сравнению с 2000 г. Прежде всего резко возрастает, практически в 2 раза, доля ППС старше 65 лет. В 2010 г. она будет уже составлять одну пятую от ППС. Это означает, что тенденция старения преподавательских кадров вступает в критическую фазу. Одновременно с этим отмечается тенденция к существенному росту молодых преподавателей. Так, доля ППС в возрастных группах моложе 30 лет и 30–39 лет возрастает к 2010 г. на 10 % по сравнению с 2000 г. Более чем на 10 % может уменьшиться доля ППС в группе

40–49 лет. Это связано с отсутствием притока молодых кадров в вузы в течение 90-х годов.

Еще раз подчеркнем, что полученные прогностические оценки ППС и его возрастного состава характеризуют их динамику только в условиях стационарности (неизменности) внешних условий. Возникает вопрос: отвечают ли возможные изменения ППС потребностям города и страны в целом?

Если исходить из прогноза социально-экономического развития Санкт-Петербурга на период до 2010 г., разработанного Комитетом экономического развития, промышленной политики и торговли, то опережающие темпы роста экономики города по сравнению со среднероссийскими сохранятся и в ближайшие годы. При этом наибольший вклад в обеспечение высоких темпов роста ВРП Санкт-Петербурга внесут такие отрасли экономики, как строительство, торговля, наука, связь, предоставление услуг (в сфере образования, здравоохранения, жилищно-коммунального хозяйства, страхования, операций с недвижимостью и др.).

Более медленными ожидаются темпы роста промышленности. В целом в 2010 г. прирост промышленного производства в Санкт-Петербурге составит порядка 8–14 % к 2007 г. при среднегодовых темпах роста на уровне 102–104 %. Естественно, это потребует необходимости увеличения численности трудовых ресурсов, занятых в экономике, которое за период 2008–2010 гг. составит 0,24 %.

Таким образом, можно сделать однозначный вывод, что прогностические оценки ППС в целом хорошо соответствуют темпам роста экономики города и, следовательно, отвечают потребностям города. При этом, учитывая сложную демографическую ситуацию в городе, проявляющуюся в сохранении тенденции к убыли населения, в соответствии со статистическими прогнозами возможно некоторое уменьшение общей численности ППС в 2010 г. и особенно заметное уменьшение суммарного числа профессоров и доцентов.

Анализ возрастной структуры ППС со всей очевидностью подтверждает, что тенденция старения преподавательских кадров будет усугубляться и в ближайшие годы. Так, в 2010 г. ожидается, что возраст примерно 30 % численности ППС будет превышать 60 лет. С учетом того, что возраст женщин, уходящих на пенсию, составляет 55 лет, то оказывается, что около 40 % работников ППС превысит пенсионный возраст. Это означает, что процесс старения ППС вступает в критическую фазу. Данный фактор явно противоречит потребностям динамично развивающейся экономике города.

Литература

1. Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Прикладная статистика и основы эконометрики. – М.: ЮНИТИ, 1998. – 1022 с.
2. Антохонова И.В. Методы прогнозирования социально-экономических процессов. – Улан-Удэ: изд-во ВСГТУ, 2004. – 212 с.

3. *Афанасьев В.Н., Юзбашев М.М.* Анализ временных рядов и прогнозирование. – М.: Финансы и статистика, 2001. – 228 с.
4. *Афифи А., Эйзен С.* Статистический анализ: подход с использованием ЭВМ. – М.: Мир, 1982. – 488 с.
5. *Балыхин Г.А.* Управление развитием образования: организационно-экономический аспект. – М.: Экономика, 2003. – 428 с.
6. *Бокс Дж., Дженкинс Г.* Анализ временных рядов. Прогноз и управление. – М.: Мир, 1974. Вып. 1 и 2.
7. *Дрейпер Н., Смит Г.* Прикладной регрессионный анализ. Кн. 1, 2. – М.: Финансы и статистика, 1986. – 366 с. – 1987. – 351 с.
8. *Дуброва Т.А.* Прогнозирование социально-экономических процессов. – М.: Маркет ДС, 2007. – 192 с.
9. Концепция развития сети образовательных учреждений, подведомственных Рособразованию. Электронный ресурс: [http://www.edu.ru/db/mo/Data/d_07/pra921-1.htm].
10. *Лукашин Ю.П.* Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов. – М.: Финансы и статистика. 2003. – 415 с.
11. *Малинин В.Н.* Статистические методы анализа гидрометеорологической информации. – СПб.: изд. РГГМУ, 2008. – 406 с.
12. Нейросетевой анализ и прогнозирование. Электронный ресурс: <http://www.netneuro.ru/>
13. Рабочая книга по прогнозированию / Отв. ред. И.В. Бестужев-Лада. – М.: Мысль, 1982.
14. Статистическое моделирование и прогнозирование. / Под ред. А.Г. Гранберга. – М.: Финансы статистика, 1990.
15. *Четыркин Е.М.* Статистические методы прогнозирования. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Статистика, 1977. – 200 с.
16. Эконометрика / Под ред. *И.И. Елисеевой*. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 344 с.

Т.В. Есикова

ФОРМИРОВАНИЕ ПРАВОВЫХ ОРИЕНТАЦИЙ ЛИЧНОСТИ

T.V. Esikova

FORMATION OF THE LEGAL ORIENTATIONS OF PERSONALITY

В статье представлен исторический экскурс, посвященный исследованию правовых ориентаций. С другой стороны, анализируется исследование данного вопроса с позиций теории деятельностного подхода в контексте развития специфической потребности в общении, позитивности деятельности как основы формирования правовых ориентаций личности. Рассматриваются вопросы, связанные с изучением правосознания, правовой культуры, ценностей. Анализируются правовые представления как отражение уровня социального развития человека.

Ключевые слова: право, правовые ориентации, личность, правосознание, ценности, мышление, представления.

This article deals with an excursion into the historical domain of the legal orientation research. From the other side, the article covers the analysis of this issue from a perspective action approach theory in the frame of development of specific need of communication and positivity of play activity as the base. This article deals with questions legal awareness, legal culture and values. Legal ideas reflect the level of social human behavior.

Keywords: right, orientation, personalit, legal awareness, values, mentality, ideas.

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 прогрессивные 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.

В настоящее время условия развития общества определяют позитивную направленность правовой социализации и правового образования. Личность активно и избирательно воспринимает внешние воздействия, преломляя их сквозь призму убеждений. Правовое образование способно направить этот процесс в целенаправленное русло [Мальцев, 2009]. Релевантно заявленной теме рассмотрим формирование правовых ориентаций на основе общечеловеческих и правовых ценностей, правовой культуры, правового воспитания, правового мышления, правосознания, правовых представлений и установок.

Требуется выявить, каким образом они оказывают влияние на формирование правовых ориентаций. Необходим поиск компетентного подхода в формировании правовых ориентаций. Правовые ориентации составляют важнейшую область педагогической психологии, так как оказывают влияние на

восприятие права, перевод нормативных предписаний в социальное поведение.

Рассмотрим указанные вопросы соответственно определенной системе.

Прежде всего следует отметить, что многие исследователи акцентируют внимание на правах человека как общечеловеческой **ценности** (В.А. Караковский, Е.А. Лукашева, А.Ф. Никитин, 1998).

Правовые ценности связаны с представлениями человека о равенстве, свободе, справедливости, законности, правопорядке и других социально-позитивных правовых явлениях. Правовые ценности воспринимаются личностью как цели, к достижению которых необходимо направлять свои усилия. Правовые знания, установки и ценности организуются в систему правовых ориентаций, определяющих различные модели поведения человека, его поступки [Сорокина, 2010].

Вместе с тем, правовые ценности отражают не только систему установок личности, которые важны в сфере реализации права. Они связаны с образом жизни личности и оказывают заметное влияние на ее судьбу.

Различные аспекты процесса формирования гражданского общества в России рассматриваются рядом современных авторов, где отражается взаимосвязь правовых ценностей и правовой культуры [К.С. Гаджиев, И.А. Кузнецов, М.В. Михайлов, 2005].

Правовая культура личности подразумевает знание и понимание права, осознанное исполнение его предписаний. Она обусловлена правовой культурой общества и отражает уровень правового развития личности, ее позитивное правовое сознание в конкретной деятельности. Правовая культура воспитывается всем комплексом условий жизни общества, обогащает личность и выражается в умении правильно ориентироваться в различных правовых ситуациях. Существенный вклад в разработку проблем формирования **правовой культуры** внесли В.И. Каминская, А.Р. Ратинов, А.П. Семитко (1988).

Культурный стиль правомерного поведения характеризуется постоянством соблюдения принципов в процессе решения жизненных проблем, выражающийся в особенностях выбора варианта правомерного поведения в границах, которые определены нормами права.

Научные исследования, проведенные за последние годы, посвящены общетеоретическим и методическим проблемам правового образования и воспитания: содержанию и организации правового воспитания, обучению правам человека. В разные периоды развития российского образования проблемы **правового воспитания** рассматривались в работах Н.Л. Гранат [2001], Н.П. Вербицкого, И.Ф. Рябко, В.В. Тищенко, нравственно-правовом воспитании школьников [Г.П. Давыдов, И.А. Кузнецов, О.Г. Шапиева, 2005], правовом воспитании студентов [И.А. Дерягин, Ю.П. Козюбра, В.М. Минияров, 2007].

Проблемы формирования и развития личности, целенаправленного управления этим процессом находятся в центре внимания педагогов, философов, социологов, юристов и психологов. Особую значимость для понимания сущности

и содержания **правового воспитания** имеют работы юристов (Е.А. Белканова, Е.А. Лукашевой, В.С. Нерсисянца, 2009).

Правовое воспитание, в свою очередь, отражает уровень правового мышления. **Правовое мышление** изучается как интеллектуальная форма в теоретико-методологическом и социокультурном измерении, как высшая ступень человеческого познания. Оно позволяет получать знания о таких объектах, свойствах и отношениях реального мира и правовой действительности, которые не могут быть непосредственно восприняты на чувственной ступени познания. Правовым мышление становится тогда, когда оно направлено на использование возможностей и ценностей права, при этом проектируются и используются правовые средства для достижения поставленных целей. Процесс формирования правового мышления осуществляется в системе общего образования поэтапно с учетом возрастных и психолого-физиологических особенностей индивида. Правовое мышление изменяет поведение человека, которое обусловлено мотивационно-побудительной системой личности как непосредственного двигателя ее деятельности. Когнитивные составляющие правового мышления отражают знания о праве, понятия и представления о нем.

Отдельным аспектам правового мышления посвящены исследования П.П. Баранова, В.П. Малахова (1999), А.З. Жалинского, В.М. Розина (2008). В их работах рассмотрены вопросы исторического генезиса, современного состояния и дальнейшего развития теоретического и профессионального мышления [Жалинский, 2008].

Правовое мышление формируется на базе восприятия личностью правовых идей, позиций и мнений, осмысления правового регулирования. Без предварительного осмысления личностью правовых предписаний не может быть и конкретных актов поведения, которые соответствуют этим законам. Правовые понятия являются одной из логических форм мышления, высшим уровнем обобщения познаний о праве, правовой действительности и законе, характерные для словесно-логического правового мышления [Емельянова, 2006].

Сложно разделить подходы в анализе правового мышления и правового правосознания. Анализ психологической литературы показывает, что в современной науке в изучении **правосознания** выделяется несколько подходов. Так, одни ученые рассматривают данную категорию с позиции ее структурных компонентов, определяя при этом право как систему норм, выражающих государственные веления [Алексеев, 2009]. Другие исследователи изучают правосознание как сферу духовного отражения всей правовой действительности [Ильин, 1993] и как внутренний регулятор правомерного поведения (В.С. Олейников, А.Р. Ратинов, 1988).

Когнитивные составляющие правосознания связаны с эмоциональным восприятием правовых явлений людьми, что способствует их самоактуализации, предопределяя активность в правовой сфере, что предусматривает связь с чувствами, эмоциями, настроениями, обусловленными актуализацией правовых

установок. Наряду с чувствами, настроениями, представлениями существуют и другие элементы, такие как правовые эмоции, правовые навыки. Правовые эмоции отражают отношение человека к действительности в форме положительно-го, отрицательного или индифферентного проявления в виде печали, смущения или беспокойства [Сорокина, 2009]. В дальнейшем они находят свое выражение в проявлениях как сформировавшихся стереотипах правового поведения.

Правосознание отражает уровень правомерного поведения личности. Тот факт, что исполнение правовых норм человеком осуществляется сознательно, в силу внутреннего убеждения, свидетельствует о регулирующей роли правосознания. Чем выше уровень правосознания, тем в большей мере оно проявляет свою регулирующую роль «приведения» поведения в соответствие с целями и волей, выраженными в праве. Это создает основу для стабильной жизни, повышения правовой культуры личности и укрепления законности. Таким образом формируются правовые представления и понятия [Есикова, 2010].

Правовые представления и понятия составляют важнейшую область исследования в педагогической психологии, так как именно благодаря им происходит восприятие права, перевод нормативных предписаний в социальное поведение. Правовые представления – это образы правовых событий, действий, сцен, возникающие на основе продуктивного воображения. Формирование правовых представлений выступает как психологическая необходимость социальной жизни, обусловленная правовыми установками [Емельянова, 2006].

В процессе формирования личности, по мнению А.Р. Ратинова [1988], формируется **правовая установка**, которая представляет собой готовность личности воспринимать и оценивать правовой объект определенным образом и действовать в отношении него с этой оценкой. При этом правовая установка может быть абстрактной (имеется в виду общая предрасположенность, готовность выполнять любые правовые нормы) и конкретной (под которой понимается существующая в реальной жизненной ситуации установка на определенный, юридически значимый поступок). В обеспечении правомерного поведения, по мнению автора, важную роль играет именно оценочно-установочный комплекс (отношение к праву и правовая установка-ориентация). Правовая установка понимается как предрасположенность человека как личности определенным образом воспринимать и оценивать правовые явления и готовность в соответствии с этим действовать при наличии необходимой ситуации. Правовая установка может нацеливать как на правомерное, так и на противоправное поведение. Очевидно, что в процессе целенаправленного обучения необходимо формировать прочные установки на правомерное решение правовых и жизненных ситуаций [Ратинов, 1988].

Как показывает обзор литературы, теоретическая проблема, посвященная исследованию **правовых ориентаций**, еще не стала предметом специального исследования: не сформировалась методологическая и категориальная структура его понятийного аппарата. Одни ученые рассматривают ее составляющие

с позиции структурных компонентов, определяя при этом право как систему норм, выражающих государственные установки [Алексеев, 2009], правосознание как сферу духовного отражения всей правовой действительности (Г.Х. Ефремова, И.А. Ильин, В.И. Каминская, П.И. Новгородцев, А.Р. Ратинов, 1998), нравственность как внутренний регулятор правомерного поведения (В.С. Олейников, А.И. Сорокина, 2010).

В своей совокупности эти работы имеют важное теоретическое и практическое значение, однако в указанных работах не ставилась задача исследовать именно психологические аспекты формирования **правовых ориентаций**.

Мы разделяем точку зрения о том, что правовые ориентации являются видом интеллектуально-познавательной и практически-преобразующей деятельности личности, когнитивные возможности которой обуславливают понимание того, что правовое мышление, правосознание, правовые представления и установки определяют специфику противоправного и правомерного поведения.

Правовые ориентации формируются как целенаправленно, так и в процессе социализации личности, которая способствует включению в нормативную систему личности тех ценностей, которые охраняются правом. Данная ценностно-нормативная система составляет основу правовых ориентаций личности.

Правовые ориентации структурно включают в себя совокупность правовых представлений, убеждений, чувств, мышления о праве, что предполагает наличие правовых знаний и юридической информации. Информированность является каналом формирования юридически зрелой личности; готовность действовать, руководствуясь правовыми знаниями и убеждениями, то есть поступать правомерно – в соответствии с законом: использовать свои права, исполнять обязанности, соблюдать запреты, а также уметь отстаивать свои права в случае их нарушения.

Правовые ориентации имеют базисный компонент – правовую идеологию, которая является отражением правовой действительности в форме систематизированных взглядов, идей, принципов, понятий, суждений, осуществляемое на рациональной основе, то есть связанное с логическим мышлением и его формами. В то же время сопровождают правовое настроение, которое может побуждать людей к правовой деятельности, соблюдению права или приводят к его нарушению. В процессе этой деятельности накладываются существенный отпечаток на все поведение. У каждого человека имеются определенные представления о праве, правосудии, законности, преступлении, наказании, что имеет важное значение для реализации норм права.

Знание, восприятие и осознание права личностью является условием ее правовой ориентации. Уровень активности личности зависит от того, считает ли индивид право социальной ценностью или видит в нем то, что ограничивает его свободу. Значит, от уровня сформированности правовых ориентаций зависит уровень правовой активности личности [Шорохова, 1974].

Формирование правовых ориентаций личности заключается не только

в получении знаний и понимании права, но и в формулировании суждений о нем как о социальной ценности. Преобразование социальных качеств на основе правового опыта выступает как важная составная часть формирования личности.

В правовых ориентациях заложено отношение к праву, которое зависит от оценки личностью прав, свобод, обязанностей, предполагающей сопоставление правовых норм с собственными потребностями, интересами, мотивами, целью и правовой установкой. В соответствии с этими потребностями и интересами человек либо сознательно согласует поведение с обозначенным правовым образцом, либо совершает внешне правомерные действия, но не опирающиеся на внутреннюю мотивацию, либо отклоняется от предлагаемого правовой нормой варианта поведения. Позитивная установка предлагаемого нормой поведения также лежит в основе правомерных поступков и определяет характер поведения личности в сфере права.

Правовые ориентации рассматриваются с психологической точки зрения как источник правовой активности личности и отражение его правового поведения. Проблема формирования правовых ориентаций, изучения ее реального уровня, состояния и содержания относится к числу ключевых научных направлений психологии. С ее решением связаны задачи укрепления законности и правопорядка, повышения эффективности деятельности личности, постижение психологических механизмов социального взаимодействия людей как познание движущих сил и внутренних регуляторов юридически значимого поведения.

Литература

- Алексеев С.С. Государство и право. – М.: Проспект, 2009, с. 152-157.
- Баранов П.Л., Русских В.В. Актуальные проблемы теории правового сознания, правовой культуры и правового воспитания. – Ростов-на-Дону: изд. РГУ, 1999, с. 26-37.
- Гранат Н.Л. Правосознание и правовое воспитание // Общая теория государства и права / Под ред. М.Н. Марченко. – М.: ПРАВО, 2001, с. 72-79.
- Жалинский А.Э. Мысль остается живой // Российский криминалистический взгляд, 2008, № 2, с. 45-47.
- Емельянова Т.П. Конструирование социальных представлений в условиях трансформации российского общества. – М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2006. – 400 с.
- Есикова Т.В. Психологические особенности формирования правовых представлений и понятий // Психология образования: психологическое обеспечение «Новой школы» (Москва, 27–29 января 2010 г.) // Мат-лы V Всерос. научно-практич. конф. – М.: Общероссийская общественная организация «Федерация психологов образования России», 2010, с. 209-212.
- Ильин И.А. О сущности правосознания. – М.: МГПУ, 1993, с. 18-24.
- Кузнецов И.А., Михайлов М.В., Хабибуллин А.Г. Формирование правовой культуры в период становления гражданского общества в России: монография / Под общ. ред. проф. А.Г. Хабибуллина. – Уфа: БАГСУ, 2005. – 232 с.
- Мальцев Г.В., Носов С.И. Факторы в юридических нормах: природа, форма правления, проблема устранения // Право и образование, 2009, № 1, с. 4-12.
- Минияров В.М. Программа психологического сопровождения образовательного учреждения: предупреждение асоциального поведения (для педагогов-психологов). – Самара: изд. СГПУ, 2007, с. 27.
- Нерсесянц В.С. Философия права. – М.: Норма, 2009. – 848 с.

Сорокина А.И. Формирование когнитивных составляющих правосознания студентов. – Уфа: Изд-во БГПУ, 2009. – 169 с.

Сорокина А.И. Ценностно-смысловые ориентации личности на основе правовых знаний // Инновационные подходы в обучении: материалы научно-практической конференции 13 января 2010 г. – Уфа: Вагант, 2010, с. 11-15.

Ратинов А.Р., Ефремова Г.Х. Правовая психология и преступное поведение. – Красноярск: КГПУ, 1988, с. 67-91.

Шорохова Е.В. Психологический аспект проблемы личности // Теоретические проблемы психологии личности / Отв. ред. Е. В. Шорохова. – М.: Наука, 1974, с. 45-47.

Юридическая психология: Сборник научных трудов. – М.: Право, 1998. – 118 с.

ХРОНИКА

Л.Н. Карлин, И.Н. Самусевич, А.И. Угрюмов

СЛАВНАЯ ИСТОРИЯ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА



Российский государственный гидрометеорологический университет (РГГМУ) – ведущий вуз современной системы высшего гидрометеорологического образования России и перспективный лидер мировой высшей школы в данной области. В 2010 г. РГГМУ отмечает большой юбилей – 80 лет со дня основания.

На пути к созданию высшей школы гидрометеорологов

Прежде чем научное сообщество пришло к идее образования высшего учебного заведения гидрометеорологического профиля, был пройден длинный и тернистый путь. Окружающая природная среда и происходящие в ней процессы интересовали людей с глубокой древности. Так получилось, что атмосфера первой из земных оболочек привлекла к себе внимание древних ученых, и не случайно. Дело в том, что атмосфера наиболее доступна для наблюдений человеком, даже не располагающим никакими приборами. Кроме того, именно в ней зарождается большинство опасных природных явлений, которые затем провоцируют возникновение стихийных бедствий и на море и на суше.

Первой книгой, в которой была предпринята попытка систематического описания физических процессов в атмосфере, принято считать трактат великого энциклопедиста древних греков Аристотеля (384–322 гг. до н.э. под названием

«Метеорологика». С высоты современных знаний обнаружатся многие погрешности в рассуждениях ученого, но, тем не менее, бесспорны и многие его открытия, например, гидрологического цикла, который и сейчас является основой исследований в гидрологии или связи характера погоды с направлением ветра, являющейся началом современной синоптики. Но в истории научного познания наступают моменты, когда старые теории должны уступить место новым. Случилось это через 20 веков после появления знаменитого трактата Аристотеля.

Возникновение в 17 веке физики как точной науки, основанной на наблюдениях и анализе, стало истоком подлинно научной метеорологии. Новой физической наукой заинтересовался великий русский гений 18 века, основатель практически всех естественнонаучных исследований в России М. В. Ломоносов, в том числе и физики атмосферы. Ломоносова также можно назвать пионером российской экспериментальной метеорологии, – именно ему принадлежат изобретения ряда геофизических инструментов и приборов: гравиметры, термометры, ртутные барометры, анероиды и даже «аэродинамическая машина» – прообраз вертолета для изучения верхних слоев атмосферы.

Однако долгое время ни в России, ни за рубежом, не было специальных учебных дисциплин, они лишь входили в университетские курсы физики. Только в 1810 г. в России появился первый специализированный учебный материал по метеорологии в учебнике профессора Московского университета П.И. Страхова «Краткое начертание физики». Спустя 31 год выходит в свет первый на русском языке учебник, посвященный исключительно метеорологии, принадлежащий перу профессора физики Дерптского университета Л. Ф. Кемца.

Постепенно метеорология в вузах России неуклонно развивалась, приближая дату признания метеорологии не как прикладной науки, а фундаментальной. В течение всего 19 века последовательно развивалась практическая база для обучения студентов гидрометеорологии – при всех крупных университетах и ряде других высших учебных заведений России были основаны метеорологические обсерватории, многие из которых действуют до сих пор. Первым здесь был Московский университет, в котором неутомимый энтузиаст П.И. Страхов начал наблюдения в 1808 г. В 1812 г. открывается метеообсерватория Казанского университета. Начиная с 1830 г., метеорологические наблюдения велись в новой астрономической обсерватории Московского университета на Пресне. А в 1834 г. академик А.Я. Купфер организует в Петербурге Нормальную магнитную и метеорологическую обсерваторию, ставшую эталоном для развернутой впоследствии сети метеорологических станций России. Еще несколько обсерваторий были открыты в Москве, Томске и Одессе. Таким образом, к концу 19 столетия в России была создана теоретическая и практическая основа для выпуска специалистов-гидрометеорологов. А их все не было – университеты по-прежнему выпускали только физиков и географов.

Между тем, новая наука не стояла на месте и продолжала развиваться и все больше возникала необходимость в грамотных и дипломированных специали-

стах. К тому же гидрометеорология все это время держалась лишь на инициативе подвижников и энтузиастов, пусть даже окончивших университеты, – нужны были квалифицированные кадры с базовым гидрометеорологическим образованием, как в науке, так и на сети.

Переломным моментом послужила Первая мировая война, когда в 1915 г. по инициативе Б.Б. Голицына было сформировано Главное военно-метеорологическое управление. Такой потребности в специализированных кадрах метеорология еще не знала, поэтому в авральном режиме начали заполнять управление специалистами из существующих обсерваторий. Уроки Первой мировой не прошли даром. Отгремели две революции и Гражданская война, и уже в 1921 г. В.И. Ленин, председатель Совета Народных Комиссаров РСФСР, подписывает декрет об организации метеорологической службы. Но главным государственным научным органом оставалась Главная геофизическая обсерватория, которая была подчинена Народному Комиссариату Просвещения. Еще в 1921 г. был подготовлен проект постановления Совета Труда и Оборона об обеспечении метеорологических учреждений, в котором среди прочих содержался пункт о создании высшего специального учебного заведения – Геофизического института. Однако в связи с быстрыми политическими преобразованиями в стране создание первого в России гидрометеорологического вуза было отложено. Когда в 1922 г. был образован СССР был поставлен вопрос о создании метеорологической службы. Так в 1929 г. на Метеорологическом съезде было принято решение о создании Единой гидрологической и метеорологической службы Советского Союза. В развитие этого постановления был также образован Гидрометеорологический комитет при Совете Народных Комиссаров. И когда была проведена полная организация действенной структуры управления гидрометеорологической наукой остро встал вопрос об организации централизованного обучения высшего звена специалистов-гидрометеорологов для обеспечения кадрами всего Советского Союза.

В те довоенные годы время было отнюдь не лёгким и безоблачным. Этот период характеризовался коренными преобразованиями в жизни нашей страны. Освоение северного морского пути, строительство гидроэлектростанций, развитие рыболовства и морского транспорта чрезвычайно повысили требования к метеорологическим данным, и остро поставили вопрос о расширении гидрометеорологических и океанологических исследований. В результате повышенной необходимости в подобных специалистах в **1930 г.** в Москве Постановлением Центрального исполнительного комитета и Совета народных комиссаров СССР (приказ № 237 от 23 июля 1930 г.) был организован Московский гидрометеорологический институт, сформированный на базе Геофизического отделения физического факультета и гидрологического отделения геологического факультета Московского государственного университета (рис. 1).

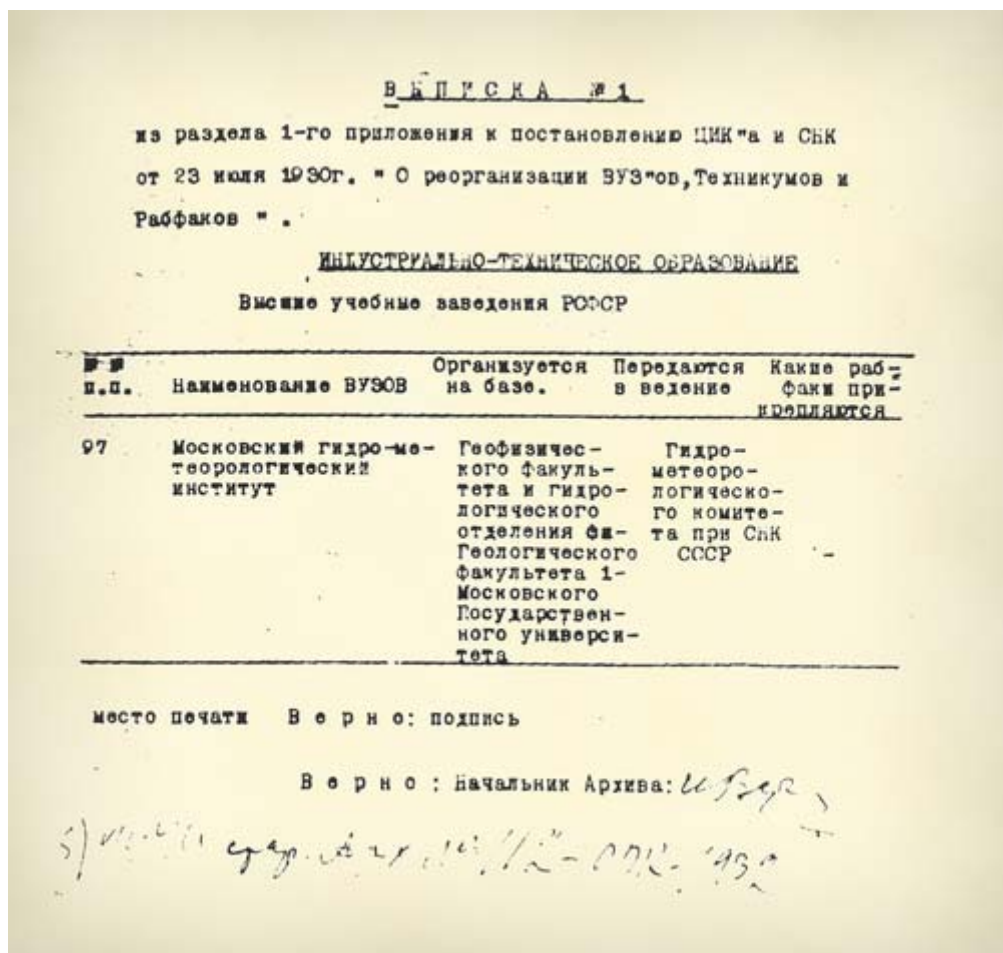


Рис. 1. Постановление Центрального исполнительного комитета и Совета народных комиссаров СССР (приказ № 237 от 23 июля 1930 г.) об организации Московского гидрометеорологического института

Путь развития Московского гидрометеорологического института

Основание Московского гидрометеорологического института имеет интересную историю. Оно не было простым актом больших руководителей, осознавших необходимость и своевременность сделанного шага...

В начале 1930 г. на физическом факультете МГУ обсуждался вопрос о создании геофизического отделения факультета, за открытие которого активно выступала так называемая «Студенческая фракция» Ученого совета факультета. В ее состав тогда входили студенты, известные впоследствии ученые: И.Г. Петровский, будущий ректор МГУ и В.А. Белинский, ставший признанным авторитетом в области общей и динамической метеорологии. В результате бурных де-

батов весной 1930 г. все же состоялся прием первых студентов на открытое геофизическое отделение (ГО). Но это, оказывается, было только начало. «Студенческая фракция», которую поддерживал руководитель ГО И.И. Месяцев, добились тогда, казалось, совсем невероятного, приема у самого наркома просвещения А.С. Бубнова. Студенты предложили ни много, ни мало, преобразовать геофизическое отделение МГУ в самостоятельный учебный институт по гидрометеорологии. Не задолго до этого знаменательного события нарком ознакомился с докладом начальника Единой Гидрометслужбы СССР А.Ф. Вангенгейма о задачах и дальнейшем развитии гидрометеорологии, который опирался на концепцию академика В.И. Вернадского. Совпадение мнений руководителей крупных государственных структур и будущих строителей новой науки послужило серьезным толчком к образованию единственного в мире гидрометеорологического вуза 23 июля 1930 г. Именно эту дату и следует считать временем рождения нашего нынешнего Российского государственного гидрометеорологического университета (РРГМУ).

Перед новым институтом сразу поставили целый ряд очень больших задач – по первоначальному статусу он был не просто вузом, а комплексным учебным комбинатом. В его состав входило дневное отделение (два факультета: гидрологический и метеорологический), гидрометеорологический техникум и рабочий факультет (рабфак). Кроме того, в обязанности МГМИ входило проведение курсов повышения квалификации для специалистов-практиков, работавших в системе Гидрометслужбы СССР, а в 1937 г. было организовано заочное отделение. Очень скоро техникум стал самостоятельным учебным заведением. Остальные же направления деятельности сохранились на многие десятилетия жизни вуза, за исключением рабфака, закрытого еще до войны.

В первые годы своего существования институт располагался в здании обсерватории Московского университета на Красной Пресне. Двухэтажное здание было небольшим, именно поэтому первый набор студентов осенью 1930 г. составил всего 20 человек. В дальнейшем учебный процесс постоянно сопровождался расширением здания. Так через пять лет численность студентов удалось довести до 500, а к 1940 г. она составила уже 1000 человек (рис. 2).

В институте были собраны наиболее известные ученые в области гидрометеорологической науки того времени: В.В. Шулейкин, Н.Н. Зубов, В.А. Великанов, Б.П. Орлов, А.Ф. Дебюк, А.И. Аскназий, Е.В. Близняк, А.Х. Хргиан, А.Ф. Вангенгейм, М.В. Келдыш, М.А. Лаврентьев, А.Н. Тихонов, Н.Е. Кочин, Н.А. Багров, С.Т. Пагава, А.Д. Добровольский, С.П. Хромов и другие. Но им тоже пришлось учиться – учиться преподавать, создавать новые программы обучения и новые учебники – ведь опыта единого гидрометеорологического образования нигде в мире не было. Объем этих работ явно превосходил возможности небольшого по тому времени преподавательского коллектива. Но, благодаря энтузиазму и необыкновенной энергии, новый вуз быстро рос и набирал силы, увеличивалось количество преподавателей и студентов.



Рис. 2. Объявление о наборе студентов в Московский гидрометеорологический институт (1938 г.)

С самого начала формировались учебные и научные лаборатории, без которых учебный процесс немыслим. Первыми из них были лаборатории физики моря, гидравлики, метеорологии, физики и химии. Создавались и учебные кабинеты: синоптики, метеорологии, учебное бюро погоды, океанологии, гидрометрии, гидропрогнозов, геологии и т. п. Были созданы первые учебные планы, программы, оборудованы лаборатории физики моря, гидравлическая, химическая. Главной задачей являлось обеспечение учебного процесса современными программами и учебниками. И здесь нельзя не поражаться тому, как всего за 5–7 лет преподаватели МГМИ сумели создать тот золотой фонд учебников, который служил многим поколениям преподавателей и студентов, и специалистов-гидрометеорологов еще несколько десятилетий спустя.

Фактически на пустом месте специалисты института на многие годы, до сегодняшнего дня очертили контуры новой науки и наполнили ее содержанием. С первых дней существования института в нем широко развернулись научные исследования, начались дальние научные походы, сформировались научные школы, возглавляемые такими крупными учеными, как: Б.П. Алисов, М.А. Великанов, В.А. Аполлов, Б.В. Близняк, С.И. Нибольсин и другие. Результаты исследований стали публиковаться в трудах института, первый выпуск которых, вышел в 1939 г. под редакцией В.Г. Трупикова. А в 40-м году вышел второй сборник под редакцией С. П. Хромова, в котором публиковались исключительно результаты дипломных проектов. В след за ними последовали многочисленные другие статьи бывших студентов, которые принесли их авторам впоследствии ученые звания и научные степени.

Таким образом, именно в Московском гидрометеорологическом институте была заложена основа формирования гидрометеорологии как самостоятельной геофизической науки в нашей стране.

1941 г. все ждали с нетерпением: заканчивались работы по строительству нового корпуса, что позволило бы в дальнейшем расширить экспериментальные исследования. Но вместо радости этот год принес страшную трагедию, затянувшуюся на 4 года. В августе 1941 г. институт реорганизуют в Высший Военный гидрометеорологический институт Красной Армии, который стал готовить офицерские кадры для фронта (рис. 3).

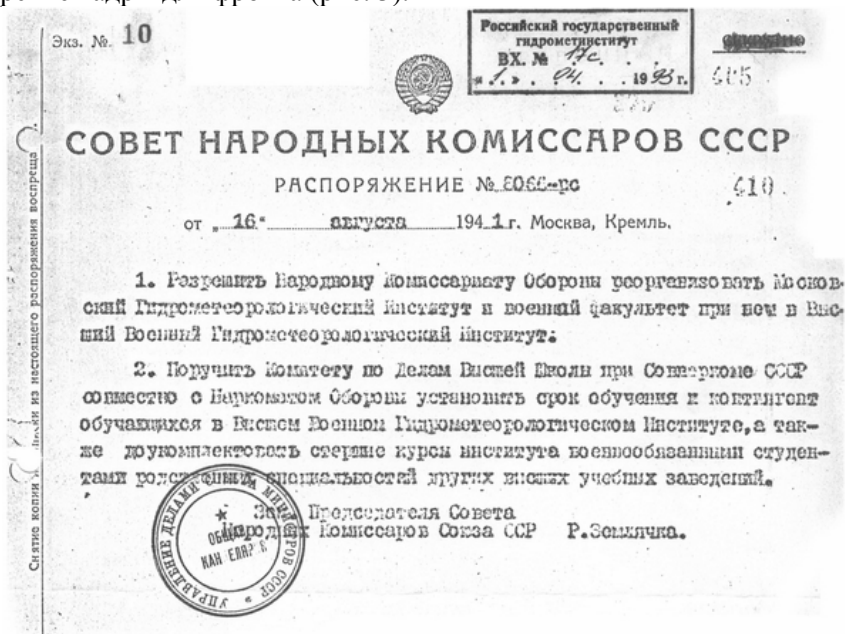


Рис. 3. Распоряжение о реорганизации Московского гидрометеорологического института в Высший Военный гидрометеорологический институт (август 1941 г.).

Осенью 1941 г. институт эвакуировали в Среднюю Азию в город Ленинабад (ныне город Хужанд). Азиатский период жизни института был не просто временем интенсивной подготовки военных гидрометеорологов, но и целой эпохой совершенствования учебных дисциплин ведущими учеными страны и выпуска потом на этой основе фундаментальных учебников, определивших лицо российской гидрометеорологии на многие и многие годы. Благодаря энергии личного состава там быстро наладилась учебная работа: в институт призывались студенты родственных вузов.

Институт в Ленинабаде продолжал расти и начал выпускать большое количество военных инженеров-гидрометеорологов. С 1941 по 1944 г. институтом было выпущено более 600 специалистов и все они отправлялись на метеостанции батальонов аэродромного обслуживания и в метеобюро при штабах ВВС фронтов и армии.

Когда были остановлены и разбиты немецкие войска под Москвой, началась эвакуация института, и в июле 1943 г. работа уже закипела в столице. Настал ноябрь 1944 г., и неожиданно для всех пришло указание о переводе института в Северную столицу. Неотложные обстоятельства диктовали срочный переезд института в Ленинград. И это было тяжелым временем в жизни вуза, поскольку только что обосновавшийся на новом месте институт мог растерять и преподавательский состав, и учебную и материально-техническую базу. И действительно многое из этого было утеряно, но и приобретено немало – с 1944 г. институт живет и развивается в лучшем городе Земли – в Ленинграде – Санкт-Петербурге. Это стоило всяких потерь.

1945 г. отмечен в хронологическом календаре как год Великой победы над фашизмом. Свой вклад в нее внесли выпускники гидрометеорологического института. Метеорологи обеспечивали боевые действия авиации и артиллерии, гидрологи – знаменитую Дорогу Жизни, к Ладоге, обеспечивали переправы в ходе боевых действий через водные преграды, океанологи помогали флоту.

В историю вуза этот год вошел как год реорганизации института в Ленинградский гидрометеорологический институт (ЛГМИ). С этого момента началась новая, уже ленинградская история вуза. В эти годы институт преодолевал все тяготы послевоенного времени. Большая часть ведущих преподавателей осталась в Москве. Помогло то, что в Ленинграде в то время находилось несколько ведущих учреждений гидрометеорологического профиля. Их специалисты были привлечены к педагогической работе. Традиция комплектования преподавательского корпуса из специалистов высокого класса в университете всегда приветствовалась, что позволило в ЛГМИ создать мощную методическую базу гидрометеорологического образования для высших учебных заведений страны, в которых готовятся специалисты гидрометеорологического профиля. В 1957 г. ЛГМИ покинул обжитый корпус на набережной Макарова и переехал в здание, проектируемое как Дом Культуры на Малоохтинский проспект, дом 98, где и сейчас находится первый корпус университета. В первый период ленинградской

истории вуза новое поколение специалистов воспитывали такие выдающиеся деятели науки, как: Л.С. Гандин, М.И. Юдин, А.С. Зверев, А.А. Гирс.

В 1969 г. у института появился второй учебный корпус на проспекте Металлистов, дом 3.

60-е годы прошлого столетия отмечены повышенным интересом к изучению океанов, проведением исследований по международным геофизическим программам, вводом в строй целой серии самых современных отечественных научно-исследовательских судов, выполнением планомерных исследований полярных областей. Возросшая потребность в специалистах океанологического профиля заметно увеличила с 1966 г. прием студентов на океанологическую специальность. Теперь гидрологический факультет не справлялся с потоком желающих стать океанологом, чем и было обусловлено создание в 1970 г. океанологического факультета. Так в научно-педагогической семье ЛГМИ появилось прибавление.

Не менее важная научно-исследовательская работа, направленная на решение важнейших проблем гидрологии, проводится на гидрологическом факультете, основанном в 1930 г. Специалистов-гидрологов в современном понимании гидрология суши в то время не существовало нигде в мире, в том числе и в СССР. Все организаторы факультета были по образованию гидротехниками. Например, первым деканом факультета стал Е.В. Близняк, известный как начальник проектно-изыскательных работ при строительстве Волго-Донского судоходного канала.

Спустя несколько десятилетий, кафедрами факультета заведуют заслуженные деятели науки, среди которых профессор Д.Л. Соколовский – лауреат Государственной премии, известный советский гидролог, основоположник гидрологии суши, профессор М.А. Великанов, профессор Б.В. Проскуряков, профессор В.А. Бахтиаров, и многие другие. Возобновляется работа кафедры динамики русловых потоков, образуются кафедра гидрогеологии, специализирующаяся в области подземных вод и кафедра гидрохимии (первая кафедра в учебных заведениях Советского Союза), обеспечивающая подготовку специалистов в области химии атмосферы и химии океана. Научные разработки метеорологического факультета сосредоточились на методах прогноза синоптической ситуации и усовершенствовании способов прогноза отдельных элементов погоды. Начинается подготовка специалистов по гидродинамическим прогнозам погоды. В 80-х годах в ходе структурной перестройки на метеорологическом факультете образуются две новые кафедры, где начинают готовить специалистов-измерителей по направлениям: «авиационная метеорология», «загрязнение атмосферы и охрана атмосферного воздуха» и «информационно-измерительные системы в метеорологии».

В 2010 г. юбиларом является и военная кафедра. Практически сразу после вынесения Постановления об образовании МГМИ было принято решение об организации в вузе вневойсковой подготовке. С нового 1930-го учебного года

при институте начались занятия по высшей вневойсковой подготовке (введенной Правительством в 1926 г.). Должность военного руководителя занимал генерал-майор генерального штаба царской армии, военспец, председатель советской военной комиссии в период Брестских переговоров, командующий 6-й отдельной армией Северного фронта в период гражданской войны, комбриг (впоследствии генерал-майор авиации) А. А. Самойло, который занимал эту должность в Московском университете с 1926 г. и перешёл в отделившийся от университета МГМИ. Студенты гидрологического факультета по военному профилю готовились инженерами-саперами, а студенты метеорологического факультета – по своей метеорологической специальности – инженерами метеорологической службы ВВС.

На основании директивы Народного Комиссара обороны № УН5/104869 от 14.08.1938 г. военное отделение при МГМИ было реорганизовано в военный факультет при МГМИ. Это позволило расширить контингент слушателей, и многие студенты-юноши перешли с гражданских факультетов на военный.

Стоит отметить, что начиная с послевоенного периода и по настоящее время военную подготовку закончили и получили звание офицера запаса более 6000 человек. Из них в Вооруженные Силы сроком на 2 года было призвано более 600 человек. Многие в дальнейшем связали свою судьбу с Вооруженными Силами...

В конце 80-х – начале 90-х годов, несмотря на сложную политическую и экономическую ситуацию в стране, институт продолжает свою деятельность, развиваясь и расширяя спектр стратегических партнеров. В 1989 г. стратегическим партнером института становится Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). Отношения между Росгидрометом и вузом строятся на основе Договора, заключенного в 1989 г. и в последующем продлеваемого каждые 5 лет. В рамках этого договора предусматривается целевая подготовка кадров для Росгидромета и проведение научных исследований в целях повышения эффективности гидрометеорологического обеспечения экономики РФ. В партнерстве с университетом участвуют также научно-исследовательские и оперативные организации Росгидромета: Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт, Государственный гидрологический институт, Главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова, Государственный океанографический институт, территориальные управления Росгидромета.

В 1992 г. на базе Российского государственного гидрометеорологического университета приказом Комитета по высшей школе Миннауки России № 711 от 25.11.92 г. создается учебно-методическое объединение (УМО) по образованию в области гидрометеорологии. Налаженная тесная кооперация вузов УМО позволила выиграть несколько грантов по программам «ТАСИС-ТЕМПУС» и Минобрнауки. Результатом работы по этим грантам стали подготовленные об-

разовательные стандарты по новому направлению «Прикладная гидрометеорология» (бакалавр, магистр).

1994 г. отмечен важным событием в жизни института. У вуза появляется важный стратегический партнер – Всемирная метеорологическая организация (ВМО), объединяющая в себе практически все государства мира. В соответствии с соглашением между Правительством РФ и ВМО вузу был придан статус Регионального метеорологического учебного центра ВМО. Благодаря образованию Центра в университете ежегодно обучаются около 300 студентов из различных стран мира. При этом университет выполняет обязательства РФ перед ВМО в рамках Программы добровольного сотрудничества. Совместно с ВМО университет систематически проводит обучающие семинары, конференции для преподавателей-гидрометеорологов и молодых исследователей, закрепляя тем самым ведущую роль в мире университета в области гидрометеорологического образования.

В 1998 г. институт получает статус университета и по настоящее время носит гордое название – Российский государственный гидрометеорологический университет (РГГМУ). Эта новая страница истории университета принесла положительные результаты в дальнейшее развитие и процветание вуза. Университет стал расширяться. В сентябре 2000 г. на базе Туапсинского гидрометеорологического техникума открывается первый филиал университета. Второй филиал был открыт спустя год на базе Ростовского техникума открывается филиал университета, что позволило на практике воплотить концепцию непрерывного гидрометеорологического образования.

Теперь помимо постоянного совершенствования в области гидрометеорологического профиля, вуз начал подготовку профессионалов по смежным специальностям. В 1994 г. в университете заработал факультет экологии и физики природной среды, который проводит успешную подготовку молодых кадров в области экологии. Дефицит специалистов по информационным технологиям и информационной безопасности на рынке труда стал рычагом для создания в 1999 г. на океанологическом факультете кафедры «Морские информационные технологии» для подготовки морских инженеров по специальности «Морские информационные системы и оборудование». В 2000 г. на кафедре была открыта новая специальность – «Информационная безопасность телекоммуникационных систем». В 2003 г. открывается экономический и социально-гуманитарный факультет. Здесь начинают готовить специалистов экономического профиля и «PR»-специалистов с высшим образованием в экономических и социально-гуманитарных областях знаний. При этом университет старается не потерять свою специфику. Все вновь открываемые специальности реализуются со спецификой в области наук о Земле: не экономика, а экономика природопользования, не информационная безопасность, а безопасность гидрометеорологических сетей и т.д.

Важным стратегическим партнером университета становится ЮНЕСКО и Межправительственная океанографическая комиссия (МОК) ЮНЕСКО. В результате университет входит в университетскую сеть ЮНЕСКО, реализующую совместные образовательные программы различного уровня по направлению «Комплексное управление прибрежными зонами». Эта сеть объединяет ведущие Университеты Европы. Начиная с 1993 г. вуз принимает участие в международном проекте Межправительственной океанографической комиссии ЮНЕСКО «Плавучий университет» и возглавляет Балтийскую компоненту этого проекта – «Балтийский плавучий университет» (БПУ). **В 2006 г.** в университете создается кафедра МОК-ЮНЕСКО «Дистанционные методы и моделирование в океанографии». РГГМУ также участвует в крупнейшем международном образовательном проекте «Эразмус-Мундос», направленном на теснейшую кооперацию Университетов путем реализации совместных образовательных программ и развития академической мобильности.

В 2006 г. университет подписал Великую хартию вольности или «Магна-карту». Подписывая хартию, университеты подтверждают свою принадлежность к академическому содружеству, преодолевающему политические и социальные барьеры и формирующему принципы объединения Европы в общество, которое предоставляет всем гражданам необходимые права и свободы. Таким образом, гидрометеорологический университет вошел в семью передовых европейских университетов.

В 2009 г. РГГМУ был включен в реестр Торгово-промышленной палаты Российской Федерации. Достижения университета в области развития гидрометеорологического образования и научных исследований позволили вузу пройти сертификацию и получить свидетельство, подписанное Президентом Торгово-промышленной палаты РФ Е. Примаковым.

Одним из первых в России РГГМУ перешел на многоуровневую систему высшего гидрометеорологического образования, которая признана в большинстве стран и является одним из важнейших шагов к узнаваемости диплома университета в мировом научно-образовательном сообществе.

В 2010 г. университет вошел в число 54 ведущих вузов Российской Федерации и одним из двух вузов Санкт-Петербурга, участвующих в эксперименте по государственной поддержке предоставления льготных образовательных кредитов студентам вузов в период с 15 июня 2010 г. по 31 декабря 2013 г.

В настоящее время университет остается единственным высшим учебным заведением гидрометеорологического профиля в России, собравшего 7 факультетов, несколько Научных центров и Институтов. За весь период своего существования университет выпустил свыше **40 000** специалистов высшей квалификации. В вузе одна из лучших и уникальных в России библиотек, военная кафедра, взрастившая более 5000 военных гидрометеорологов, центр здоровья, база отдыха и учебная база в поселке Даймище и на острове Валаам. В вузе ежегодно обучается более 5500 российских и зарубежных студентов, аспиран-

тов и докторантов. Учебный процесс обеспечивают свыше 250 преподавателей, в том числе 70 докторов наук и профессоров. По последним официальным данным Министерства образования и науки РФ РГГМУ находится в числе лучших и востребованных среди российских вузов. В реализации научных и культурно-просветительских традиций университета важная роль отведена издательству РГГМУ, которое ежегодно выпускает свыше 100 наименований учебной, научной, научно-художественной и справочной литературы.

Гидрометеорологический университет служит также признанной школой повышения квалификации кадров. Ежегодно в РГГМУ проходят курс переподготовки более 1000 преподавателей и сотрудников предприятий, учреждений и вузов. Организацией этой работы занимается факультет повышения квалификации.

Последние годы отмечены крупными научными достижениями РГГМУ. Университет выполнял научные работы по заказам Правительства Санкт-Петербурга, Министерства обороны, Министерства природных ресурсов, Министерства науки и образования, Министерства экономического развития, Российской Академии наук, Министерства чрезвычайных событий, Росгидромета и многих других. Результаты мирового уровня были получены в разработке инновационных методов гидрометеорологических прогнозов, моделировании природных процессов, охраны окружающей среды, а также в области экономики и управления народным хозяйством.

В заключение стоит отметить, что РГГМУ – это уникальный вуз, где отчаянные романтики всегда могли реализовать свою мечту о далеких морях, океанских глубинах и экстремальных условиях полярных регионов, участвуя в различных гидрологических и океанологических экспедициях, а прагматично настроенные особы получить хорошее фундаментальное образование, как по традиционным специальностям, так и достаточно новым – гуманитарным и экономическим. За 80 лет славной истории университет стал популярным и узнаваемым не только в России, но и в мире.

Нам есть что вспомнить и есть чем гордиться!

АРКАДИЮ ПАВЛОВИЧУ АЛЕКСЕЕВУ – 85 ЛЕТ!

18 декабря 2009 г. на торжественном заседании сотрудников и ветеранов Океанологического факультета был отмечен 85-летний юбилей Аркадия Павловича Алексева – первого выпускника Ленинградского гидрометеорологического института по специальности «инженер-океанолог» (выпуск 1950 г.).

Этого человека знают ВСЕ выпускники Океанологического факультета РГГМУ последних двадцати лет. Каждый, кто докладывал содержание своей дипломной работы (или проекта) Государственной Аттестационной комиссии (ГАК), помнит ее председателя – то строго следящего за регламентом, то задающего «неудобные» для студента вопросы, но всегда настроенного созидательно-доброжелательно. Вот уже два десятилетия эту почетную и ответственную роль исполняет кандидат географических наук, заместитель председателя Научно-консультативного Совета по биоресурсам Мирового океана Межведомственной Ихтиологической комиссии Аркадий Павлович Алексеев. В декабре 2009 г. Аркадию Павловичу исполнилось 85 лет.

Аркадий Павлович Алексеев родился 5 декабря 1924 г. Участник Великой Отечественной войны, имеет боевые награды. На фронт ушел, не окончив школу, и получил диплом о среднем образовании только после войны – вместе с Золотой медалью. Поступив в Ленинградский гидрометеорологический институт, в 1950 г. окончил его в составе первого выпуска инженеров-океанологов. Дипломный проект А.П. Алексева был посвящен изучению связей от-

дельных этапов жизненного цикла «мурманской» сельди с океанографическими условиями в Баренцевом море – фактически это был первый проект промысловой направленности, защищенный в ЛГМИ. Затем была успешная аспирантура в Ленинградском университете на кафедре Океанологии Географического факультета под руководством профессора В.Ю. Визе. После защиты диссертации в 1953 г. А.П. Алексеев был распределен в Мурманск, в Полярный научно-исследовательский институт Рыбного хозяйства и океанографии (ПИНРО), в котором проработал 20 лет, из них последние 12 – в качестве директора.

Научные контакты с ЛГМИ А.П. Алексеев не прерывал все последующие годы после окончания Океанфака. Установлению тесных связей между наукой вузовской (ЛГМИ) и прикладной (ПИНРО) способствовало начавшееся в середине 1950-х годов стремительное развитие кафедры Океанологии ЛГМИ, которую возглавил Всеволод Всеволодович Тимонов. В период Международного геофизического года и Международного геофизического сотрудничества (1957–1959) океанологи ЛГМИ и ПИНРО активно участвовали в совместных экспедиционных исследованиях. «Схема постоянных течений Норвежского и Гренландского морей», полученная А.П. Алексеевым совместно с Б.В. Истошиным и изданная в 1956 г., используется до настоящего времени и считается одной из наиболее достоверных. Начиная с 1965 г., более полувека сотрудники ЛГМИ и ПИНРО вместе разрабатывают методы долгосрочных и сверхдолгосрочных прогнозов тепловых условий в Баренцевом и Норвежском морях. При этом в ПИНРО прошли производственную практику многие студенты ЛГМИ-РГГМИ-РГГМУ, связавшие в дальнейшем свою жизнь с промыслово-океанографическими исследованиями в северных морях.

Возвратившись в Ленинград в 1974 г., Аркадий Павлович возглавил Ленинградское отделение Межведомственной Ихтиологической комиссии. Одновременно он подготовил и читал студентам – океанологам ЛГМИ курс лекций, знакомящий их с морехозяйственным комплексом и его потребностями в океанологическом обеспечении, а также первую программу по курсу промысловой океанологии. А.П. Алексеев является бессменным организатором и участником многочисленных международных и всесоюзных (позже – всероссийских) конференций в области промысловой океанологии, в частности – Международной Конференции по промысловой океанологии, XIV-е заседание которой состоялось в 2008 г.

Аркадий Павлович Алексеев является Почетным членом Русского Географического общества, членом Президиума Центрального совета Гидробиологического общества РАН, активно работает в Межведомственной Ихтиологической комиссии в научно-консультационном совете по биоресурсам Мирового океана и секции промысловой океанологии.

Юбилей Аркадия Павловича Алексеева был отмечен на торжественном заседании Океанологического факультета РГГМУ, а также на юбилейном заседании кафедры Ихтиологии и гидробиологии Санкт-Петербургского государст-

венного университета (СПбГУ), отметившей свой 80-летний день рождения. Поздравить Аркадия Павловича приезжали коллеги и друзья из Москвы, Мурманска, Архангельска и Калининграда.

Празднование юбилея Аркадия Павловича совпало с выходом в свет новой книги – коллективной монографии «Прибрежная аквакультура», написанной в сотрудничестве с коллегами из РГГМУ, СПбГУ и Государственного института озерного и речного рыбного хозяйства и изданной РГГМУ. В монографии отражаются основные идеи, которые А.П. Алексеев отстаивал в многочисленных публикациях и выступлениях на конференциях – щадящего использования морских биоресурсов, комплексного подхода к их оценке и управлению.

Преподаватели, сотрудники и студенты РГГМУ желают Аркадию Павловичу Алексееву крепчайшего здоровья, продолжения творческой активности, а также интересных заседаний ГАК, на которых по промысловой океанологии защищались бы только отличные дипломные проекты.

*А.С. Аверкиев, декан океанологического факультета,
М.Б. Шилин, профессор кафедры промысловой океанологии и охраны природных вод*

В соответствии с приказом Министерства образования и науки от 21.12.2009 г., в период **с 1.02.2010 г. по 30.04.2010 г.** РГГМУ проводил олимпиаду школьников по географии в виде очных и дистанционных туров. Очные отборочные туры были организованы в городах Санкт-Петербурге, Архангельске, Кургане, Калининграде, Туапсе и Алексине, Дистанционный тур проводился в виде Интернет-тестирования на сайте университета. В целом в этих мероприятия приняли участие свыше 1200 школьников. Отборочные и дистанционный туры позволили пригласить на заключительный тур наиболее подготовленных школьников.

В целом в заключительных турах приняли участие свыше 400 старшеклассников. Итогом географического марафона стало определение победителей и призёров, для которых поступление в вузы России гарантировано на специальности, где предмет «География» является профильным. Таких оказалось более 100 школьников из более чем 30 регионов России.

Список авторов

1. *Алиев С.А.*, к.т.н., сотр. Управления гидрогеолого-мелиоративной службы Азербайджана, факс 99412-443-80-95
2. *Барышников Николай Борисович*, д.г.н., проф., зав. каф. гидрометрии РГГМУ (812) 444-82-61
3. *Бабкин Владимир Иванович*, д.г.н., зав. лаб. ГУ ГГИ +7-921-654-16
4. *Багрова Татьяна Николаевна*, инж. каф. экологии РГГМУ, науч. сотр. Тебердинского гос. Биосферного заповедника +7-906-277-65-44
5. *Боков Виктор Николаевич*, к.г.н., доц. каф. метеорологических прогнозов РГГМУ (812) 444-81-55
6. *Владимиров Анатолий Михайлович*, д.г.н., проф., зав. каф. гидрологии суши РГГМУ (812) 444-82-60
7. *Власов Алексей Андреевич*, аспирант каф. метеорологических прогнозов +7911-216-10-75
8. *Воробьев Валерий Игоревич*, д.г.н., проф. каф. метеорологических прогнозов (812) 550-17-53
9. *Воробьев Владимир Николаевич*, к.г.н., ст. науч. сотр., проректор РГГМУ (812) 444-02-62
10. *Гайдукова Елена Владимировна*, к.т.н., доц. каф. гидрофизики РГГМУ (812) 444-82-61
11. *Громова Марина Николаевна*, к.т.н., зав. Бюро гидрологических прогнозов РГГМУ (812) 444-82-61
12. *Деятов Владимир Сергеевич*, асп. каф. гидрофизики РГГМУ (812) 444-82-61
13. *Дроздов Владимир Владимирович*, к.г.н., каф. экологии, доц., ст. науч. сотр. РГГМУ (812) 444-41-36
14. *Дячко Жанна Каримовна*, программист ИВЦ РГГМУ (812) 224-16-59
15. *Есикова Татьяна Владиславовна*, к.п.н., доц. каф. соц.-гум. наук, РГГМУ (812) 444-59-47
16. *Клиге Рудольф Карлович*, д.г.н., проф. каф. гидрологии суши МГУ
17. *Коваленко Виктор Васильевич*, д.т.н., проф., зав. каф. гидрологических прогнозов РГГМУ (812) 444-82-61
18. *Малинина Юлия Валериевна*, соискатель, асс. каф. ин. яз. РГГМУ +7 904-636-6077
19. *Малинин Валерий Николаевич*, д.ф.-м. н., проф. каф. КУПЗ РГГМУ
20. *Мирин Денис Моисеевич*, доц. каф. экологии РГГМУ +7921-771-93-31
21. *Мастрюков Сергей Иванович*, к.т.н., науч.сотр. ГУ Навигационно-гидрографический институт (812) 322-35-18, доб. 274
22. *Нгонголо Х.*, аспирант каф. метеорологических прогнозов (812) 444-81-55
23. *Постников Александр Николаевич*, к.г.н., доц. каф. гидрофизики РГГМУ (812) 304-45-06
24. *Смышляев Сергей Павлович*, д. ф.-м.н., проф. каф. метеорологических прогнозов РГГМУ (812) 444-81-55
25. *Смышлова Елена Сергеевна*, аспирант каф. прикладной экологии РГГМУ (812) 224-06-97
26. *Трубина Марина Августиновна*, нач. ИВЦ (812) 224-16-59
27. *Узрюмов Александр Иванович*, д.г.н., проф. каф. метеорологических прогнозов РГГМУ (812) 444-82-61
28. *Ульянец Евгения Константиновна*, аспирант каф. метеорологических прогнозов РГГМУ +7-921-922-14-87
29. *Хассо Людмила Александровна*, инж. ИВЦ РГГМУ (812) 224-16-59
30. *Хамлили А.*, аспирант каф. гидрофизики РГГМУ (812) 444-82-61
31. *Червякова Нина Владимировна*, мл. науч. сотр. ГУ Навигационно-гидрографический институт (812) 322-35-18, доб. 214
32. *Чижан Гююй*, аспирант каф. гидрологии суши РГГМУ(812) 444-82-61
33. *Шелутко Владислав Аркадьевич*, д.г.н., проф., зав. каф. прикладной экологии РГГМУ (812) 224-06-97
34. *Шумакова Ирина Борисовна*, соискатель, гл. бухгалтер РГГМУ (812) 444-41-70

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.
- 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.
- 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.
- 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].
- Сноски помещаются на соответствующей странице текста.
- 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.
- 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
№ 13

НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Редакторы: И.Г. Максимова, Л.В. Ковель
Компьютерная верстка Н.И. Афанасьевой

ЛР № 020309 от 30.12.96.

Подписано в печать 18.08.2010. Формат 70×100 ¹/₁₆. Гарнитура Times New Roman.
Бумага офсетная. Печать офсетная. Уч.-изд. л. 9,5. Усл. печ. л. 15,4. Тираж 500 экз. Заказ № 30/10.
РГГМУ, 195196, Санкт-Петербург, Малоохтинский пр., 98.
Отпечатано: ЗАО «НПП «Система», 197045, Санкт-Петербург, Ушаковская наб., 17/1.

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС2-8484 от 7 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
