

Министерство образования и науки Российской Федерации

---

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

# УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ

РОССИЙСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

№ 23

*Научно-теоретический журнал*

*Издается с октября 2005 года  
Выходит 4 раза в год*

ISSN 2074-2762



*Санкт-Петербург  
2012*

УДК 3 + 502.52 + 55

ББК 6/8 + 26.221 + 26.222 + 26.23

Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета № 23. Научно-теоретический журнал. – СПб.: РГГМУ, 2012. – 236 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 21. – St. Petersburg: RSHU Publishers, 2011. – 236 pp.

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

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

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

*Редакционная коллегия:*

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

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

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

ISSN 2074-2762

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

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

Свидетельство ПИ № ФС2-8484 от 7.02.2007 г.

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

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

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

При перепечатке материалов ссылка на журнал обязательна.

Точка зрения редакции может не совпадать с мнением авторов статей.

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

Тел.: (812) 444-81-55

© Российский государственный гидрометеорологический университет (РГГМУ), 2011

© Авторы публикаций, 2011

## СОДЕРЖАНИЕ

### Гидрология

<i>А.М. Владимиров.</i> Классификация гидрологических засух	13
<i>Н.Б. Барышиников, Е.С. Субботина, Е.М. Скоморохова, Е.А. Поташко.</i> Коэффициенты шероховатости пойм	21
<i>А.Н. Павлов, В.А. Голосовская, Н.А. Саноцкая.</i> Поиски математического определения реки	35
<i>Н.В. Дьяченко.</i> Волновые движения наклонной поверхности жидкости	41
<i>А.В. Бабкин, К.Ш. Кадиоров.</i> Поверочные прогнозы местного стока субъектов Российской Федерации Приволжского Федерального Округа с учетом их длиннопериодных колебаний	41

### Метеорология

<i>В.Н. Боков, В.Н. Воробьев.</i> О связи выбросов метана с атмосферной циркуляцией	51
<i>С.В. Грибановская.</i> Методика расчета скорости роста фронтальной облачности	59
<i>В.В. Осечкин, Е.В. Гниловской, С.П. Смышляев.</i> Что может и что не может объяснить фотохимическая теория стратосферного озона. Подводя итоги	67
<i>В.Я. Александров.</i> Ледники Антарктического полуострова и их реакция на климатические изменения	78

### Океанология

<i>А.А. Будников, Ю.Д. Чашечкин.</i> Моделирование формирования «мусорных островов» в вихревом океане	83
<i>К.Е. Сазонов.</i> Буксировка айсбергов	91
<i>В.А. Александров, А.Я. Коржиков.</i> Экстремальные изменения температуры воздуха на Антарктическом полуострове в связи с крупномасштабными колебаниями температуры поверхности океана	100

### Геофизика

<i>А.К. Певнев.</i> Прогноз землетрясений – место геодезического мониторинга в его решении	105
--	-----

### Экология

<i>Д.В. Кириевская, О.А. Кийко, М.Б. Шилин.</i> Оценка современного состояния донной экосистемы юго-восточной части Чукотского моря	117
<i>С.А. Комолова, Н.В. Лебедева.</i> К изучению морфометрических характеристик хвои ели европейской ( <i>Picea abies</i> (L.)Karst) на Валаамском архипелаге	126

### Экономика

<i>Т.Л. Харламова.</i> Мониторинг как инструмент управления развитием мегаполиса	138
<i>Е.Е. Петрова.</i> Эколого-экономический анализ инвестиционных проектов	147

### Информационные технологии

<i>В.М. Шаймарданов, П.С. Лобачев.</i> Мониторинг состояния элементов информационной системы ЕСИМО	155
<i>В.М. Виноградов.</i> Использование процедур протокола X.25/2 для повышения скорости и достоверности передачи данных в современных сетях наблюдательных станций наук о земле	163
<i>С. Малик, А.П. Седова, Н.Н. Ткаченко.</i> Технологии информационной поддержки управления безопасной эксплуатацией газопроводов в гидрометеоусловиях Республики Пакистан	177

### Социально-гуманитарные науки

<i>В.В. Небредовская.</i> Конституционные гарантии реализации активного и пассивного избирательного права при выборах депутатов Государственной Думы Федерального Собрания Российской Федерации 2011 года	183
<i>С.В. Шендерова.</i> Предпосылки формирования институционального механизма многоуровневого высшего образования в Западной Европе	190
<i>А.Ю. Гусева.</i> Об актуальности и противоречивости экологических утопий	198
<i>М.Г. Лазар.</i> Социальный контроль и самоконтроль в современной науке	220
Хроника	230
Список авторов	232
Требования к представлению и оформлению рукописей для авторов журнала	233

## CONTENTS

### Hydrology

<i>A.M. Vladimirov</i> . Classification of hydrological drought	5
<i>N.B. Baryshnikov, E.S. Subbotina, E.M. Skomorokhova, E.A. Potashko</i> . Roughness coefficients of floodplains	13
<i>A.N. Pavlov, V.A. Golosovskaya, N.A. Sanotskaya</i> . Searches of the mathematical definition of the river	21
<i>N.V. Djachenko</i> . Wave motions of the raking surface of the fluid	35
<i>A.V. Babkin, K.Sh. Kadirov</i> . Training forecasts of runoff of local formation of political and administrative subdivisions of Volga Federal district of Russian Federation accounting long periods in their variations	41

### Meteorology

<i>V.N. Bokov, V.N. Vorobyev</i> . Connection between methane emissions and atmospheric circulation	51
<i>S.V. Gribanovskaya</i> . Numerical technique of frontal cloud changing calculation	59
<i>V.V. Osetchkin, E.V. Gnilovskoy, S.P. Smishlyaev</i> . What the photochemical theory of stratospheric ozone can explain and what it cannot. Summing up	67
<i>V.Ya. Alexandrov</i> . The glaciers of Antarctic peninsula and their reaction to climate changes	78

### Oceanology

<i>A.A. Budnikov, Yu.D. Chashechkin</i> . Modeling of «Garbage Island» formation in the Vortex ocean	83
<i>K.E. Sazonov</i> . Towing of icebergs	91
<i>V. Alexandrov, A. Korjikov</i> . Extreme changes of ground temperatures of air on the Antarctic peninsula in connection with large scale fluctuation of temperature of a surface of ocean	100

### Geophysics

<i>A.K. Pevnev</i> . The forecast of earthquakes – a place of geodetic monitoring in its decision	105
---	-----

### Ecology

<i>D.V. Kirievskaya, O.A. Kiyko, M.B. Shilin</i> . The assessment of contemporary condition of the bottom ecosystem of southeastern Chukchi sea	117
<i>S.A. Komolova, N.V. Lebedeva</i> . Investigation needles morphometric characteristics of common spruce ( <i>Picea abies</i> (L.) Karst) in Valaam archipelago	126

### Economics

<i>T.L. Kharlamova</i> . Monitoring as an instrument of control the development of the megacity	138
<i>E.E. Petrova</i> . Environmental and economic analysis of investment projects	147

### Information technologies

<i>V.M. Shaymardanov, P.S. Lobachev</i> . Monitoring the state of the elements of the information system ESIMO	155
<i>V.M. Vinogradov</i> . The usage of X.25/2 protocol procedures to increase speed and reliability of data transmission process in modern networks of observation stations in Earth sciences	163
<i>S. Malik, A.P. Sedova, N.N. Tkachenko</i> . Information technology management support safe operation of gas pipelines in the hydro-meteorological conditions Republic of Pakistan	177

### Social science and humanities

<i>V.V. Nebredovskaya</i> . Constitutional guarantees of the realization of active and passive suffrage in elections to the State Duma of the Russian Federation in 2011	183
<i>S.V. Shenderova</i> . Preconditions of Multi-Level Higher Education Institutional arrangement Formation in Western Europe	190
<i>A.Y. Guseva</i> . The relevance and controversial ecological utopias	198
<i>M.G. Lazar</i> . Social control and self control in modern science	220

Chronicle	230
-----------	-----

*А.М. Владимиров*

## КЛАССИФИКАЦИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ ЗАСУХ

*A.M. Vladimirov*

## CLASSIFICATION OF HYDROLOGICAL DROUGHT

*Предложено понятие гидрологической засухи и названы ее признаки, дана классификация существующих засух на территории России с учетом их продолжительности и температуры воды, воздуха и почвы. Подчеркивается роль гидрогеологических факторов и метода многокритериального оценивания факторов формирования гидрологической засухи.*

*Ключевые слова: засуха, классификация, подземный сток, атмосферная засуха, почвенная засуха.*

*The concept of hydrological drought is given, features of drought are determined. The classification of drought in Russia is proposed, taking into account the duration and temperature of water, air and soil. The role of hydrogeological factors and the multi-factors method of estimation in the formation of hydrological drought is investigated.*

*Keywords: drought, classification, groundwater flow, atmospheric drought, soil drought.*

В науке и практике гидрометеорологии существует лишь два понятия засухи, согласно [7]: атмосферная и почвенная. Под атмосферной засухой понимают значительный по сравнению с нормой недостаток осадков в течение длительного времени при одновременно высокой температуре воздуха и пониженной его влажности. Но при этом остаются неопределенными критерии терминов «значительный», «высокий» и «пониженный». Их численные значения могут быть весьма разными и зависят от целого ряда факторов. Под почвенной засухой понимают иссушение почвы в период атмосферной засухи, таким образом, она является ее следствием. Степень же иссушения почвы остается также неопределенной, поскольку сухость почвы также понимается по-разному.

В целом засуха рассматривается только как очень неблагоприятное гидрометеорологическое явление, влекущее за собой недостаточную обеспеченность растений водой. Указанное понимание засухи является весьма односторонним. Оно относится лишь к агротехническому комплексу, а отсутствие общепринятых количественных критериев приводит к различным временным периодам засухи на одной и той же территории, определяемой разными авторами при анализе ее циклических колебаний.

Засуха может относиться к катастрофическому явлению, когда неурожай наступает на очень больших территориях и происходит резкое снижение продовольственных запасов вплоть до голода населения, массовой гибели сельскохозяйственных животных. Хотя в настоящее время подобное быстро ликвидируется с помощью других районов и стран, не испытавших засуху. Но природное явление продолжает относиться к катастрофическому, поскольку процесс засухи имеет необратимый характер, приводящий к очень большому экономическому и экологическому ущербу.

Атмосферная засуха является сугубо метеорологическим понятием, в котором в водном балансе территории основную роль играет испарение. Длительное превышение испарения над осадками ведет к отрицательному водному балансу в период засухи и чем оно больше, тем суровее засуха. Но это справедливо лишь для климатических зон, в которых постоянно существует положительный годовой водный баланс, а испарение не сильно отличается от испаряемости. Поэтому понятие засухи в аридных зонах, где в количественном выражении они различаются в десятки и даже сотни раз, применять термин «засуха» не целесообразно.

Засуха в России относительно часто наступает в бассейне р. Дон, в нижнем и частично среднем течении р. Волги, в Предкавказье, в Прикаспии, на юге Западной Сибири. Реже она происходит в Центральных районах Европейской территории, в Бурятии и Центральной Якутии.

Наиболее продолжительными засухи бывают в зоне с полуаридным климатом. Климат сухих степей, полупустынь и пустынь в данном случае не рассматривается.

Естественно, что в зоне недостаточного увлажнения засухи охватывают намного большие территории и случаются значительно чаще. Поэтому изучение частоты их появления являются весьма важным вопросом. Однако прежде всего необходимо выяснить, какого типа засухи бывают вообще и могут причинять наибольший ущерб обществу и природе.

Атмосферная (метеорологическая по [4]) засуха возникает в случае очень длительного стояния малоподвижного антициклона на обширной территории в летний сезон. Высокие температуры воздуха и почвы при отсутствии осадков способствуют резкому увеличению потерь воды на испарение с поверхности и с толщи почвогрунтов. Чем длительнее период отсутствия осадков и высокой температуры, тем сильнее и глубже иссушаются почвогрунты речных водосборов, тем интенсивнее истощаются верхние горизонты подземных вод. К атмосферной засухе подключается почвенная (агроклиматическая [4]) засуха, особенностью, которой является то, что почвенная засуха может по-разному действовать на развитие сельскохозяйственных культур и их урожайность, а также на луговую растительность. При этом большое значение имеет тип почв, используемых для выращивания сельскохозяйственных культур, поскольку они имеют разную влагоемкость и водоотдачу, а также тип растительности, испаряющий воду.

Как уже отмечалось выше, выделение лишь двух видов засух является недостаточным, так как почвенная засуха способствует возникновению гидрологической засухи, являющейся продолжением почвенно-атмосферной засухи. Увеличение продолжительности почвенной засухи ведет к истощению и в дальнейшем иссушению верхних водоносных горизонтов подземных вод, питающих водоотдачи. Происходит высыхание колодезей. Прекращается сток родников, питавшихся из верхних водоносных горизонтов.

Возникает и увеличивается бессточная площадь данного водотока. Следствием является довольно быстрое уменьшение расходов воды и падение ее уровня в замыкающем створе реки, вплоть до ее пересыхания. На территории, подверженной засухе, малые реки пересыхают (высыхают), сток средних рек начинает существовать только в результате притока подземных вод из глубоких водоносных горизонтов. На больших реках уменьшение расходов воды и падение уровней будет зависеть не только от притока воды средних рек и из глубоких водоносных горизонтов, но и в какой мере охвачена засухой ее водосбор и какие климатическая и растительная зоны попали в район засухи.

При длительной засухе происходит высыхание на водосборе водотока переувлажненных и заболоченных земель, торфяных залежей, особенно осушенных при мелиоративных работах. В результате возникают торфяные и лесные пожары, приводящие к катастрофическому исходу. Это ярко показало лето 2010 г., когда горели леса и высохшие торфяники в зоне достаточного увлажнения, а жители Москвы задыхались от дыма горящих торфяников Подмосковья.

Быстрое падение уровней воды в судоходных реках представляет угрозу для судоходства, вплоть до прекращения движения судов. Такие примеры были на реках Волге, Лене, Дунае. Падение уровней воды в водохранилищах заставляет снижать выработку электроэнергии на ГЭС. Повышение температуры воды в водохранилищах — охладителях в период засухи также снижает выработку энергии в АЭС и затрудняет их работу. Возникают проблемы с водоснабжением при использовании речных вод для бытового и промышленного потребления, для орошения.

Таким образом, выделение гидрологической засухи как отдельного вида засух целесообразно и необходимо, тем более что она имеет свою особенность в происхождении.

В период длительной засухи находящаяся в речном бассейне вода ( $Q_6$ ) расходует-ся на сток из бассейна ( $Q_{ст}$ ), на испарение ( $E$ ) и на водопотребление ( $Q_{вп}$ ), т.е. в русле остается лишь расход  $\Delta Q$ :

$$\Delta Q = Q_6 - Q_{ст} - E - Q_{вп} . \quad (1)$$

Для малой реки запасы воды в бассейне не велики, поскольку объем его небольшой, если границы подземного бассейна совпадают с поверхностным водосбором. В период засухи испарение с поверхности водосбора резко увеличивается. Поэтому сработка накопленной в бассейне воды происходит быстро и сток прекращается. Этому же способствуют местные водозаборы из русла, прудов, из неглубоких скважин. В результате  $\Delta Q$  превращается в ноль.

К малым рекам обычно относят реки с площадью водосбора до 2000 км<sup>2</sup> [7]. При обычных (средних) условиях увлажнения территории сток малых рек в зоне достаточного увлажнения не прекращается круглогодично. Однако в маловодные годы пополнение запасов подземных вод в весенний период происходит незначительно и при отсутствии летних осадков они могут сработаться полностью в меженный период.

Сток средних рек, к которым относят реки с площадью водосбора до 50 тыс. км<sup>2</sup> [7], более устойчив во времени. Запасы воды в их бассейнах являются большими и их сработка более разнообразна и динамична во времени и по территории. Сработка запасов подземных вод, накопленных в многоводный период, может происходить в

течение нескольких лет. Поэтому маловодье данного года при всей сухости летнего периода может не достигать крайнего минимума стока вследствие сработки воды, накопленной в предшествующий год или годы. Максимальная сработка подземных вод произойдет лишь при сработке запасов предшествующих лет и данного года, точнее весенне-летнего сезона. Примером может служить засуха 1972 г., случившаяся на Европейской территории СССР. Наибольшее истощение речного стока было в бассейнах рек Волга, Дон, Нева, Сухона [6] на малых и средних реках с площадью водосбора до 15000 км<sup>2</sup>. Однако в лесной зоне пересыхали лишь часть малых рек в Ленинградской и Московской областях с площадями 10-100-300 км<sup>2</sup>. В бассейнах с наличием карста, озер, неосушенных болотных массивов или других аккумуляторов влаги истощение речного стока происходило более замедленно, чем там, где не имелись подобные аккумуляторы влаги или не было хорошо обводненных комплексов водосодержащих пород. Продолжительность пересыхания части малых рек была в лесной зоне до месяца, а в лесостепной и степной зонах отсутствовал большее время на реках с площадями водосборов до 1500-2500 км<sup>2</sup>.

Классификация гидрологических засух относится к категории частных классификаций из комплекса засух, включающих, как указано выше, еще атмосферную и почвенную. На практике они могут происходить одновременно или последовательно во времени.

Начинается засуха обычно с атмосферной переходящей в почвенную. Гидрологическая засуха является последним звеном в цепи засух и свидетельствует о наибольшем истощении водных ресурсов конкретной территории. Однако гидрологическая засуха может наступить в период маловодья (межени) и при относительно достаточной влажности почвы при выпадении осадков из-за истощения питающих водоотки водоносных горизонтов.

Каждая из вышеуказанных засух может иметь весьма разную продолжительность, но в любом случае она длится неделями и даже месяцами. В этот период отсутствуют или практически отсутствуют (незначительные) осадки. В этот же сезон температура воздуха является наиболее высокой. Лишь в конце засухи она может существенно снижаться.

Засуха и ее последствия отражаются непосредственно на человеке, ограничивая его водопотребление и водопользование, на сельском хозяйстве, на экологии.

Признаком гидрологической засухи является довольно быстрое снижение уровня воды в реках, озерах и водохранилищах, а также в колодцах и уменьшение ежедневных расходов воды в реках. Экстремальным проявлением гидрологической засухи будет прекращение стока воды в обычно не пересыхающих водотоках, высыхание прудов и малых водохранилищ, но не в результате их интенсивного использования, а также высыхание малых озер, обычно содержащих воду в течение всего года.

В качестве признаков классификации засух используются следующие естественные характерные факторы: температура и влажность физической среды (воздух, вода, почва), уровни и расходы воды в водных объектах, а также продолжительность стояния этих факторов в их экстремальном значении.

Атмосферная засуха начинается с появлением малоподвижного глубокого обширного антициклона с высокими температурами воздуха, который обуславливает малую влажность воздушной массы. Это вызывает иссушение почвы и как следствие возникает почвенная засуха.

Гидрологическая засуха начинается с прекращением стока в малых водотоках (ручьях) и углубляется с увеличением бессточных площадей в речных бассейнах [5]. В это же время на водоемах начинается постоянное и довольно интенсивное падение уровней воды. Атмосферная и почвенная засухи заканчиваются с началом выпадения существенных осадков, превышающих потери на испарение. Гидрологическая засуха прекращается лишь после того, как начнется приток поверхностных и подземных вод в реки и озера данного бассейна.

Указанные засухи имеют разную продолжительность в один и тот же сезон и меняющиеся во времени и среде температурные характеристики. По продолжительности засухи целесообразно разделить на короткие и длительные. Как показывает практика, засуха атмосферная, переходящая в почвенную начинает приносить существенный хозяйственный ущерб при ее продолжительности в 20-30 суток. При большей длительности засухи этот ущерб может перерасти в катастрофический. Подобное показали засухи в 20-х, 30-х, 40-х и 70-х гг. XX в. и засуха 2010 г. на Европейской территории России.

При классификации водных объектов классифицируют отдельно реки и водоемы. Существует довольно большое количество разного рода классификаций рек и озер, использующих показатели морфологические, морфометрические, морфогенетические, гидрологические, гидрофизические, гидрохимические, экологические. Каждая классификация, прежде всего, отражает основную задачу при решении поставленной цели. Но как показывает анализ классификаций, многие из них учитывают прямо или косвенно основные морфометрические характеристики водотоков и водоемов. При классификации по морфометрическим показателям таковыми являются площадь и объем водного объекта. Для водотоков – это площадь поверхности его водосбора, а для водоемов площадь его поверхности и объем заключенной в нем воды. Объем воды в конкретном речном бассейне можно определить, используя данные о расходе воды и соответствующем уровне воды, находящейся в речной сети. Определение объема подземного бассейна связано с большими трудностями, обусловленными необходимостью определения геологического и гидрогеологического строения подземного бассейна и установления его границ.

Большое значение имеет глубина вреза русел водотоков в поверхность водосборов. Она в значительной мере определяет количество поступающей воды в русло из водоносных горизонтов, дренируемых рекой. В меженный период подземные воды преобладают в речном стоке, а в период засухи определяют само существование водотока. Поэтому гидрологический фактор имеет не менее важное значение, чем климатический. Мощность водоносного горизонта, питающего реку, зависит от его площади и толщины, пористости водосодержащей породы, а интенсивность питания от уклона водоносного горизонта, т.е. в основном от морфометрических факторов.

Количество водоносных горизонтов, вскрываемых водотоком, увеличивается с ростом длины реки и площади ее поверхностного водосбора. Следовательно кроме климатических и гидрогеологических не менее важными являются и морфометрические факторы, отражающие поверхностные и подземные характеристики речного водосбора. Однако информация об этих факторах обычно является недостаточной как в количественной, так и качественной формах. Например, имеются сведения о преобла-

дающем типе почво-грунтов или о породе слагающей речной бассейна, но отсутствуют границы этих пород и границы водоносных горизонтов. Обычно нет данных о размерах бессточной части и ее динамики во времени [2]. При этом даже количественные характеристики речного водосбора имеют различную точность измерений.

Таким образом, исходная гидрометеорологическая, гидрогеологическая, морфометрическая, как и другая природная информация имеют элемент неопределенности и недостаточности. Поэтому при оценке роли различных факторов в формировании гидрологической засухи целесообразно использовать теорию стохастического моделирования дефицита информации и неопределенности суждений о приоритетах оценивания сводных показателей, используя метод рандомизирования этих показателей [5]. Эта теория была успешно реализована Н.В. Мякишевой при классификации озер [6].

Теоретическую основу метода многокритериального оценивания показателей составляют принципы линеаризации, арифметизации и рандомизации [8]. Для этого определяется система показателей, устанавливающих состояние рассматриваемого водного объекта. Исходные параметры приводят к единой безразмерной шкале с последующим получением комплексного показателя состояния водного объекта. Для последнего устанавливают весовые коэффициенты отдельных частных показателей. Однако определение этих коэффициентов, в случае оценки лишь одним специалистом, носит элемент субъективизма. Поэтому целесообразно использовать принцип экспертной оценки, когда в качестве экспертов используют литературные данные ряда авторов в рассматриваемой области, имеющие свое мнение по данному показателю. Обобщенное или усредненное мнение будет считаться более надежным. Подобное было сделано А.М. Владимировым при подготовке нормативного документа [3].

Весь комплекс факторов, формирующих гидрологическую засуху на конкретном речном бассейне, можно описать уравнением

$$C = n_1K + n_2\Gamma + n_3M, \quad (2)$$

где  $C$  – комплексный индекс;  $K$  – климатический индекс;  $\Gamma$  – гидрогеологический индекс;  $M$  – морфометрический индекс;  $n$  – весовой коэффициент.

Каждый индекс состоит из суммы показателей, характеризующих основные физические факторы, влияющие на формирование засухи. Они, в свою очередь, имеют весовые коэффициенты для рассматриваемого показателя.

Так, весовой коэффициент для показателя, характеризующего температуру воздуха, в период засухи будет явно больше, чем осадков, а о весе испарения могут быть разные мнения. В зоне достаточного увлажнения испарение в период засухи приближается или равно испаряемости, а в зоне недостаточного увлажнения оно резко увеличивается, но далеко не достигает испаряемости, поскольку отсутствует необходимое для этого количество воды. Разница между многолетними годовыми испарением и испаряемостью в бассейнах низовьев рек Дона и Волги составляет в среднем 200 %. При этом существует корреляционная связь температуры и испарения.

Комплексный показатель для конкретного индекса, например, для климатического, можно выразить уравнением вида:

$$C_1 = \sum m_i K_i, \quad (3)$$

где  $m$  – степень значимости отдельного показателя.

Для решения проблемы неопределенности выбора весовых коэффициентов предложено использовать байесовскую модель рандомизации неопределенности [8]. Суть которой заключается в переходе от неопределенного выбора весовых коэффициентов к их случайному (рандомизированному) выбору из множества, т.е. рассчитать случайные весовые коэффициенты и рандомизированные сводные показатели.

Использование методов комбинаторной математики, а также метода Монте-Карло позволяет получить числовые оценки весовых коэффициентов в виде математического ожидания соответствующих рандомизированных весов комплексных показателей, а их сумма согласно уравнению (3), дает рандомизированный сводный показатель, являющийся случайной величиной, распределенный на интервале от 0 до 1. Обобщенной оценкой послужит математическое ожидание рандомизированного сводного показателя, а затем и комплексного индекса.

Ранжирование весовых коэффициентов факторов (показателей и индексов) позволяет выявить основные и второстепенные физико-географические, антропогенные и экологические факторы, определяющие вероятность появления и продолжительность гидрологической засухи.

Таким образом, существующие в летний сезон засухи можно классифицировать:

- по виду засухи, выделяя метеорологическую (атмосферную), почвенную (агроклиматическую) и гидрологическую;
- по продолжительности засухи, выделив короткую (продолжительность до 30 суток) и длительную (свыше 30 суток);
- по температуре среды (воздуха, почвы, воды) она может быть высокой и очень высокой.

В зависимости от окружающей среды высокой целесообразно считать температуру воздуха до 30 °С и очень высокой свыше 30 °С; температуру почвы высокой до 40 °С, а свыше 40 °С считать очень высокой; температуру воды считать высокой до 28 °С и очень высокой свыше 28 °С. Основным критерием является комфортность человека, растений и рыб. При высокой температуре создаются предпосылки засухи. При очень высокой температуре воздуха, почвы или воды начинаются весьма опасные биологические и экологические явления. Повышается смертность людей в результате сердечно-сосудистых заболеваний, высыхают растения (прежде всего сельскохозяйственные), происходят заморы рыбы в результате развития вредных водорослей (особенно сине-зеленых) и резкого уменьшения содержания кислорода в воде рек и особенно озер и водохранилищ; ухудшается качество питьевой воды.

Гидрологическая засуха связана с почвенной и атмосферной, но наиболее тесно эта связь проявляется при наибольшей их продолжительности, когда атмосферно-почвенная засуха становится экстремально длительной и повторяется в следующем году. Небольшое по времени (до 15 суток) отсутствие стока в водотоках целесообразно считать пересыханием на короткое время. Оно может наблюдаться на малых реках

лесной зоны (зона достаточного увлажнения). В зоне недостаточного увлажнения малым водотокам свойственно пересыхать на длительный срок.

В таблице отражены признаки и критерии, характерные для зон достаточного и частично недостаточного увлажнения для водотоков и водоемов, подвергающихся эпизодическим засухам. Ежегодно пересыхающие водотоки и водоемы зоны недостаточного увлажнения должны иметь другие временные критерии, относящиеся к малым водным объектам естественного происхождения и не испытывающие антропогенного влияния (водозаборы, сбросы, наличие небольших водохранилищ). Видимым признаком возможности возникновения гидрологической засухи будет появление на гидрографах стока или уровней постоянное длительное падение уровней и расходов воды, вплоть до пересыхания.

**Классификация засух**

Тип засухи	Признак засухи	Основной фактор засухи		Продолжительность	
		характеристика	критерий	короткая	длительная
Атмосферная	Длительное отсутствие	$t^\circ$ воздуха	более $30^\circ$	до 30 сут.	более 30 сут.
Почвенная	Пересыхающая почва	$t^\circ$ почвы	более $40^\circ$	до 30 сут.	более 30 сут.
Гидрологическая	Прекращение стока или резкое падение уровня воды	расход воды уровень воды	отсутствие наименьший	до 15 сут. до 15 сут.	более 15 сут. более 15 сут.

**Литература**

1. *Владимиров А.М.* Необычайное маловодье на реках Европейской территории Советского Союза летом 1972 г. — Метеорология и гидрология, № 10, 1974, с.75-80.
2. *Владимиров А.М.* Факторы формирования экстремального стока в маловодный сезон. — СПб, Ученые Записки РГГМУ, № 7, 2008, с. 13-22.
3. ГОСТ 17.1-1.02-77. Охрана природы. Гидросфера. Классификация водных объектов. — М.: Госстандарт, 1977. — 21 с.
4. *Дроздов О.А.* Засухи и динамика увлажнения. — Л.: Гидромеиздат, 1980. — 95 с.
5. *Корников В.В., Серегин И.А., Хованов Н.В.* Байесовская модель обработки нечисловой, неточной и неполной информации о весовых коэффициентах. Сб. докладов Международной конференции по мягким вычислениям и измерениям, т. 1. — СПб, 2000, с. 104-107.
6. *Мякишева Н.В.* Многокритериальная классификация озер. — СПб.: изд. РГГМУ, 2009. — 159 с.
7. Российский гидрометеорологический энциклопедический словарь. Том 1. — СПб, Летний сад, 2008. — 333 с.
8. *Хованов Н.В.* Анализ и синтез показателей при информационном дефиците. — СПб.: изд. СПбГУ, 1996. — 195 с.

*Н.Б. Барышников, Е.С. Субботина, Е.М. Скоморохова, Е.А. Поташко*

## КОЭФФИЦИЕНТЫ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОЙМ

*N.B. Baryshnikov, E.S. Subbotina, E.M. Skomorokhova, E.A. Potashko*

## ROUGHNESS COEFFICIENTS OF FLOODPLAINS

*Выполнен анализ современного состояния методов расчётов пропускной способности русел с поймами на основе данных о максимальных уровнях воды и морфометрических характеристиках русел и пойм, и их коэффициентах шероховатости. Вскрыты основные недостатки этих методов, в частности, не учёт влияния эффекта взаимодействия русловых и пойменных потоков на гидравлические сопротивления, характеризующиеся коэффициентами шероховатости.*

*Ключевые слова: русло, пойма, коэффициент шероховатости, эффект взаимодействия потоков, гидравлическое сопротивление.*

*Up-to-day methods of computation of discharge capacity for riverbeds with floodplains that take into account maximum water stage, morphometric characteristics of riverbeds and floodplains, and their roughness coefficients are analyzed in this paper. Main disadvantages of those methods are revealed (in particular, influence of riverbed and floodplain streams interaction on hydraulic resistance which is characterized by roughness coefficients).*

*Key words: riverbed, floodplain, roughness coefficient, effect of streams interaction, hydraulic resistance.*

Коэффициенты шероховатости являются интегральной характеристикой гидравлических сопротивлений движению потоков. Их появление обусловлено работами А. Шези, предложившего формулу для расчётов средних скоростей русловых потоков в виде  $v = 50\sqrt{hI}$ . Впоследствии было установлено, что вместо постоянной, равной 50, необходимо ввести переменный коэффициент, обозначенный С и названный в честь автора формулы коэффициентом Шези. Этот коэффициент определялся на основании описательной характеристики русел и пойм по специально составленным таблицам или, если имелись данные натурных наблюдений, по одной из многочисленных эмпирических формул. Их количество в последнее время превысило 200 [2,6 и др.]. Как таблицы, так и формулы для определения коэффициентов Шези нашли широкое применение для расчётов пропускной способности русел и пойм, и особенно, при максимальных уровнях [10]. В последнее время они часто используются для решения обратной задачи, т.е. для определения максимальных уровней по данным о максимальных расходах воды и морфометрических характеристиках русел и пойм. Основными недостатками этих методов являются:

- субъективизм при выборе расчётных значений коэффициентов шероховатости по соответствующим таблицам;
- допущение о равномерности движения воды в речных руслах и особенно пойменных потоках;

— несовершенство эмпирических формул для расчётов коэффициентов Шези на основании значений коэффициентов шероховатости.

Выполним краткий анализ этих недостатков. Первый недостаток обуславливает существенные погрешности расчётов, так как различные и особенно неопытные специалисты могут допустить большие погрешности при определении расчётных значений коэффициентов шероховатости. Для уменьшения величины этой погрешности В.Т. Чоу [13] составил альбом цветных фотографий в виде приложения к своей таблице. Однако, несмотря на это, в каждой графе его таблицы приводится диапазон значений коэффициентов шероховатости. При этом крайние значения отличаются друг от друга почти в два раза. Второй недостаток особенно остро ощущается при расчётах пропускной способности пойм, движение потоков по которым неравномерное, неустановившееся и, более того, с переменным по длине расходом воды. Третий недостаток, обусловленный несовершенством расчётных эмпирических формул, да и таблиц для определения коэффициентов шероховатости. Действительно, оценке качества этих формул препятствует отсутствие критериев сравнения полученных результатов. Более того, как показал анализ, в, наиболее часто применяемой для расчётов, формуле Павловского в виде  $C = h^y/n$  получается, что коэффициент шероховатости имеет не постоянную, а переменную размерность, так как  $y = f(n)$  и изменяется примерно от 1/4 до 1/8.

Контрольные расчёты максимальных расходов воды, проведённые на кафедре гидрометрии на основе натуральных данных даже для беспойменных русел, показали, что погрешности расчётов при использовании наиболее распространённых таблиц для определения коэффициентов шероховатости И.Ф. Карасёва [9], М.Ф. Срибного [12], В.Т. Чоу [13], Дж. Бредли в среднем составляют погрешность 30-35% при её максимальном значении превышающем 100% [1,4], т.е. значительно превышают допустимые пределы. При расчётах же пропускной способности пойм эти погрешности значительно возрастают.

В последние годы на кафедре гидрометрии выполнена большая работа, направленная на совершенствование методов расчётов пропускной способности русел [3,4] и особенно пойм. При этом были вскрыты основные причины недостатков методов, основанных на формуле Шези [3]. Основным из них является недоучёт особенностей движения пойменных потоков, значительно отличающихся от условий равномерного движения и, в частности, недоучёт влияния эффекта взаимодействия руслового и пойменного потоков.

Действительно, коэффициент шероховатости зависит от нескольких параметров речных русел и пойм, таких как высота выступов шероховатости, донных гряд, извилистости речных русел, растительности, водоворотных зон и др. и в общем виде может быть представлена в виде:

$$n=f(k,r,l,m,t...), \quad (1)$$

где  $k$ — крупность донных отложений;  $r$ — коэффициент, учитывающий форму сечения;  $l$ — параметр, учитывающий влияние донных гряд;  $m$ —учёт эффекта взаимодействия руслового и пойменного потоков;  $t$ —учёт режима перемещения наносов.

Одну из первых попыток получить выражение (1) в явном виде предпринял Кован, предложивший выражение:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)t, \quad (2)$$

где  $n_0$  - основное значение  $n$  для прямолинейного однородного канала с гладкими стенками (0,020—0,025);  $n_1, n_2, n_3, n_4, t$  - параметры, учитывающие дополнительные факторы: неоднородность поверхности, влияние неравномерности движения, местные сопротивления, растительность и характер режима движения, а также извилистость русла. Ориентировочные значения этих коэффициентов приведены в таблице 1, заимствованной у В.Т. Чоу. Этот метод не учитывает сопротивления, возникающего за счет перемещения наносов, как взвешенных, так и донных.

Таблица 1

Данные для вычисления коэффициента шероховатости по формуле (2)

Фактор, влияющий на коэффициент шероховатости	Характеристика фактора	Коэффициент	Значение коэффициента
Материал, из которого сложено русло	Земля	$n_0$	0,02
	Рваный камень		0,025
	Окатанный гравий		0,024
	Неокатанный гравий		0,028
Степень неоднородности поверхности	Пренебрежимая (гладкая) поверхность	$n_1$	0
	Незначительная		0,005
	Средняя		0,01
	Значительная		0,02
Изменение поперечного сечения канала	Постепенное	$n_2$	0,00
	Случайное		0,005
	Множественное		0,01-0,015
Воздействие препятствия	Пренебрежимое	$n_3$	0,00
	Незначительное		0,01-0,015
	Ощутимое		0,02-0,03
	Значительное		0,04-0,06
Растительность	Низкая	$n_4$	0,005-0,01
	Средняя		0,01-0,025
	Высокая		0,025-0,05
	Очень высокая		0,05-0,1
Степень меандрирования	Незначительная	$t$	1,00
	Ощутимая		1,15
	Значительная		1,30

Методика Кована в модифицированном виде применяется для определения коэффициента шероховатости в Индии. Представляет интерес предложенная в этой же работе, методика расчета коэффициента шероховатости по данным измерений расходов воды в двух соседних створах по формуле

$$n_n = \frac{2\bar{\omega}R^{2/3} \left\{ \frac{1}{l} \left[ \Delta h - \frac{\bar{Q}^2}{2g} \left( \frac{1}{\omega_2^2} - \frac{1}{\omega_1^2} \right) \right] \right\}^{1/2}}{Q_1 + Q_2} \approx \frac{2\bar{R}^{2/3} \left\{ \frac{1}{l} \left( \Delta h - \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} \right) \right\}^{1/2}}{v_1 + v_2},$$

где  $l$  — расстояние;  $\Delta h$  — падение уровня между створами; индексы 1 и 2 и знак осреднения обозначают, что параметры относятся соответственно к первому, второму створам или являются осредненными между ними.

Эти выражения получены на основе уравнений неравномерного движения и формулы Маннинга. Обозначая падение между створами за счет неравномерности движения потока через  $\Delta h_n = (v_2^2 - v_1^2)/2g$ , получаем

$$n_n = \frac{2\bar{R}^{2/3} (I - I_n^2)}{v_1 - v_2} \approx \frac{\bar{R}^{2/3} (I - I_n)^{1/2}}{v} \approx n - n_{пр}.$$

Следовательно, в данных формулах при расчетах коэффициентов шероховатости учтены дополнительные сопротивления за счет неравномерности режима движения потока ( $n_{пр}$ ).

Таким образом, анализ опубликованных работ позволяет сделать вывод, что параметр  $n$  является некоторой интегральной характеристикой, зависящей от целого ряда факторов, учитывающей все многообразие проявления сопротивлений движению потоков в руслах. Наиболее сложным является определение значения  $n$  в руслах с поймами. Это обусловлено тем, что, помимо составляющих, перечисленных в формуле необходимо учитывать характер перемещения донных наносов (грядовая или безгрядовая фаза), транспорт взвешенных наносов, косоструйность течения в створе измерения, взаимодействие руслового и пойменного потоков и ряд других факторов. Особенно велико значение косоструйности течения при затоплении и разгрузке пойм в период работы прорыв, а также при взаимодействии руслового и пойменного потоков при пересечении их осей под большими углами ( $\alpha > 60^\circ$ ). Так, эксперименты, выполненные в РГГМУ, а также в Институте водных проблем (в Белоруссии) и ГГИ на р. Сож, показали, что в русле реки при затопленной пойме могут наблюдаться обратные течения и мощные водоворотные зоны, резко увеличивающие значения параметра  $n$ . Г. В. Иванов [8] рекомендовал выполнять расчет планов течений для пойменных участков рек на основе карты распределения параметра  $n$ , принимая значение последнего переменным.

Таким образом, наиболее целесообразным на данном этапе является дальнейшее уточнение и разработка направления, предложенного Кованом. Следует отметить, что введение  $m$  в формулу (2) в виде сомножителя нецелесообразно.

Более приемлемой является следующая форма записи:

$$n = n_0 + \sum_{i=1}^{i=m} \Delta n_i, \quad (3)$$

где

$$\sum_{i=1}^{i=m} \Delta n_i = \Delta n_1 + \Delta n_2 + \Delta n_3 + \dots + \Delta n_m, \quad (4)$$

$\Delta n_i$  – добавочные значения коэффициентов шероховатости, учитывающие увеличение сопротивлений, возникающих в естественных потоках и каналах по сравнению с каналами в хороших условиях;

$\Delta n_1$  – учитывает увеличение сопротивления естественных русел по сравнению с каналами (в хороших условиях);

$\Delta n_2, \Delta n_3, \Delta n_4, \Delta n_5, \Delta n_6, \Delta n_7$  – учитывают соответственно неравномерность движения, неустановившийся режим, растительность (на берегах и в русле), искривление руслового потока, взаимодействие руслового и пойменного потоков, наличие водоворотных зон.

Список значений  $\Delta n_i$  можно продолжить, учитывая, таким образом, различные особенности сопротивления движению потока в естественных условиях.

Наибольшая трудность состоит в невозможности непосредственного измерения значений  $\Delta n_i$  в натуральных условиях. Однако использование опубликованных данных, в частности табличных значений параметра  $n$ , позволяет ориентировочно подсчитать некоторые значения  $\Delta n_i$ .

Для определения значений параметров  $\Delta n_i$  в выражении (4) был выполнен анализ значений  $n$ , приведенных в таблицах М. Ф. Срибного [12], И.Ф. Карасев [9], Дж. Бредли и В. Т. Чоу [13], а также данных измерений примерно 600 расходов воды (около 200 измерено на пойме) на 27 реках, расположенных в различных районах бывшего СССР. Следует отметить, что для расчетов отбирались только те расходы, при измерениях которых определялись уклоны свободной поверхности или имелась возможность расчета последних по кривой  $I = f(H)$ .

В таблице 1, приведенной в работе [1], принято, что  $n_0 = 0,030 \div 0,035$ , т. е. для малых рек в условиях хорошего протекания потока. Поэтому для крупных рек в ряде случаев получены отрицательные значения  $\Delta n_i$ . Анализ этих данных позволяет сделать вывод о довольно близком соответствии параметров  $n_0$  и  $\Delta n_i$  по данным четырех авторов. Однако наблюдаются и отдельные существенные расхождения, вызванные как неточностью формулировок, так и некоторым отличием результатов, полученных при обработке исходных материалов. Эти различия возрастают при больших значениях  $n$ . Например, рассматривая  $\Delta n_i$  для пойм, заросших легким кустарником (летом), имеем, по Бредли,  $\Delta n = 0,070 \div 0,125$ , по Срибному,  $\Delta n = 0,050$  и, по Чоу,  $\Delta n = 0,015 \div 0,045$ . Если крайнее значение  $\Delta n$ , по Чоу, близко к данным Срибного, то значение  $\Delta n$ , по Бредли, в 1,5 - 2,5 раза больше. Это показывает, что расчетное значение расхода воды на пойме в указанных условиях, по Бредли, будет в 1,23 - 1,6 раза меньше, чем по Срибному, и почти в 2 раза меньше, чем по Чоу.

Особенно велики погрешности расчётов коэффициентов Шези на прирусловых участках пойм, из-за влияния эффекта взаимодействия потоков. При этом значитель-

ное влияние оказывает фаза прохождения паводка или половодья. Действительно, при подъёме и затоплении пойм верхние слои руслового потока, поступая на пойму, испытывают наибольшее сопротивление движению и особенно за счёт прирусловых валов, как правило, заросших растительностью. В качестве примера можно привести р. Лугу пос. Толмачёво, где процесс взаимодействия потоков осуществляется по третьему их типу (рисунок 1) по типизации Н.Б. Барышникова[2,4]

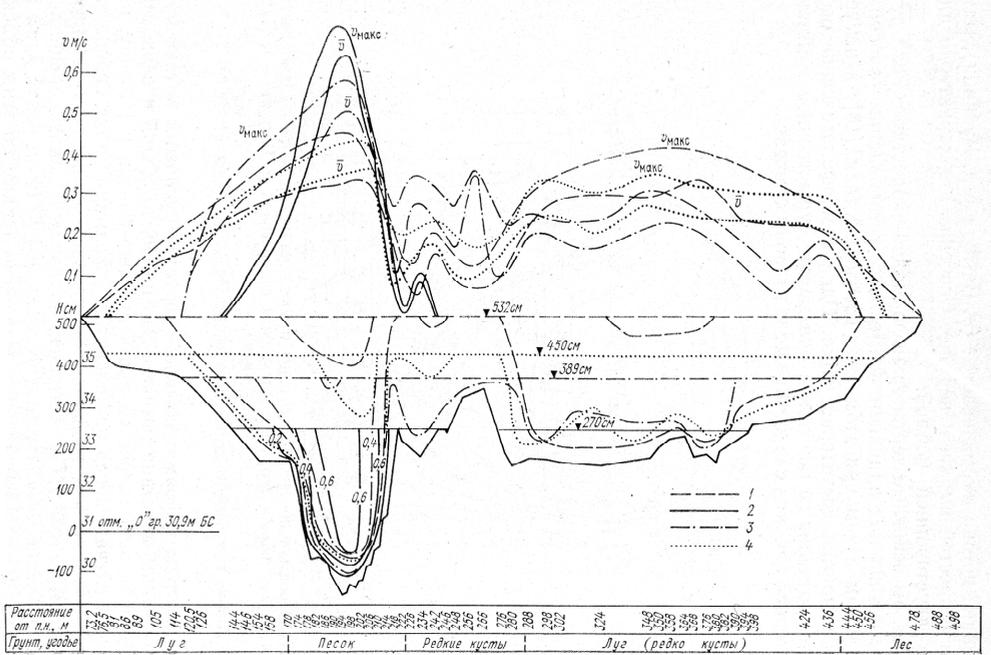


Рис.1 – Профиль поперечного сечения с изотаксами и кривыми распределения средних на вертикалях скоростей по ширине гидроствора р.Луги - пос. Толмачево.  
 Данные измерений 1977 г. при уровнях; 1 - 532 см, 2 - 450 см, 3 - 389 см, 4 — 270 см.

Как видно на рисунке, при максимальных уровнях наблюдается два чётко выраженных потока русловой и пойменный. При этом их средние скорости близки между собой. Эти потоки как бы разделены потоком над прирусловым валом, сопротивление движению которому определяется характером строения и растительностью на нём. В связи с этим встаёт вопрос о размерах зоны влияния руслового потока на гидравлику пойменного потока. Так ряд исследователей Г.В. Железняков [7], Н.Б. Барышников [2,4] и другие на основе анализа данных лабораторных экспериментов считают, что величина этого влияния составляет 5-6 ширин руслового потока. Однако в этих экспериментах, как правило, поверхность поймы была выполнена из железобетона, т.е. была гладкой. В тоже время анализ натурных данных, выполненный Барышниковым, показал, что на натуральных потоках зона воздействия руслового потока на пойменный зависит от шероховатости поверхности поймы и существенно сокращается до величин 1,5-3,0 ширин руслового потока [2,3].

Следует отметить и исследования В.Н. Гончарова, выполненные в РГГМУ [5] на модели криволинейного русла постоянной ширины с гладкой двусторонней поймой переменной ширины. Он, в частности, установил, что при глубинах пойменного потока меньших 0,2 глубин руслового потока, ведущим является русловой поток. При глубинах пойменного потока больших 0,2 глубин руслового потока ведущим становится пойменный поток.

Анализ результатов экспериментов последних лет, проведённых в лаборатории РГГМУ на модели русла с односторонней шероховатой поймой, при высоте выступов шероховатости на ней в 2-2,5 см, показал, что при глубинах пойменного потока 2-3 см, т.е. 0,3-0,4 глубины руслового потока, ведущим сохраняется русловой поток. Более того, несмотря на то, что эксперименты выполнялись при расходящихся или сходящихся динамических осях взаимодействующих потоков под углами 5, 10, 15 и 20°, на границе их раздела возникали вихри с вертикальной осью вращения, т.е. процесс взаимодействия потоков был близок к условиям первого их типа по типизации Н.Б. Барышникова [2,3].

Анализ полей скоростей взаимодействующих потоков при расходящихся динамических осях показал, что при поступлении поверхностных слоёв водных масс русловых потоков на пойму наблюдается резкое уменьшение значений их коэффициентов шероховатости в прирусловых отсеках пойм до 0,012-0,014, что значительно, примерно в 2 раза, меньше аналогичных, приведённых в таблицах для определения коэффициентов шероховатости. Причиной таких низких значений коэффициентов шероховатости являются допущения в обосновании возможности применения формул и методов расчётов параметров потоков равномерного движения к потокам в руслах с поймами, где движение неравномерное с переменным по длине расходом воды. По данным Д.Е. Скородумова [11] и Н. Б. Барышникова [2,4] погрешности расчётов средних скоростей за счёт недоучёта неравномерности движения и массообмена между русловыми и пойменными потоками могут соответственно достигать 80-100% и 20-25%

Несколько отличные условия наблюдаются при спаде уровней, когда массы пойменного потока поступают в русловой, тормозя его и создавая подпор русловому потоку. По-видимому, именно этим частично объясняются и причины образования петель на кривых зависимостей скоростей и расходов воды от уровней при уровнях превышающих уровни затопления пойм.

Таким образом, сделаны первые шаги по совершенствованию методов расчётов максимальных расходов воды и их составляющих таблиц для определения коэффициентов шероховатости. Тем более, что в условиях нестационарности природных процессов, злободневным является необходимость совершенствования методов расчётов максимальных расходов воды.

### **Литература**

1. *Барышников Н.Б.* Речные поймы (морфология и гидравлика) [Текст]/ Н.Б. Барышников – Л.: Гидрометеоиздат, 1978. – 152 с.
2. *Барышников Н.Б.* Морфология, гидрология и гидравлика пойм [Текст] / Н.Б. Барышников – Л.: Гидрометеоиздат, 1984. – 280 с.
3. *Барышников Н.Б.* Динамика русловых потоков [Текст] / Н.Б. Барышников – СПб.: изд. РГГМУ, 2007. – 314 с.

4. *Барышников Н.Б., Пагин А.О., Польцина Е. В., Селина Т.С.* Учёт кинематического эффекта в методах расчёта пропускной способности пойменных русел [Текст] – М.: журнал Метеорология и гидрология, 2008, №10. – С.80-85
5. *Гончаров В.Н.* Динамика русловых потоков [Текст]/ В.Н. Гончаров – Л.: Гидрометеиздат, 1962. – 374 с.
6. *Горбачёв П.Ф.* Формулы средней скорости [Текст]/ – М., Л.:ОНТИ, 1936. –171с.
7. *Железняков Г.В.* Пропускная способность русел каналов и рек [Текст]/ В.Н. Гончаров – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 311 с.
8. *Иванов Г.В., Субботина Е.С.* Применение методов расчётов решения плановых задач к расчёту максимальных расходов воды [Текст] / В книге Тезисы докладов 1-ой приморской конференции по гидрологическим расчётам. – Владивосток, 1975. – С.75-79
9. *Карасёв И.Ф.* Речная гидрометрия и учёт водных ресурсов [Текст]/ – Л.: Гидрометеиздат, 1980. –310с.
10. Наставление по изысканию и проектированию железнодорожных и автодорожных мостовых переходов через водотоки [НИМП-72]. – М.: Транспорт, 1972. – 280 с.
11. *Скородумов Д.Е.* Вопросы гидравлики пойменных русел в связи с задачами построения и экстраполяции кривых расходов воды [Текст] / Д.Е. Скородумов // Тр. ГГИ, 1965, вып. 128. – С.3-97.
12. *Срибный М.Ф.* нормы сопротивления движению естественных водотоков и расчёт отверстий больших мостов [Текст] – М., Л.: Госстройиздат, 1965. –148с.
13. *Чоу В.Т.* Гидравлика открытых каналов –М.: Стройиздат, 1969. –464с.

*А.Н. Павлов, В.А. Голосовская, Н.А. Саноцкая*

## ПОИСКИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕКИ

*A.N. Pavlov, V.A. Golosovskaya, N.A. Sanotskaya*

## SEARCHES OF THE MATHEMATICAL DEFINITION OF THE RIVER

*Дан анализ связей между длинами рек и площадями их водосборных бассейнов, позволивший построить простую систему уравнений, описывающих целостность этой гидрологической структуры.*

*Ключевые слова: объект и предмет изучения, определения реки, линейная связь, экспонента, логистическая функция, скорость роста (формирования).*

*Analysis of connections between rivers' lengths and their drainage basins areas permitted to create simple system of equations describing the wholeness of this hydrologic structure.*

*Key words: object and subject of investigation, definition of the river, linear connection, exponential function, logistical function, rate of the growth (formation).*

Наука должна развиваться в направлении к общности и простоте.  
Анри Пуанкаре.

### Введение

Научные исследования принято начинать с определений объекта и предмета изучения. Они могут быть удачными и не очень, могут меняться по мере трансформации взглядов и получения новой информации. Но без них не принято обходиться.

Реальные реки – это объект изучения гидрологии. Он является той частью внешнего мира, которая существует объективно. Измерение расходов, уровней, температур, отбор проб на химический анализ и так далее представляют собой то, что можно назвать получением первичной, натурной информации.

Гидрографы, результаты лабораторных анализов и другие измеренные на натуре характеристики следует отнести к понятиям предмета изучения. Это субъективный мир, перенесённый из реальности в наши головы. И вся работа здесь сводится к процедурам анализа и синтеза. Это происходит уже на уровне абстрактных понятий [6].

Одно из ранних определений реки, как объекта, авторы встретили в справочнике-словаре А. С. Баркова [1]:

- Реки, естественный сток воды, скопляющейся из атмосферных осадков, образуется благодаря уклону местности.

Немного нескладно, но понятно. Далее это определение дополняется с помощью таких характеристик, как эрозия, долина, профиль и т. п. Ниже, по алфавиту, обсуждаются понятия речной воды, речной сети, речной системы, речного бассейна.

В более поздних словарях [2,9] говорится нечто похожее:

- Река — водный поток, протекающий в долине и характеризующийся достаточно большими размерами (от нескольких — до тысяч километров).

В отличие от первого определения, здесь уже появляется морфологический параметр и линейные размеры общего порядка.

В последнем издании Толкового словаря русского языка [4] в определении реки появляются термины «русло», «естественное течение», «исток» и «устье».

Занимаясь вопросами симметрии и асимметрии речных бассейнов [7,8], авторы почувствовали необходимость в определении реки как некоего формализованного понятия, которое можно было бы использовать для осмысления проблем формирования, моделирования, прогноза и управления.

Всякая река имеет длину ( $L$ ) и площадь водосбора ( $S$ ). Это измеряемые и, в известном смысле, интегральные характеристики. Они позволяют говорить о реке в геометрических терминах. Естественно было поискать связи между ними. На рис. 1, 2, 3 даются примеры линейной зависимости соответственно для правых притоков Камы, Амура и правых притоков Кубани.

Простая корреляция почти во всех рассмотренных случаях оказалась довольно высокой. Явное исключение составила только р. Кубань (по правым притокам). Там связь практически отсутствует. Объяснение здесь может быть связано с существованием резкой асимметрии бассейна [8]. *Видимо, можно полагать, что коэффициент корреляции при рассмотрении линейной связи между длинами притоков реки ( $L$ ) и их площадями ( $S$ ) является мерой симметрии всего бассейна. С генетической точки зрения такой вывод правдоподобен. Ещё несформированная часть бассейна имеет хаотическую пространственную структуру.*

Однако линейная связь площади ( $S$ ) и длины ( $L$ ) создаёт трудности, которые можно назвать парадоксом с физико-географической точки зрения. Во всех рассмотренных случаях при значимой корреляции (исключение опять же составляет только р. Кубань) прямая  $S(L)$  пересекает ось абсцисс в положительной части шкалы. А это означает, что река уже есть ( $L_0 > 0$ ), а площади, где она формируется, ещё нет ( $S=0$ ).

Более реалистично выглядит другая ситуация, когда площадь существует ( $S>0$ ), но реки ещё нет ( $L=0$ ). Это естественно, поскольку площадь будущего водосбора «задаётся» геологическими процессами [7]. Появление же в её пределах реки — это вторичный акт, обусловленный метеорологическими факторами. Он требует времени, необходимого для заложения постоянного русла. На начальной стадии атмосферные осадки, формируя различные формы стока, ещё не определяют появление реки как некой постоянно существующей системы. Она возникает несколько позже. Для этого эрозионные процессы должны раскрыть хотя бы верхние горизонты подземных вод, способные обеспечить меженное питание. Используя такой вариант как постулат, авторы рассмотрели экспоненциальную зависимость  $S = S_0 e^{\lambda L}$ . Для этого есть простая предпосылка: экспоненциальный закон широко «работает» в природе. В наиболее общем виде он носит название «закон роста».

Правые притоки Камы

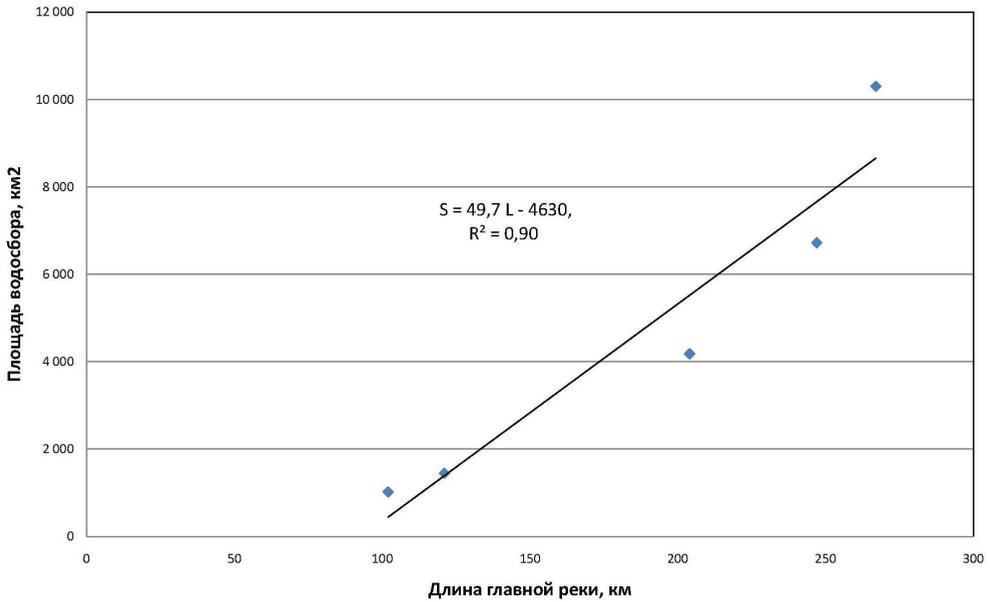


Рис.1. Линейная зависимость  $S(L)$ .

Притоки Амура

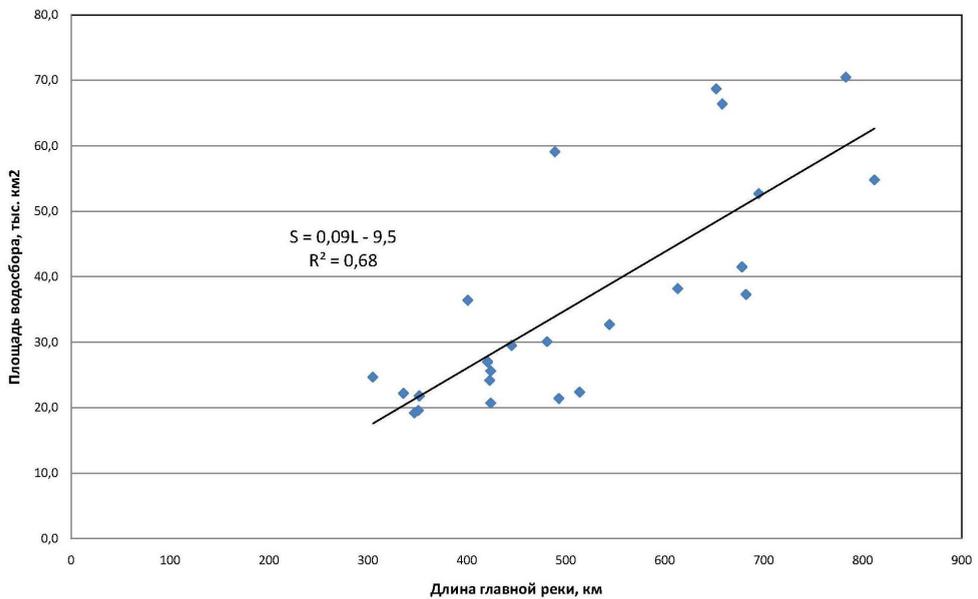


Рис.2. Линейная зависимость  $S(L)$ .

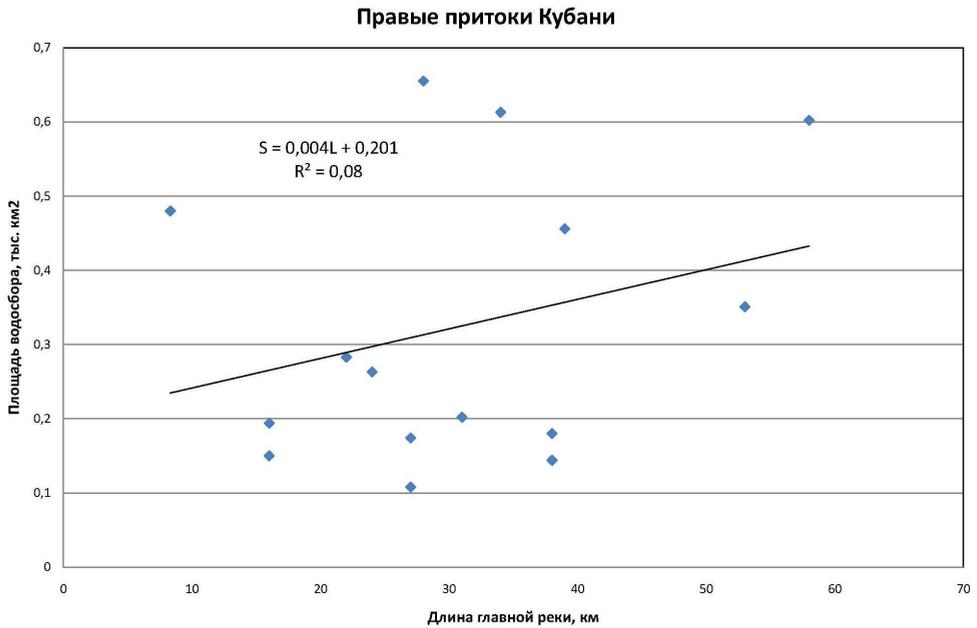


Рис.3. Линейная зависимость  $S(L)$ .

По тем же рекам на рис. 4, 5 и 6 приведены примеры такого роста. Теперь всё выглядит достаточно приемлемо с точки зрения физической географии. Появились значения минимальных площадей ( $S_0$ ) при отсутствии реки ( $L = 0$ ).

Однако качество корреляции принципиально не улучшилось. Известно, что коэффициент детерминации ( $R^2$ ) показывает удачность выбора функции и степень изменения результирующего признака (у нас  $S$ ) от факторного параметра (у нас  $L$ ). Коэффициент же  $\lambda$  (как коэффициент регрессии) показывает, на какую величину в среднем изменяется результирующий признак ( $S$ ) при изменении факторного признака ( $L$ ) на единицу (в нашем случае на 1 км).

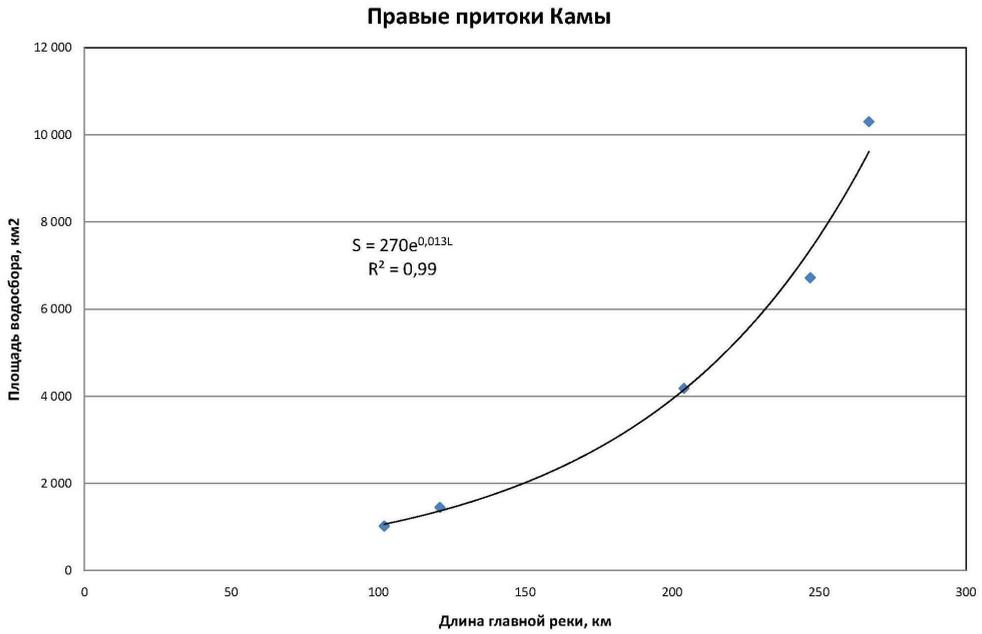


Рис. 4. Экспоненциальная зависимость  $S(L)$  для правых притоков бассейна р.Камы.

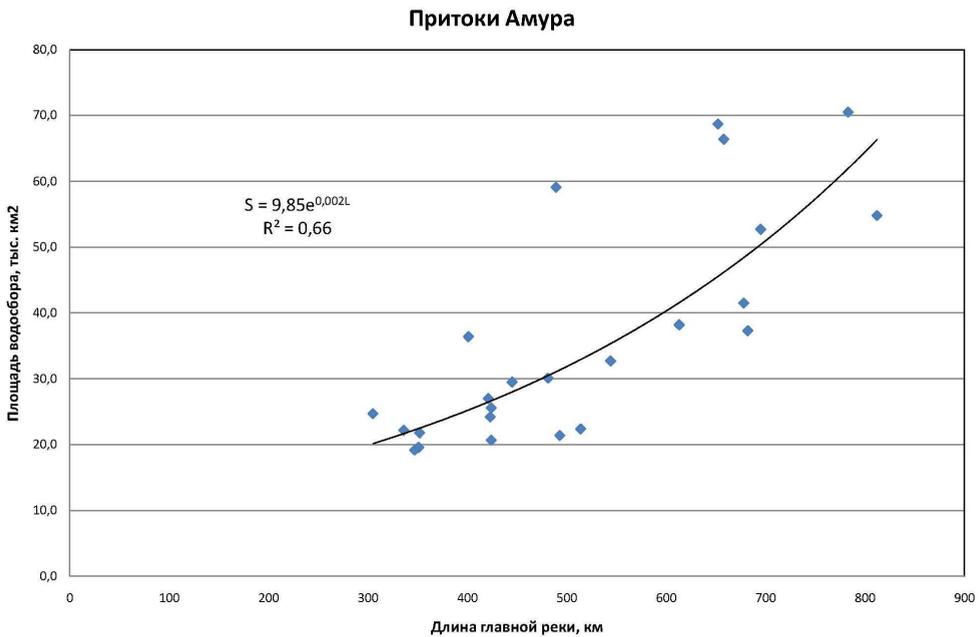


Рис. 5. Экспоненциальная зависимость  $S(L)$  для бассейна р. Амур.

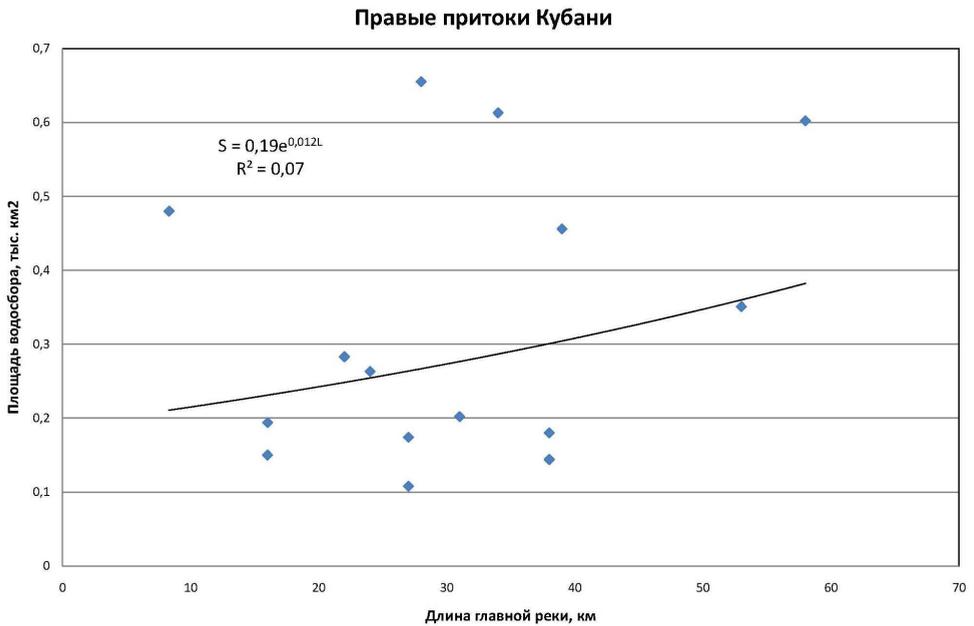


Рис.6. Экспоненциальная зависимость  $S(L)$  для правых притоков бассейна р. Кубань.

Численные значения коэффициентов всех зависимостей по рассмотренным рекам приведены в табл. 1.

Таблица 1

**Параметры экспоненциальных функций  $S = S_0 e^{\lambda L}$  по бассейнам рассмотренных рек и коэффициент корреляции**

Реки	Коэффициент детерминации, $R^2$	Начальная ордината, $S_0$ , км <sup>2</sup>	Коэффициент регрессии, $\lambda$ , км <sup>-1</sup>	Коэффициент линейной регрессии
Крупнейшие реки мира [по 5]	0,45	191 000	0,0004	—
<b>КАМА</b>				
1.Левые притоки	0,77	1500	0,005	0,64
2.Правые притоки	0,99	273	0,013	0,90
3. Все притоки	0,78	1037	0,006	0,70
<b>ДНЕПР</b>				
1.Левые притоки	0,84	2130	0,004	0,72
2.Правые притоки	0,76	1700	0,004	0,84
3. Все притоки	0,78	1834	0,004	0,72
<b>ВОЛГА</b>				
1.Левые притоки	0,86	3600	0,003	0,67
2.Правые притоки	0,62	3900	0,003	0,94
3. Все притоки	0,68	3830	0,003	0,73

Реки	Коэффициент детерминации, $R^2$	Начальная ордината, $S_0$ , км <sup>2</sup>	Коэффициент регрессии, $\lambda$ , км <sup>-1</sup>	Коэффициент линейной регрессии
БЕЛАЯ				
1.Левые притоки	0,97	208	0,015	0,99
2.Правые притоки	—	—	—	—
3. Все притоки	0,89	230	0,014	0,50
ОКА				
1.Левые притоки	0,72	1310	0,005	0,81
2.Правые притоки	0,84	1380	0,005	0,86
3. Все притоки	0,73	1420	0,005	0,82
АМУР				
Все притоки	0,66	9850	0,002	0,62
КУБАНЬ				
1.Левые притоки	0,39	356	0,008	0,61
2.Правые притоки	0,07	190	0,012	0,08
3. Все притоки	0,60	237	0,010	0,70
ОБЬ				
1.Левые притоки	0,52	5200	0,002	0,37
2.Правые притоки	0,57	5400	0,002	0,83
3. Все притоки	0,57	5520	0,002	0,67
Реки Черноморского побережья Кавказа (ЧПК) в пределах РФ	0,86	40,8	0,040	—

Рассмотрение табл. 1 даёт повод для построения связи между параметром  $S_0$  и  $\lambda$  (рис. 7 показывает степенную зависимость как лучший вариант).

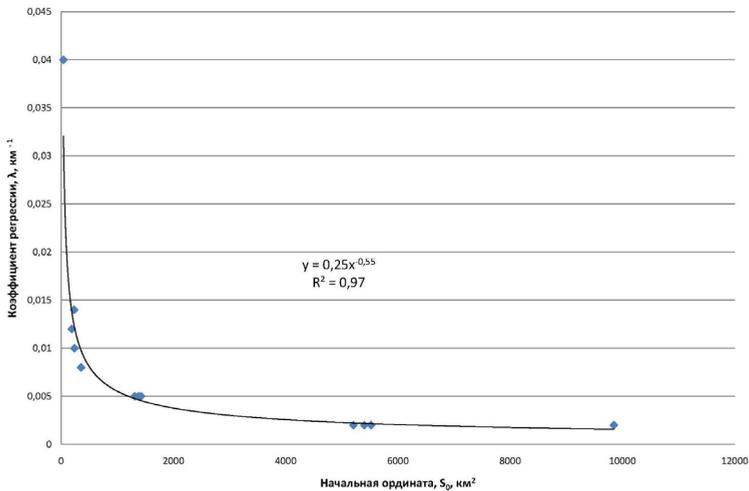


Рис. 7. Степенная зависимость начальной ординаты ( $S_0$ ) от коэффициента регрессии экспоненты ( $\lambda$ ).

Коэффициент детерминации здесь очень хороший ( $R^2 = 0,97$ ). Учитывая малость величин вторых знаков после запятой у коэффициента а перед аргументом х и показателя степени для него, уравнение регрессии можно записать в следующем виде:

$$\lambda = 0,2 \cdot (S_0)^{-0,5}$$

$$\text{или } \lambda \cdot (S_0)^{0,5} = 0,2$$

$$\lambda^2 \cdot S_0 = 0,04$$

Итак, эксплуатируя экспоненциальный закон роста площади бассейна в результате эрозионной работы реки, можно записать простую систему уравнений:

$$S = S_0 e^{\lambda L}, \quad (1)$$

$$S_0 \cdot \lambda^2 = 0,04.$$

Её вполне можно назвать *математическим определением реки*. При этом, если параметры  $S_0$  и  $\lambda$  оцениваются для совокупностей конкретных бассейнов, составляющих притоки конкретной реки, то их степенная связь выглядит общей (пока что на уровне рассмотренных бассейнов). Пожалуй, здесь следует подчеркнуть, что приведённые бассейны были взяты произвольно.

Отметим ещё одно обстоятельство. Последняя формула есть не что иное, как запись равнобочной гиперболы в координатах  $S_0$  и  $\lambda^2$ . Сравнивая её с представлениями Я. Виньковецкого (см. [5]), вполне резонно толкование этих параметров как величин, отражающих соответственно структурную и энергетическую энтропии развития речного бассейна. За энергетическую энтропию (Больцмана) отвечает величина  $S_0$ , за структурную энтропию (информацию) отвечает параметр  $\lambda^2$ . Происходит рост площади бассейна стока и одновременная её дезинтеграция (вместе с геологической основой). За их счёт организуется разветвлённая речная сеть. Хаос осадков формируется в некий структурный порядок стока. В соответствии со вторым законом термодинамики природа развивается асимметрично. Если в одном месте из хаоса возникает порядок, то в другом порядка становится на столько же меньше. Общий запас энергии в природе сохраняется, только качество её ухудшается.

Величины  $S_0$  и  $\lambda^2$  отражают именно такое положение вещей. Через их взаимоотношение мы можем воспринимать структурно-энергетический смысл формирования бассейна реки (рис. 8).

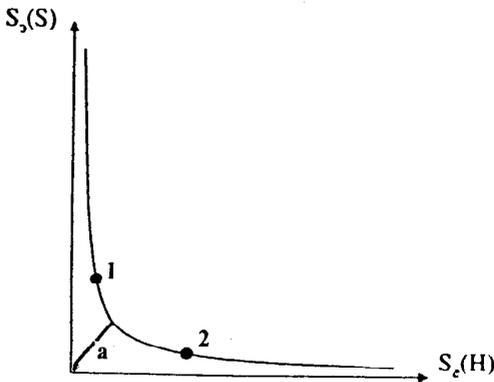


Рис. 8. Гипербола Я.А. Виньковецкого в интерпретации А. Павлова [5].

$S_э$  – энергетическая энтропия Больцмана.  
 $S_c$  – структурная энтропия (информация по Шеннону).  
 Точки 1 и 2 – соответственно сопряжённое разделение хаоса и порядка из первоначального состояния, когда они были слиты и в некой точке  $Z$  (см. рис. 9).

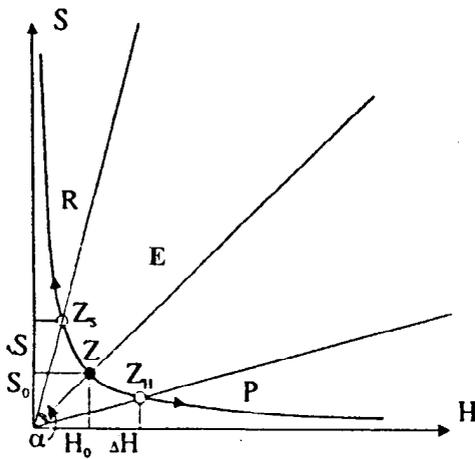


Рис.9. Схема распределения хаоса и порядка (раздвоение точки  $Z$  – ZERO)

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

Между полями прогрессивной составляющей эволюции ( $P$ ) и регрессивной ( $R$ ) появляется новое поле ( $E$ ), которого не было в начальном состоянии ZERO или которое, скорей всего, в это начальное состояние входило. Что же это за поле? Этот феномен в развитии речного бассейна предстоит ещё исследовать.

У. Грегори [5] есть интересная и продуктивная мысль: «Мы не только верим тому, что видим, но до некоторой степени и видим то, во что верим».

Рассматривая экспоненциальные зависимости  $S(L)$ , легко увидеть, что точки в правой части графиков не только более рассеяны на поле рисунка, но и несколько смещены к низу. Объяснение этому явлению может быть довольно простым и естественным с физико-географической точки зрения. Бассейн стока не только начинается с некоторой минимальной площади  $S_0$ , но должен иметь и верхний предел, не-

кую асимптоту  $S_{\max}$ . Площадь бассейна не может быть бесконечно большой, на что нацеливает экспоненциальная функция. И здесь логично обратиться к логистической функции. Используя дифференциальное уравнение И. Пригожина для описания роста популяций [9], можно получить полезное для нас решение:

$$\frac{dS}{dL} = rS \left( 1 - \frac{S}{K} \right), \quad (1)$$

где параметр  $r$  характеризует скорость роста (аналог коэффициента регрессии в экспоненте), а  $K$  – емкость среды (т.е. максимально возможную площадь – в нашем случае  $S_{\max}$ ).

Получаем точное решение (логистическую функцию)

$$S(L) = \frac{KS_0 e^{rL}}{K + S_0 (e^{rL} - 1)}, \quad (2)$$

где  $S_0$  – начальная площадь.

Результаты вычислений по некоторым рекам, уже использованным нами для иллюстрации поисков, приведены в табл. 2.

Таблица 2

**Параметры логистической функции**

№№	Река	$S_0$	$K$	$r$
1	Амур	18 000	71 000	0,0025
2	Обь	2000	135 000	0,006
3	Волга	2000	70 000	0,007
4	Ока	2000	20 000	0,008
5	Днепр	1000	43 000	0,008
6	Кама	1000	35 000	0,009
7	Белая	300	12 000	0,018
8	Кубань	100	3500	0,024

Визуальное представление логистических связей по ним дают рис.10, 11,12.

Точки в виде квадратиков являются расчётными по реальным значениям параметров и фиксируют логистические кривые для бассейнов приведённых рек. В табл.2 параметр  $K$ , по своей сути, обозначает положение верхней асимптоты, показывающий ограничение развития площади речного бассейна (предельный её максимум). Между начальной асимптотой ( $S_0$ ) и коэффициентом  $r$  (скорость роста бассейна) просматривается хорошая степенная связь, аналогичная той, что наблюдалась при экспоненциальной зависимости (см. рис. 7 и 13).

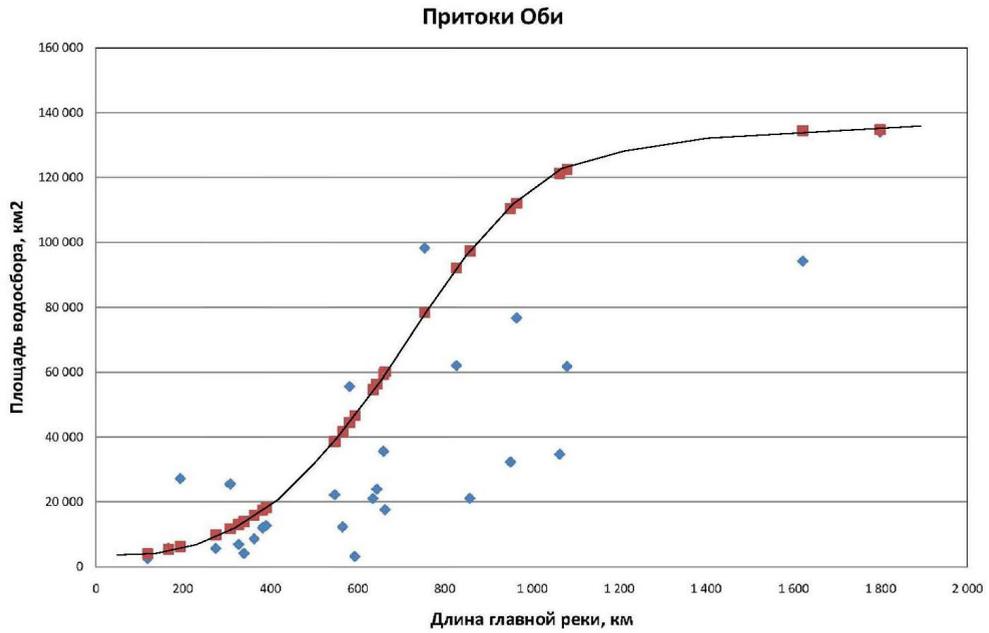


Рис. 10. Бассейн Оби

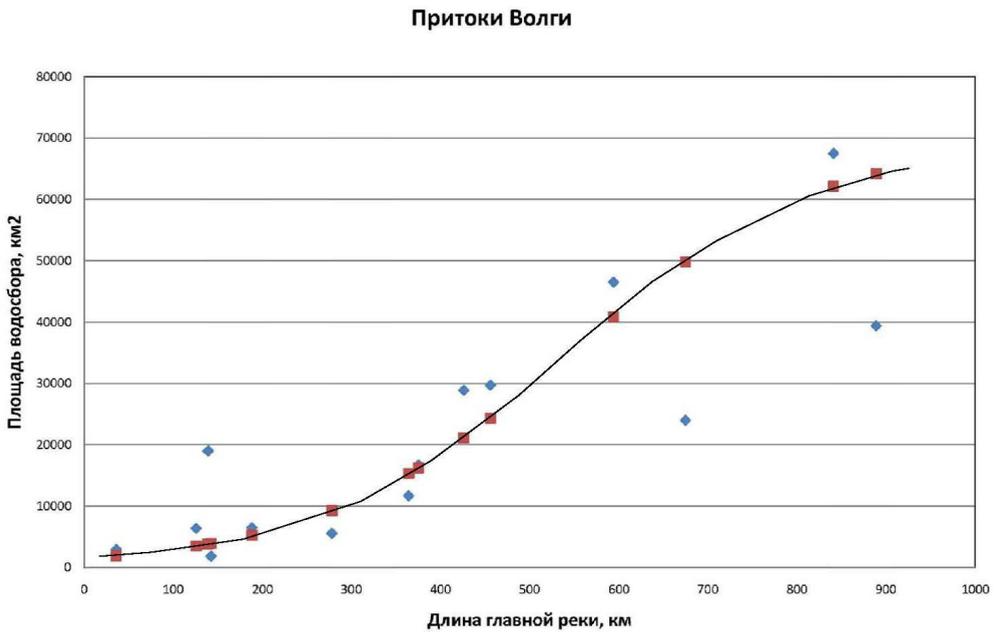


Рис. 11. Бассейн Волги.

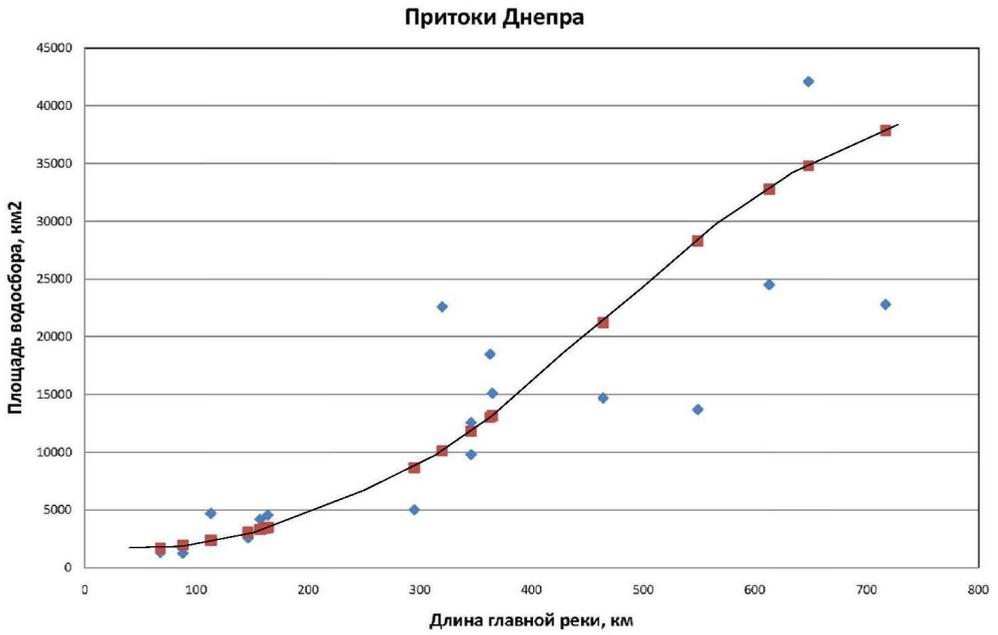


Рис. 12. Бассейн Днепра.

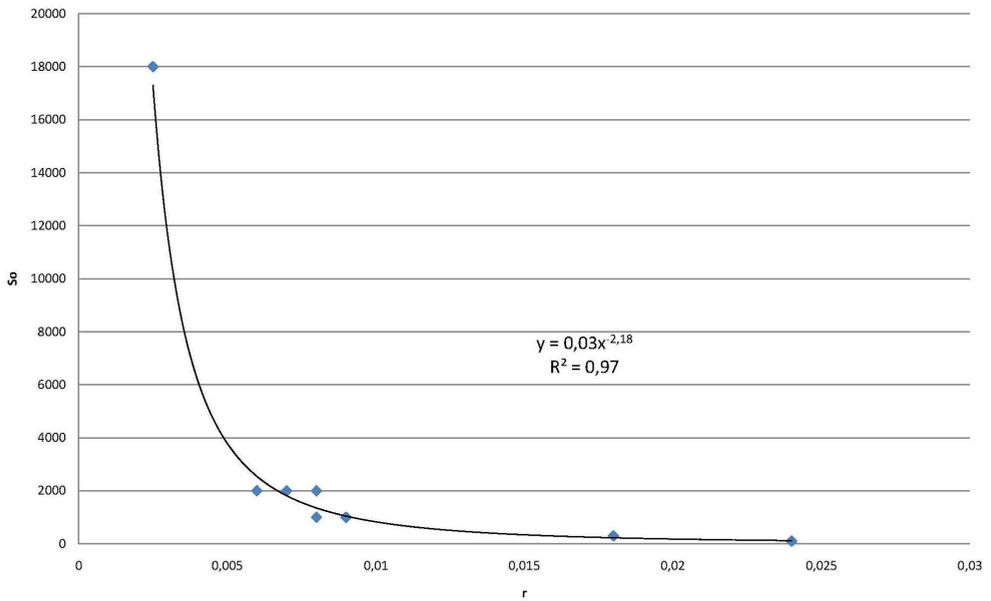


Рис. 13. Степенная зависимость начальной ординаты ( $S_0$ ) от коэффициента  $\gamma$  (скорость роста бассейна).

Простое преобразование уравнения этой зависимости позволяет увидеть её преобразование в равнобочную гиперболу по рис. 7:

$$S_0 = 0,034 \cdot r^{-2,18},$$

$$S_0 \cdot r^2 = 0,03.$$

Заметим, что коэффициент детерминации  $R^2$  здесь тоже высокий (0,973).

Смысл полученной гиперболы, так же как и ранее, приводит к пониманию кривой А. Виньковецкого с дополнениями А. Павлова (см. рис. 8 и 9). Скорость роста  $r$  следует воспринимать как показатель роста структурной энтропии (создание речной сети). Речные струи разрушают геологическую основу и площадь бассейна (дезинтегрируют их). При этом в силу структурно-энергетического единства природы такая дезинтеграция приводит к сопряжённому росту новых структур – формированию речной сети. Площадь же водосбора становится менее информативной (теряет свои информативные возможности), а энергетические возможности движущейся воды по отношению к площади увеличиваются (расширяются).

Таким образом, система уравнений (1) вполне корреспондирует с более реальной системой (2), которая опирается на логистические представления развития речного бассейна

$$S(L) = \frac{KS_0 e^{rL}}{K + S_0 (e^{rL} - 1)}, \quad (2)$$

$$r^2 \cdot S_0 = 0,03.$$

Система уравнений (2) принимается за математическое описание реки. Её словесное выражение можно записать в следующем виде:

1. Базовыми интегральными характеристиками реки являются её длина ( $L$ ) и площадь водосбора ( $S$ ).
2. При существующем базисе эрозии ёмкостная величина речного бассейна ( $K$ ) определяется двумя асимптотами:
  - минимальной площадью, создающей предпосылки для развития реки ( $S_0$ );
  - максимальной площадью, заданной геологическими процессами ( $S_{max}$ ), и ограничивающий возможности роста.
3. Расширение площади водосбора контролируется скоростью роста длины реки ( $r$ ).
4. Скорость роста (скорость организации речной сети)  $r$  для данной реки является постоянной при сохранении базиса эрозии речного бассейна, который может быть выражен через минимальную площадь ( $S_0$ ).

Эти слова, на наш взгляд, вполне эквивалентны полученным уравнениям.

Дальнейшая работа в рассмотренном направлении видится в составлении каталога из таблиц логистических параметров (см. табл.2) и графиков  $S(L)$  для региональной мировой системы. При этом следует двигаться от мелких масштабов к более крупным: от великих рек мира к речным системам регионов и далее в сторону детализации.

Образцом здесь может служить опыт геологического картирования территории

СССР. Вначале масштаб 1: 7 500 000; затем 1: 5 000 000; 1: 1 000 000; 1: 500 000 и далее к масштабам более крупным, но, в основном, по отдельным регионам.

Полученная в этой работе система уравнений для речного бассейна будет, разумеется, совершенствоваться и детализироваться, обрастая статистическими характеристиками, а также временными датировками по возрасту бассейнов и их геологической истории.

В качестве теоретической базы предполагается использовать разработки И. Пригожина [9 и др.]

В заключение отметим, что когда эта статья была закончена, авторы неожиданно для себя натолкнулись на реферат книги В.Р. Кирейтова и А.Г. Назина [3], которая посвящена вопросам математического исследования геоморфометрических понятий и величин с целью обеспечения возможности эффективного привлечения к этим исследованиям современных компьютерных технологий. Видимо, стремление к математической формализации основных понятий физико-географического толка становится фактом современной науки. А поскольку геоморфометрия прямым и обратным образом связана с деятельностью поверхностных вод и, в частности, с формированием речных систем, то поставленные в этой статье вопросы приобретают особую актуальность.

Наверное, будет уместным закончить статью замечанием, что теория Максвелла представляет собой систему уравнений Максвелла. Кажется, оно принадлежит Р. Фейнману. Гидрологам следует рискнуть повторить такие построения для речных систем.

### Литература

1. Барков А.С. Словарь-справочник по физической географии. — М.: Учпедгиз, 1948. — 304 с.
2. Геологический словарь. Т.2. — М.: Недра, 1973. — 456 с.
3. Кирейтов В.Р., Назин А.Г. Математические основы геоморфометрии. — Новосибирск, 2010. — 392 с.
4. Ожегов С.И. и Шведова Н.Ю. Толковый словарь русского языка. — М.: Азбуковник, 1999, 2000. — 944 с.
5. Павлов А.Н. Основы экологической культуры. — СПб.: Политехника, 2004. — 334 с.
6. Павлов А.Н. Представление об информационных циклах. // Ученые записки РГГМУ, № 1. СПб, РГГМУ, 2005, с. 189-198.
7. Павлов А.Н. Модуль площадной нагрузки рек — новый параметр речных бассейнов. // Ученые записки РГГМУ, № 19. СПб, РГГМУ, 2011, с. 21-36.
8. Павлов А.Н., Голосовская В.А., Саноцкая Н.А. Симметрия и асимметрия речных бассейнов. Обсуждение задачи. // Ученые записки РГГМУ, № 18. СПб, РГГМУ, 2011, с. 21-34.
9. Пригожин И. От существующего к возникающему. — М.: Наука, 1985. — 327 с.
10. Чеботарёв А.И. Гидрологический словарь. Изд. 3 перераб. и дополн. — Гидрометеиздат, 1978. — 308 с.

*Н.В.Дьяченко*

## ВОЛНОВЫЕ ДВИЖЕНИЯ НАКЛОННОЙ ПОВЕРХНОСТИ ЖИДКОСТИ

*N.V.Djachenko*

### WAVE MOTIONS OF THE RAKING SURFACE OF THE FLUID

*В работе решена задача о распространении гравитационных волн вдоль наклонной поверхности жидкости, образующейся под амфибийным судном на воздушной подушке. Показано, что амплитуда волн экспоненциально возрастает во времени и с вертикальной координатой, что приводит к разрушению волн и образованию облака брызг.*

*Ключевые слова: наклонная поверхность жидкости, колебания давления, потенциальное движение, решение уравнения Лапласа, профиль волны.*

*The problem about extending of gravity waves along a raking surface of the fluid formed under an amphibious air-cushion vehicle is in-process solved. It is shown that the amplitude of waves exponentially increases in a time and with vertical co-ordinate that leads to a wave breaking and formation of a cloud of splashes.*

*Keywords: a raking surface of a fluid, pressure oscillations, potential traffic, the solution of the equation of the Laplace, a wave contour.*

Вопросу образования волн на горизонтальной поверхности моря посвящено большое количество научных работ [2] и др. В настоящее время считается, что первоначально волны на гладкой поверхности моря возникают вследствие турбулентных пульсаций поля скоростей и давлений в массе воздуха, перемещающейся относительно поверхности воды, т.е. под воздействием ветра. Возникшие волны создают дополнительные помехи движению воздуха, усиливают пульсации поля давлений воздуха, а это вновь приводит к увеличению высот волн. Этот процесс продолжается до тех пор, пока не установится динамическое равновесие. Высота волн четко связана определенной корреляционной зависимостью со скоростью ветра над поверхностью моря [3].

В настоящей работе рассматривается математическая модель волнового движения на наклонной к горизонту поверхности воды. Такая поверхность образуется под амфибийным судном на воздушной подушке (АСВП), парящим над уровнем моря, за счет избыточного давления, создаваемого воздушными нагнетателями, и представляет собой впадину с горизонтальным дном и наклонными краями, рис.1.

При решении граничной задачи математической физики о волнах на поверхности жидкости в первую очередь необходимо решить вопрос о величине давления воздуха над этой поверхностью. В рассматриваемом здесь случае есть основания полагать, что волны на склоне впадины воздушной подушки (ВП) возникают вследствие пульсаций поля скоростей и давлений в струе воздуха, истекающей из ВП, причем кроме случайных турбулентных пульсаций поля скоростей и давлений, влияние которых учесть весьма трудно, могут быть и причинно-определенные пульсации, вызванные, напри-

мер, качкой судна, вибрацией гибкого ограждения (ГО), или связанные с лопастной частотой нагнетателя, подающего воздух в ВП. Влияние этих возмущений на образование волн учесть легче. В данной работе исследована схема, описывающая колебания сложной системы, включающей колебания поверхности склона впадины вместе с колебаниями поля скоростей и давлений в струе воздуха над поверхностью склона.

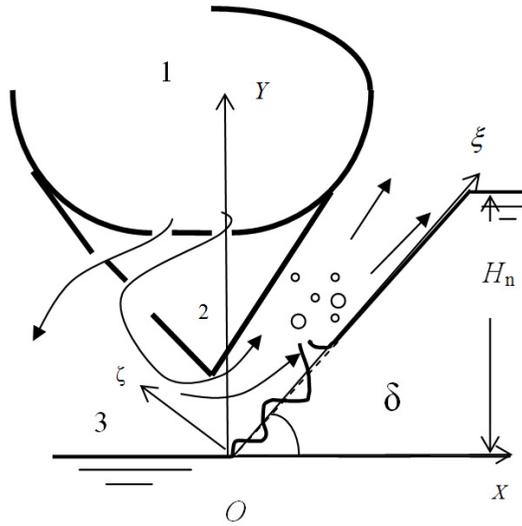


Рис.1. Схема истечения воздуха вдоль склона впадины ВП: 1 – ресивер; 2 – навесной элемент гибкого ограждения ВП; 3 – область ВП;  $H_n$  – глубина впадины ВП;  $\delta$  – угол наклона поверхности к горизонту.

Рассмотрим поверхность воды, образованную плоским дном и склоном впадины ВП при переходе от области ВП к невозмущенному уровню поверхности моря. Начало прямоугольной системы координат поместим в точку, где горизонтальная поверхность дна впадины переходит в наклонную к горизонту поверхность склона впадины. Ось OX совпадает с горизонтальной поверхностью дна, ось OY направлена вертикально вверх. В [1] показано, что величина избыточного давления воздуха вдоль склона впадины изменяется по гидростатическому закону

$$P = P_n - \gamma y \tag{1}$$

где  $P_n$  – давление в области ВП.

Такое распределение давления обеспечивает равновесие невозмущенной плоской поверхности склона  $y_c$ . Считается, что колебания жидкости происходят относительно этой поверхности  $y_c = x \operatorname{tg} \delta$ , где  $\delta$  – угол между поверхностью склона впадины и горизонтальным дном. Таким образом, форма равновесной поверхности склона известна и она не зависит от времени.  $S(x,t)$  – свободная поверхность склона впадины в положении, отклоненном от равновесного в процессе колебаний;  $\zeta(x,t)$  – вертикальное отклонение точки склона впадины ВП от равновесного положения  $y_c$ .

Очевидно, что уравнение свободной поверхности жидкости на склоне впадины можно представить в виде

$$S(x, t) = \zeta(x, t) + y_c(x) \quad (2)$$

Движение жидкости считаем потенциальным. Потенциал скоростей  $\phi$  удовлетворяет уравнению Лапласа

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2} = 0 \quad (3)$$

Составляющие вызванных скоростей равны

$$U = -\frac{\partial \phi}{\partial x} \quad V = -\frac{\partial \phi}{\partial y} \quad (4)$$

Полная производная по времени функции  $S(x, t)$

$$\frac{dS}{dt} = \frac{\partial y_c}{\partial x} \frac{dx}{dt} + \frac{\partial \zeta}{\partial x} \frac{dx}{dt} + \frac{\partial y_c}{\partial t} + \frac{\partial \zeta}{\partial t}$$

Вычислив все производные и учитывая малость колебаний, получим

$$\frac{dS}{dt} = -tg\delta \frac{\partial \phi}{\partial x} + \frac{\partial \zeta}{\partial t} \quad (5)$$

Величина вертикальной составляющей скорости точки склона впадины ВП

$$\frac{dS}{dt} = -\frac{\partial \phi}{\partial y}$$

Следовательно, кинематическое условие на свободной поверхности имеет вид:

$$-\frac{\partial \phi}{\partial y} = -tg\delta \frac{\partial \phi}{\partial x} = \frac{\partial \zeta}{\partial t} \quad \text{при } y = y_c \quad (6)$$

При невозмущенной поверхности склона впадины давление и скорость в струе воздуха связаны уравнением Бернулли

$$P_p + \gamma y - \frac{\rho V_m^2}{2} = P_n = const \quad (7)$$

где  $V_m$  – скорость воздуха в точке струи с координатами  $(x, y)$ , а  $P_p$  – величина давления в ресивере судна.

Местная толщина струи  $s_m(x, y)$  при постоянной величине расхода воздуха  $Q_l$  равна

$$s_m = \frac{Q_l}{V_m} \quad (8)$$

При наличии на поверхности склона впадины волн с ординатами  $\zeta(x, y)$  толщина струи увеличивается или уменьшается в зависимости от знака величины  $\zeta$

$$s = s_m - \zeta \cos \delta \quad (9)$$

Величина местного значения скорости воздуха с учетом волнового движения подстилающей поверхности и малости колебаний ( $\zeta/s_m \ll 1$ )

$$V = V_m \left( 1 + \frac{\zeta \cos \delta}{s_m} \right) \quad (10)$$

С учетом сделанных преобразований величина давления в струе определяется

$$P = P_p - \frac{\rho V_m^2}{2} \left( 1 + \frac{2\zeta \cos \delta}{s_m} \right) \quad (11)$$

Подставив выражение (2.16) в уравнение Коши – Лагранжа, получим

$$\frac{P_p + \gamma y - \frac{\rho V_m^2}{2}}{\rho_w} = \frac{\partial \varphi}{\partial t} - g\zeta + \left( \frac{\rho}{\rho_w} \right) V_m^2 \left( \frac{\zeta}{s_m} \right) \cos \delta + F(t) \quad (12)$$

Левая часть равенства (12) является константой, т.к. числитель дроби равен  $P_p$ . Введем константу под знак потенциала  $\varphi$  и опустим произвольную функцию  $F(t)$ , что не отразится на величинах вызванных скоростей. Тогда:

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} = g\zeta \left[ 1 - \left( \frac{\rho}{\rho_w} \right) \frac{V_m^2 \cos \delta}{gs_m} \right] \quad (13)$$

Обозначим величину в квадратной скобке  $q(x)$ . В общем случае  $q(x)$  не равно единице. Эта величина зависит от положения точки  $(x,y)$  на склоне впадины ВП. В районе истечения струи из-под нижней кромки навесного элемента ГО толщина струи  $s_m$  максимальна, а на выходе струи в атмосферу - минимальна. В первом случае, как показывают расчеты, величина  $q(x)$  очень близка к единице, во втором случае эта величина становится отрицательной. Физический смысл неравенства  $q(x) < 0$  означает, что силы аэродинамического разрежения в струе воздуха превышают силы тяжести воды. В этом случае поверхность жидкости может разрушаться, от нее начнут отрываться капли воды, если этому не смогут препятствовать силы поверхностного натяжения на границе воздух – вода. Рассматривать волновое движение жидкости на поверхности впадины ВП в этом случае становится не целесообразным. Поэтому дальнейшее рассмотрение задачи будет относиться только к участкам струи, на которых выполняется условие  $q(x) > 0$ .

Динамическое граничное условие на свободной поверхности теперь записывается в виде:

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} = g\zeta q(x) \quad (14)$$

Кинематическое граничное условие на свободной поверхности воды имеет вид

$$-\frac{\partial \varphi}{\partial y} = -\frac{\partial \varphi}{\partial x} \operatorname{tg} \delta + \frac{\partial \zeta}{\partial t} \quad (15)$$

Исключив величину  $\zeta$  из (14) и (15), получим новое общее граничное условие на

границе для определения величины потенциала  $\phi(x, y, t)$

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial t^2} - gq(x)tg\delta \frac{\partial \phi}{\partial x} + gq(x) \frac{\partial \phi}{\partial y} = 0 \quad (16)$$

Граничное условие на глубине,

$$\phi \rightarrow 0 \quad \text{при } y \rightarrow \infty \quad (17)$$

Решение уравнения Лапласа удовлетворяющее граничным условиям на бесконечной глубине, может быть получено методом Фурье разделения переменных, [3]:

$$\phi = \ell^{ky} \left[ a(t) \cos(kx) + b(t) \sin(kx) \right] \quad (18)$$

где  $a(t)$  и  $b(t)$  неизвестные функции времени.

Для определения этих функций решение (18) подставим в граничное условие (16) и приравняем значения коэффициентов при функциях синуса и косинуса в левой и правой частях уравнения. Получим систему двух дифференциальных уравнений для определения этих функций. Решения ее

$$a(t) = C_1 \ell^{\sigma t} \sin(\omega t + \varepsilon_1) + C_2 \ell^{-\sigma t} \sin(\omega t + \varepsilon_2) \quad (19)$$

$$b(t) = C_1 \ell^{\sigma t} \cos(\omega t + \varepsilon_1) + C_2 \ell^{-\sigma t} \cos(\omega t + \varepsilon_2)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{gq(x)k}{\cos \delta}} \sin \frac{\delta}{2} \quad \omega = \sqrt{\frac{gq(x)k}{\cos \delta}} \cos \frac{\delta}{2}$$

где  $C_1, C_2, \varepsilon_1, \varepsilon_2$  – произвольные постоянные.

Подставим выражения (19) в решение уравнения Лапласа (18) и, выполнив приведение подобных членов, получим:

$$\phi(x, y, t) = C_1 \ell^{(ky+\sigma t)} \sin(kx - \omega t) + C_2 \ell^{(ky-\sigma t)} \sin(kx + \omega t) \quad (20)$$

Второе слагаемое в формуле (20) содержит в показателе экспоненты слагаемое  $(-\sigma t)$ , следовательно, оно соответствует движению жидкости, которое быстро затухает со временем. Мы опустим это решение из рассмотрения и ограничимся первым слагаемым в формуле. Продифференцируем по времени функцию  $\phi(x, y, t)$  и подставим в формулу (14), положив  $y = x \operatorname{tg} \delta$ . Это даст профиль свободной поверхности жидкости на склоне впадины ВП

$$\zeta(x, t) = C_1 \sqrt{\frac{k}{gq(x) \cos \delta}} \ell^{(kx \operatorname{tg} \delta + \sigma t)} \cos\left(kx - \omega t + \frac{\delta}{2}\right) \quad (21)$$

Полученное решение характеризуется двумя особенностями.

- Во-первых, в амплитуде волны присутствует множитель  $1/\sqrt{q(x)}$ , который превышает единицу и значительно увеличивает амплитуду волны. Кроме того, он зависит от координаты  $x$ , поэтому величина амплитуды по мере приближения к критическому значению координаты  $y_k$  возрастает до бесконечности.

- Во-вторых, константы  $\sigma$  и  $\omega$  в полученном решении пропорциональны величине  $\sqrt{q(x)}$ . Следовательно, частота волны уменьшается по мере приближения к критическому значению координаты  $y_k$  до нулевого значения. Движение жидкости на поверхности впадины ВП теряет характер волнового движения и переходит в асимптотическое. Можно считать, что здесь начинается разрушение сплошной поверхности жидкости и образование брызг. Результаты расчета формы профиля склона впадины ВП по формуле (21) приведены на Рис. 2. Для удобства анализа по оси ординат отложены значения отношения  $\zeta^* = \zeta / H_n$  а по оси абсцисс — относительная координата склона  $y^* = y / H_n$

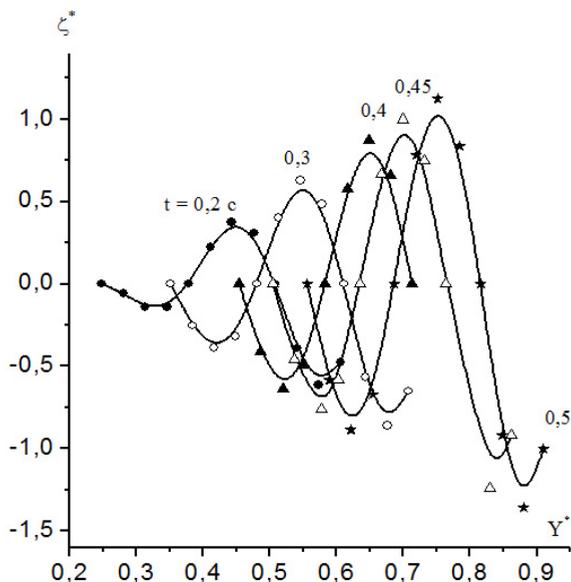


Рис.2. Зависимость относительных ординат профиля волн  $\zeta^*$  от относительной координаты  $y^*$  точки на склоне впадины ВП для различных моментов времени.

Можно видеть как с увеличением времени растут амплитуда и длина волны, а частота волны уменьшается. Рамки линейной теории волн малой высоты не позволяют судить о том, с какого момента амплитуда волны возрастает настолько, что начинается разрушение сплошной поверхности жидкости, однако о положении точки начала разрушения поверхности можно судить по величине коэффициента  $q(x)$  как было отмечено выше.

### **Литература**

1. *Аносов В.Н.* Исследование процесса брызгообразования и разработка брызгозащитных средств судов на воздушной подушке: Дис....канд.техн.наук.-СПб, 1992.-123 С.
2. *Воробьев В.Н., Смирнов Н.П.* Общая океанология. Часть 2. Динамические процессы.-СПб.: изд. РГГМУ, 1999.-230 С.
3. Динамика океана/Под ред.Ю.П.Доронина.-Л.:Гидрометеиздат, 1980.-303 С.

*А.В. Бабкин, К.Ш. Кадиров*

**ПОВЕРОЧНЫЕ ПРОГНОЗЫ МЕСТНОГО СТОКА СУБЪЕКТОВ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПРИВОЛЖСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА  
С УЧЕТОМ ИХ ДЛИННОПЕРИОДНЫХ КОЛЕБАНИЙ**

*A.V. Babkin, K.Sh. Kadirov*

**TRAINING FORECASTS OF RUNOFF OF LOCAL FORMATION OF POLITICAL  
AND ADMINISTRATIVE SUBDIVISIONS OF VOLGA FEDERAL DISTRICT OF  
RUSSIAN FEDERATION ACCOUNTING LONG PERIODS IN THEIR VARIATIONS**

Методом “Периодичностей” во временных рядах местного стока субъектов Российской Федерации Приволжского федерального округа выявлены периоды колебаний различной продолжительности. Поверочные прогнозы местного стока с заблаговременностью 5 и 10 лет рассчитаны по средним значениям его временных рядов, по тенденциям его линейных трендов, по синусоидам с большими периодами и по суммам этих синусоид и тенденций трендов. Оценка оправдываемости годовичных прогнозов на независимом материале показала, что лучшие результаты прогнозирования получены по суммам синусоид с большими периодами колебаний и тенденций трендов.

*Ключевые слова:* местный сток, методика, временной ряд, долгосрочный прогноз

*The long periods of different lengths were revealed in the time series of runoff of local formation of Political and Administrative Subdivisions of Volga Federal District of Russian Federation. The training forecasts of runoff of local formation were computed with the lead time of 5 and 10 years by the mean values of its time series, tendencies of its linear trends, long period sinusoids and by the sums of the sinusoids and the tendencies of the trends. The numbers of true annual forecasts were estimated by the new independent data. The best results of prediction were computed by the sums of the long period sinusoids and trends tendencies.*

*Key words:* runoff of local formation, procedures, time series, long-range forecast

## **1. Введение**

Долгосрочное прогнозирование местного стока административных территорий России актуально для многих отраслей современного производства, связанных с использованием водных ресурсов, включая сельское хозяйство, водный транспорт, туризм и коммунально-бытовое водоснабжение. При прогностических расчетах водных ресурсов следует учитывать скрытые циклические закономерности в их изменениях (Шлямин, 1962; Голицын и др., 2002).

В настоящей работе временные ряды местного стока субъектов Российской Федерации Приволжского федерального округа (ПФО) анализировались с 1930 по 1998 гг., десятилетний интервал с 1999 по 2008 гг. использовался для расчета его поверочных прогнозов с заблаговременностью 5 и 10 лет, и их проверке на новом независимом мате-

риале. Для каждого субъекта ПФО прогнозы местного стока рассчитывались по среднему значению его временного ряда, по тенденции его линейного тренда, по синусоиде с большим периодом колебаний и по сумме этой синусоиды с тенденцией тренда.

Скрытые периоды в колебаниях местного стока республик и областей ПФО выявлялись при анализе их временных рядов методом “Периодичностей” (Бабкин А.В., 2005; 2008). При этом, большим периодом синусоиды считалось его значение в диапазоне от 24 лет до величины продолжительности ряда местного стока.

Долгосрочный прогноз местного стока за отдельный год считается оправдавшимся, если разность наблюдаемого и спрогнозированного его значений (фактическая ошибка прогноза) меньше, чем допустимая ошибка прогнозирования  $\Delta$ . Допустимая ошибка прогнозов составляет 0,674 от среднего квадратического отклонения временного ряда  $\sigma$  (Аполлов и др., 1974).

**2. Статистические характеристики временных рядов местного стока субъектов Российской Федерации Приволжского федерального округа**

На интервале времени 1930 – 1998 гг. проведены расчеты средних значений стока вод местного формирования субъектов ПФО, параметров тенденций их линейных трендов, средних квадратических отклонений местного стока и допустимых ошибок их долгосрочных прогнозов. Их результаты обобщены в табл. 1. Здесь  $a$  и  $b$  – соответственно коэффициент и дополнительное слагаемое линейной аппроксимации,  $r_1$  – значение коэффициента корреляции временных рядов и тенденций их трендов.

*Таблица 1*

**Средние значения  $Q_s$ , средние квадратические отклонения  $\sigma$ , допустимые ошибки прогнозов  $\Delta$ , параметры линейной аппроксимации  $a$  и  $b$  местного стока субъектов ПФО и корреляция его временных рядов с тенденциями линейных трендов  $r_1$ , 1930 – 1998 гг.**

Субъекты РФ Приволжского ФО	$Q_s$ , км <sup>3</sup> /год	$\sigma$ , км <sup>3</sup> /год	$\Delta$ , км <sup>3</sup> /год	$a$ , км <sup>3</sup> /год <sup>2</sup>	$b$ , км <sup>3</sup> /год	$r_1$
1. Республика Башкортостан	25,7	7,65	5,16	0,104	-178,8	0,271
2. Кировская обл.	28,8	6,57	4,43	0,186	-335,6	0,562
3. Республика Марий Эл	3,91	0,78	0,53	0,014	-23,4	0,355
4. Республика Мордовия	3,14	0,99	0,67	0,011	-19,17	0,213
5. Нижегородская обл.	11,9	2,81	1,90	0,055	-96,36	0,389
6. Оренбургская обл.	7,49	4,11	2,77	0,011	-14,55	0,053
7. Пензенская обл.	5,04	1,61	1,08	0,020	-33,77	0,240
8. Пермский край	49,4	9,15	6,16	0,197	-337,28	0,429
9. Самарская обл.	4,53	1,62	1,09	0,024	-42,96	0,297
10. Саратовская обл.	5,38	2,46	1,67	0,017	-28,82	0,139
11. Республика Татарстан	8,35	2,60	1,75	0,032	-52,89	0,238
12. Республика Удмуртия	8,74	2,31	1,56	0,056	-100,71	0,479
13. Ульяновская обл.	4,88	1,52	1,03	0,031	-56,75	0,410

Субъекты РФ Приволжского ФО	$Q_s$ , км <sup>3</sup> /год	$\sigma$ , км <sup>3</sup> /год	$\Delta$ , км <sup>3</sup> /год	$a$ , км <sup>3</sup> /год <sup>2</sup>	$b$ , км <sup>3</sup> /год	$r_1$
14. Республика Чувашия	2,79	1,48	0,99	0,022	-40,45	0,295
						0,312

Наибольшее среднее значение стока вод местного формирования отмечается в Пермском крае – 49,4 км<sup>3</sup>/год, наименьшее, равное 2,79 км<sup>3</sup>/год – в республике Чувашия. Наибольшие значения его среднего квадратического отклонения и допустимой ошибки прогноза получены в Пермском крае, а наименьшие – в республике Марий Эл.

Все коэффициенты линейной аппроксимации временных рядов местного стока субъектов ПФО положительны. Местный сток в этом округе имеет тенденцию к повышению. Местный сток Пермского края характеризуется наибольшим коэффициентом линейной аппроксимации, а наименьшее значение этого коэффициента отмечается у местного стока Республики Мордовия и Оренбургской области.

Наибольшая корреляция ряда и его тенденции тренда установлена у местного стока Кировской области – 0,562, наименьшая, равная 0,053 – у местного стока Оренбургской области. В последнем столбце в нижней строке рассчитано среднее значение корреляции рядов местного стока субъектов ПФО с тенденциями их трендов. Оно оказалось равным 0,312.

### 3. Синусоиды с большими периодами в колебаниях местного стока субъектов РФ, входящих в ПФО

Метод “Периодичностей” основан на аппроксимации гидрометеорологических временных рядов синусоидальными функциями последовательно с пошаговым изменением периода. Скрытые гармоники оцениваются по объективному критерию – минимуму суммы квадратов разностей временных рядов и аппроксимирующих их синусоид в зависимости от периода аппроксимации.

Выявленные по этому критерию синусоиды в области больших периодов (с их величинами в диапазоне от 24 лет до продолжительности ряда наблюдений) и их характеристики представлены в таблице 2. Здесь  $T$  – период аппроксимирующей синусоиды,  $Q_0$ ,  $\delta Q/2$  и  $\varphi$  – ее дополнительное слагаемое, амплитуда и фаза,  $r_2$  – корреляция синусоиды с большим периодом и соответствующего временного ряда,  $r_3$  – корреляция суммы этой синусоиды и тенденции линейного тренда с временным рядом.

Во временных рядах местного стока субъектов РФ Приволжского ФО выявлены периоды от 25 лет (республика Чувашия) до 43 лет (Оренбургская область). Наименьшая корреляция ряда местного стока и синусоиды с большим периодом, равная 0,129, получена для республики Мордовия. Наибольшая корреляция синусоиды и временного ряда оказалась у местного стока республики Удмуртия. Она равна 0,491.

В последней строке таблицы 2 в столбцах 6 и 7 рассчитаны средние значения корреляций местного стока с выявленными синусоидами и с их суммами с тенденци-

ями линейных трендов для всех субъектов ПФО. В среднем, корреляция временных рядов местного стока и сумм синусоид и тенденций трендов оказалась больше, чем корреляции временных рядов с тенденциями их трендов и с синусоидами с большими периодами по отдельности.

В некоторых случаях корреляция временного ряда и тенденции тренда или синусоиды с большим периодом оказалась выше корреляции с временным рядом их суммы. Так, корреляция местного стока Кировской области и Пермского края с суммой тенденции тренда и синусоиды немного ниже его корреляции с тенденцией тренда. У местного стока Оренбургской, Самарской, Саратовской и Ульяновской областей, а также республики Татарстан, корреляция местного стока и синусоиды с большим периодом оказалась несколько выше его корреляции с суммой долгопериодной синусоиды и тенденции тренда.

Таблица 2

**Синусоиды с минимумами сумм квадратов разностей временных рядов местного стока**

Субъекты РФ Приволжского ФО	$T$ , годы	$Q_0$ , км <sup>3</sup> /год	$\delta Q/2$ , км <sup>3</sup> /год	$\varphi$ , радиан	$r_2$	$r_3$
1. Республика Башкортостан	41,0	25,5	3,41	4,055	0,326	0,356
2. Кировская обл.	36,0	28,7	3,47	0,222	0,376	0,559
3. Республика Марий Эл	32,0	3,93	0,29	1,673	0,267	0,403
4. Республика Мордовия	27,0	3,16	0,18	0,828	0,129	0,242
5. Нижегородская обл.	33,0	12,0	1,35	0,445	0,336	0,432
6. Оренбургская обл.	43,0	7,54	1,23	-1,273	0,217	0,210
7. Пензенская обл.	34,0	5,05	0,43	-0,911	0,189	0,260
8. Пермский край	38,0	49,5	4,05	-1,291	0,325	0,427
9. Самарская обл.	35,0	4,53	1,00	2,477	0,442	0,423
10. Саратовская обл.	35,0	5,38	0,88	2,604	0,254	0,237
11. Республика Татарстан	38,0	8,29	1,43	-0,701	0,397	0,384
12. Республика Удмуртия	39,0	8,67	1,56	1,295	0,491	0,557
13. Ульяновская обл.	36,0	4,80	1,06	-0,157	0,469	0,464
14. Республика Чувашия	25,0	2,74	0,62	3,901	0,287	0,391
					0,322	0,382

#### **4. Долгосрочные поверочные прогнозы местного субъектов РФ Приволжского ФО**

Поверочные прогнозы местного стока субъектов ПФО проводились по среднему значению, по тенденции линейного тренда, по долгопериодной синусоиде и по сумме линейного тренда и указанной синусоиды.

На рис. 1 в качестве примера представлены данные наблюдений за местным стоком республик Башкортостан и Татарстан и суммы их долгопериодных синусоид с тенденциями их линейных трендов. Прогноз местного стока республики Башкортостан по сумме синусоиды и тенденции тренда на 1999 – 2003 гг. оправдался 3 раза. Его верные значения приходятся соответственно на 1999, 2000 и 2003 гг. Также прогноз оправдался в 2005 г., и на все десятилетие прогноз местного стока республики Башкортостан оправдался 4 раза.

Прогноз местного стока республики Татарстан на 1999 – 2003 гг. и 1999 – 2008 гг. оправдался соответственно 2 и 5 раз. Его значения оказались верными в 1999, 2000, 2004, 2006 и 2008 гг.

Суммы оправдавшихся прогнозов стока на 1999 – 2003 гг. и на 1999 – 2008 гг. по среднему значению, по тенденции линейного тренда, по синусоиде с длинным периодом и по сумме тенденции тренда и этой синусоиды представлены в таблицах соответственно 3 и 4 (столбцы с результатами их расчетов обозначены соответственно римскими цифрами I, II, III и IV). **Наилучшие результаты прогнозирования местного стока республики Башкортостан на 1999 – 2003 гг.** получены по сумме тенденции тренда и синусоиды с большим периодом. По этой методике прогноз оправдался 3 раза, а по всем остальным – 2 раза. При прогнозировании на 1999 – 2008 гг. больше всего верных прогнозов – 5 получено по долгопериодной синусоиде. По всем остальным методикам прогнозы оправдались по 4 раза.

Наибольшее количество оправдавшихся прогнозов местного стока республики Татарстан на 1999 – 2003 г. получено по тенденции линейного тренда. По этой методике оправдалось 3 прогноза, по сумме тенденции тренда и долгопериодной синусоиды – 2 раза, по среднему значению и по долгопериодной синусоиде – по 1 разу. При прогнозировании с заблаговременностью 10 лет также больше всего прогнозов – 6 – оправдалось по тенденции линейного тренда. По сумме тенденции тренда и долгопериодной синусоиды прогноз оправдался 5 раз, по среднему значению и по синусоиде с большим периодом – по 4 раза.

Больше всего оправдалось прогнозов местного стока Оренбургской области. По всем использованным подходам к прогнозированию получилось то же самое число оправдавшихся прогнозов. На первом поверочном пятилетии здесь оказались верными все прогнозы, на всем десятилетии оправдалось девять прогнозов.

При прогнозировании по среднему значению, по тенденции линейного тренда и по сумме тенденции тренда и синусоиды большое число прогнозов оправдалось у местного стока республики Марий Эл, Саратовской и Нижегородской областей. У местного стока Нижегородской и Саратовской областей прогнозы на 1999 – 2003 гг. по среднему значению, по тенденции линейного тренда и по сумме тенденции тренда и долгопериодной синусоиды оправдались по 4 раза. Прогноз местного стока республики Марий Эл по среднему значению и по тенденции тренда оправдался 4 раза, а по сумме тенденции тренда и синусоиды с большим периодом – 5 раз.

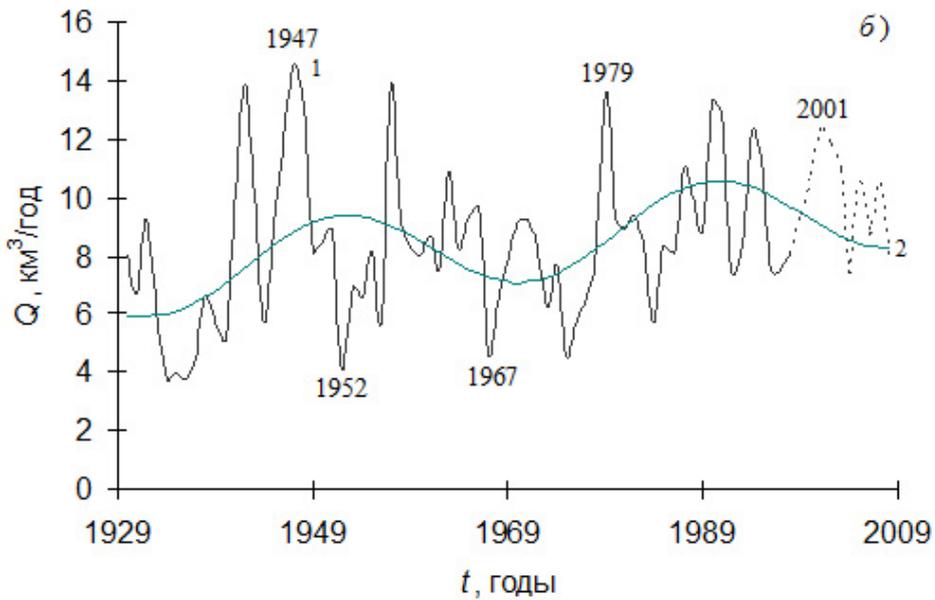
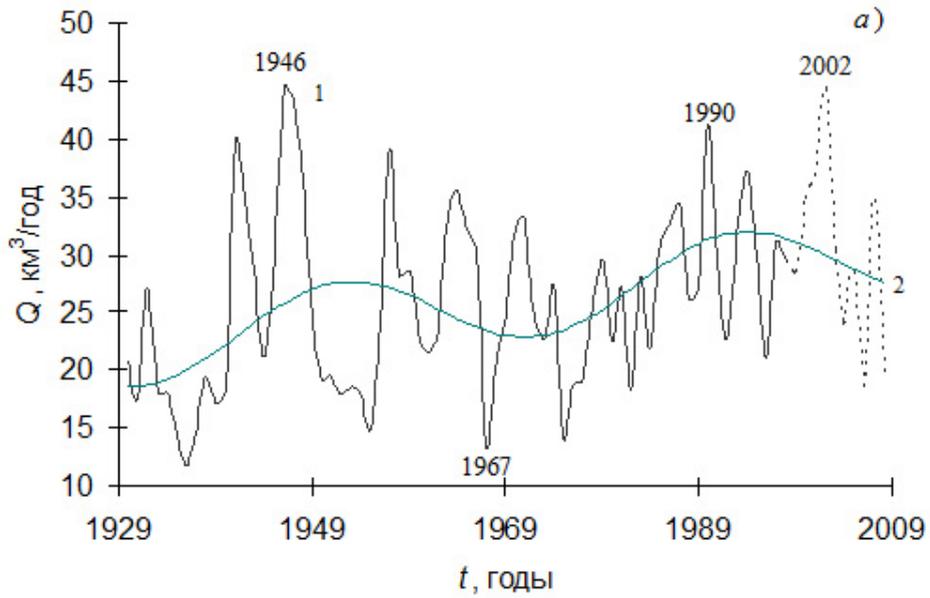


Рис. 1. – Многолетние изменения местного стока республик Башкортостан (а) и Татарстан (б); 1 – данные наблюдений (пунктиром показан поверочный участок 1999 – 2008 гг.), 2 – сумма тенденций линейного тренда и синусоид с периодами соответственно 41 год (Башкортостан) и 38 лет (Татарстан)

Таблица 3

Оправдываемость прогнозов местного стока субъектов Российской Федерации Приволжского федерального округа на 1999 – 2003 гг. (I – результаты прогнозирования по среднему значению, II – по тенденции линейного тренда, III – по долгопериодной синусоиде, IV – по сумме долгопериодной синусоиды и тенденции тренда)

Субъекты РФ Приволжского ФО	I	II	III	IV
1. Республика Башкортостан	2	2	2	3
2. Кировская обл.	2	4	1	5
3. Республика Марий Эл	4	4	2	5
4. Республика Мордовия	2	3	2	3
5. Нижегородская обл.	4	4	2	4
6. Оренбургская обл.	5	5	5	5
7. Пензенская обл.	2	4	1	4
8. Пермский край	3	4	3	4
9. Самарская обл.	3	4	1	4
10. Саратовская обл.	4	4	3	4
11. Республика Татарстан	1	3	1	2
12. Республика Удмуртия	2	4	1	4
13. Ульяновская обл.	2	5	2	5
14. Республика Чувашия	0	2	0	1
Итого	36	52	26	53
	0,514	0,743	0,371	0,757

Таблица 4

Оправдываемость прогнозов местного стока субъектов Российской Федерации Приволжского федерального округа на 1999 – 2008 гг. (I – результаты прогнозирования по среднему значению, II – по тенденции линейного тренда, III – по долгопериодной синусоиде, IV – по сумме долгопериодной синусоиды и тенденции тренда)

Субъекты РФ Приволжского ФО	I	II	III	IV
1. Республика Башкортостан	4	4	5	4
2. Кировская обл.	5	6	3	8
3. Республика Марий Эл	9	7	6	8
4. Республика Мордовия	4	5	4	5
5. Нижегородская обл.	7	7	3	7
6. Оренбургская обл.	9	9	9	9
7. Пензенская обл.	4	6	1	6

Субъекты РФ Приволжского ФО	I	II	III	IV
8. Пермский край	7	6	6	5
9. Самарская обл.	7	6	4	8
10. Саратовская обл.	9	7	6	9
11. Республика Татарстан	4	6	4	5
12. Республика Удмуртия	6	8	2	8
13. Ульяновская обл.	6	8	3	10
14. Республика Чувашия	2	4	2	3
Итого	83	89	58	95
	0,593	0,636	0,414	0,679

Прогноз местного стока республики Марий Эл, Нижегородской и Саратовской областей с заблаговременностью 10 лет по среднему значению оправдался соответственно 9, 7 и 9 раз. По тенденции линейного тренда прогноз оказался верным 7 раз у каждого из этих субъектов ПФО, по сумме тенденции тренда и долгопериодной синусоиды – 8, 7 и 9 раз соответственно.

У некоторых субъектов ПФО прогнозы местного стока по среднему значению показали невысокую оправдываемость, но результаты прогнозирования по тенденции линейного тренда и по сумме тенденции тренда и долгопериодной синусоиды оказались весьма успешными. Так, прогнозы местного стока республики Удмуртия и Ульяновской области по среднему значению с заблаговременностью 5 лет оправдались по 2 раза, а с заблаговременностью 10 лет – по 6 раз.

Прогнозы местного стока республики Удмуртия на 1999 – 2003 гг. как по тенденции тренда, так и по сумме этой тенденции и синусоиды с большим периодом оправдались 4 раза, а Ульяновской области – 5 раз. Прогнозы по тенденции тренда и по ее сумме с долгопериодной синусоидой с заблаговременностью 10 лет по 8 раз оправдались у местного стока республики Удмуртия, а у стока Ульяновской области – соответственно 8 и 10 раз. Прогнозы местного стока этих субъектов РФ по среднему значению оправдались по 6 раз.

Прогнозы местного стока по долгопериодной синусоиде характеризуются более низкой оправдываемостью. Помимо Оренбургской области нет ни одного субъекта РФ, где бы прогнозы на 1999 – 2003 гг. оправдались бы 5 раз, или даже 4 раза. У Саратовской области и Пермского края прогнозы на первые пять лет оправдались 3 раза, а на десять лет – 6 раз.

Наименьшее количество оправдавшихся прогнозов местного стока с заблаговременностью 5 и 10 лет по всем четырем методикам получено для республик Башкортостан, Татарстан и Чувашия. При прогнозировании местного стока Республики Чувашия на 1999 – 2003 гг. по среднему значению, по тенденции тренда, по долгопериодной синусоиде и по сумме этой синусоиды и тенденции тренда получено соответственно 0, 2, 0 и 1 оправдавшихся прогнозов. Прогнозы местного стока этой

республики по четырем рассмотренным подходам на 1999 – 2008 гг. оправдались соответственно 2, 4, 2 и 3 раза.

В нижних строках таблиц 3 и 4 верные прогнозы местного стока всех субъектов ПФО соответственно складывались, и для каждого из четырех подходов в долях от единицы оценивалась оправдываемость его прогнозов. Ее анализ в целом, по всем субъектам ПФО на 1999 – 2003 гг. и 1999 – 2008 гг., показывает, что наименьшее число прогнозов оправдалось по догопериодной синусоиде, несколько больше – по среднему значению. Оправдываемость прогнозов по синусоиде и по среднему значению на первые пять лет составила соответственно 0,371 и 0,514, а на все десятилетие – 0,414 и 0,592.

По тенденции тренда оправдываемость прогнозов оказалась выше, чем по среднему значению, а наибольшая оправдываемость получилась у прогнозов, рассчитанных по сумме долгопериодной синусоиды и тенденции линейного тренда. При прогнозировании по тенденции линейного тренда и по сумме этой тенденции и указанной синусоиды оправдываемость прогнозов на 1999 – 2003 гг. составила соответственно 0,743 и 0,757. Прогнозы местного стока с заблаговременностью 10 лет по тенденции тренда и по сумме этой тенденции и синусоиды с большим периодом оправдались соответственно в 0,636 и 0,678 случаях.

### **Заключение**

Методом “Периодичностей” проведен анализ временных рядов местного стока субъектов ПФО с 1930 г. по 1998 г. Выявленные долгопериодные синусоиды в диапазоне их значений от 25 до 41 года использованы для проведения поверочных прогнозов местного стока на 1999 – 2003 гг. и 1999 – 2008 гг.

Прогнозы местного стока на эти интервалы рассчитывались по среднему значению его временных рядов, по тенденциям их линейных трендов, по выявленным долгопериодным синусоидам и по суммам тенденций трендов и этих синусоид. Среднее для всех рассмотренных рядов местного стока значение их корреляции с соответствующими суммами тенденций их трендов и синусоид составило 0,382. Оно оказалось выше, чем средняя корреляция как рядов и синусоид, так и рядов и их тенденций трендов. Только в отдельных случаях корреляция временного ряда и тенденции его тренда, или синусоиды с большим периодом превысила его корреляцию с суммой тенденции тренда и этой синусоиды. Поэтому, качество методики прогнозирования по сумме тенденции тренда и долгопериодной синусоиды выше качества методики прогнозов как по тенденции тренда, так и по этой синусоиде.

При прогнозировании местного стока субъектов ПФО с заблаговременностью 5 и 10 лет, наименьшая оправдываемость отмечается при расчетах по долгопериодной синусоиде. Она оказалась равной соответственно 0,371 и 0,414. Оправдываемость прогнозов по среднему значению на 1999 – 2003 гг. и на 1999 – 2008 гг. составила соответственно 0,514 и 0,593. Она оказалась выше, чем их оправдываемость по долгопериодной синусоиде.

Оправдываемость прогнозов рядов местного стока по тенденциям их трендов с заблаговременностью 5 и 10 лет составила соответственно 0,742 и 0,636. Наибольшая оправдываемость прогнозов получена при расчетах по суммам тенденций трендов и

долгопериодных синусоид. При прогнозировании на 1999 – 2003 гг. и 1999 – 2008 гг. она оказалась равной 0,757 и 0,678.

Таким образом, оправдываемость прогнозов местного стока республик, краев и областей Приволжского федерального округа по сумме тенденции линейного тренда и долгопериодной синусоиды оказалась выше, чем их оправдываемость по среднему значению, а также по синусоиде и по тенденции тренда по отдельности. Выявление долгопериодных синусоид целесообразно и полезно для долгосрочного прогнозирования местного стока административных регионов.

### **Литература**

1. *Аполлов Б.А., Калинин Г.П., Комаров В.Д.* Курс гидрологических прогнозов. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 419 с.
2. *Бабкин А.В.* Усовершенствованная модель оценки периодичности изменений уровня и элементов водного баланса Каспийского моря. // *Метеорология и гидрология*, 2005, N11, с. 63-73.
3. *Бабкин А.В.* Методика долгосрочного прогноза уровня Ладожского озера и стока р. Невы. // *Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета*, 2008, N8, с. 31 - 37.
4. *Голицын Г.С., Ефимова Л.К., Мохов И.И. и др.* Гидрологические режимы Ладожского и Онежского озер и их изменения. // *Водные ресурсы*, 2002, N2, с. 168–173.
5. *Шлямин Б.А.* Сверхдолгосрочный прогноз уровня Каспийского моря. // *Изв. ВГО*, 1962, т. 94, вып. 1, с. 26–33.

*В.Н.Боков, В.Н.Воробьев*

## О СВЯЗИ ВЫБРОСОВ МЕТАНА С АТМОСФЕРНОЙ ЦИРКУЛЯЦИЕЙ

*V.N. Bokov, V.N. Vorobyev*

### CONNECTION BETWEEN METHANE EMISSIONS AND ATMOSPHERIC CIRCULATION

*Представлены результаты исследований влияния преобразований атмосферной циркуляции на возникновение внезапных выбросов метана в угольных шахтах. Анализ 24 случаев показал, что преобразования атмосферной циркуляции являются инициатором внезапных выбросов метана. Предложен путь разработки краткосрочного прогноза выбросов метана.*

*Ключевые слова: атмосферная циркуляция, синоптические условия, метан, выбросы метана, прогноз выбросов метана.*

*Results of investigations of the influence of changes of atmospheric circulation on the occurrence of sudden releases of methane in coal mines are presented. Analysis of 24 cases showed that the conversion of atmospheric circulation is the initiator of sudden methane emissions. A way of developing short-term forecast of methane emissions is being suggested.*

*Keywords: atmospheric circulation, synoptic conditions, methane, methane emissions, methane emissions forecast.*

В последние годы увеличилось количество выбросов метана в шахтах [8]. Эти природные явления происходят обычно на малых глубинах и приводят к большим человеческим жертвам. Экономические прогнозы показывают, что через 15 лет миру нужно будет в два раза больше угля [9]. Однако все лежащие рядом с поверхностью запасы этого ископаемого практически уже исчерпаны. Поэтому придется копать глубже, где метана гораздо больше. Тогда количество взрывов будет расти, поскольку избавляться от метана будет сложнее. Чем ниже шахтеры спускаются под землю, тем больше они рискуют.

Механизм возникновения внезапных выбросов метана пока еще остается нерешенной проблемой. Выявление данного механизма является актуальной и важной задачей как с научной, так и практической стороны.

Предположения различных авторов о состоянии метана в угольных пластах лежат между противоположными или взаимоисключающими причинами: от полного отсутствия метана в пласте и его появления при техногенном воздействии или за счет подпитки флюидами из глубинных недр. Другие публикации на рассматриваемую проблему в

основном применяют подходы, принятые в горном деле [1, 5, 8]. Современные представления о содержании метана в угольных пластах основываются на том, что метан находится в угле в свободном, адсорбированном, абсорбированном виде [1, 5, 8]. Уголь обладает развитой трещиноватой и поровой системой. Предполагается, что в трещинах содержится свободный метан и метан, адсорбированный на поверхности пор. Считается, что большая часть метана внедрена в межмолекулярное пространство блока угля (твердый раствор). Такое распределение метана в угле произошло как в результате метаморфизма, так и при совместном воздействии газового давления и тектонических напряжений. Перечисленные виды состояний метана находятся в динамическом равновесии, которое может нарушаться, приводя к его выбросу [5, 8]. Считается, что формирование зон выбросов – это результат структурно-химических преобразований углей, обусловленных деформированием пласта при воздействии тектонических и техногенных напряжений. При этом в процессе выброса нарушаются наиболее слабые внутримолекулярные связи и происходит десорбция метана и активация его эмиссии [1, 5, 8].

В то же время представления о химических преобразованиях вещества углей с выделением или даже образованием метана не согласуются с фактами выбросов углекислого газа (которые в несколько раз мощнее выбросов метана), выбросов на калийных рудниках, выбросов породы и газа [5]. Остается неясным, почему одинаковые геомеханические ситуации не всегда завершаются выбросом метана. Также неясно, почему у одних тектонических нарушений происходят выбросы метана, а у подавляющего большинства нарушений – нет. Сейчас, уже принято, что выброс метана это необъяснимое природное явление, поскольку действительно необъяснимо и потому внезапно [5]. Не выяснив причин на поверхности земной коры, взоры многих исследователей обратились в космос.

Существуют предположения, что внезапные выбросы могли быть инициированы Луной [12]. В качестве примера приводятся сведения о том, что катастрофы на шахтах приходится на новолуние, полнолуние, около дат близких к весеннему или осеннему равноденствию. При этом были получены результаты, показывающие, что при положении Луны в перигее происходит 54% выбросов, а в апогее – 24%. Исходя из полученных результатов, выбросы метана в шахтах должны происходить почти каждое полнолуние и новолуние. Однако такого не наблюдается. Безусловно, в силу физических причин, влияние Луны проявляется на земной поверхности ежедневно. Поэтому полнолуния и новолуния в качестве добавочного фактора влияют на выбросы метана. К одной из основных причин, проливающих свет на внезапные выбросы метана в шахтах, мы относим региональные изменения атмосферной циркуляции.

В работе [2] отмечалось, что физика процесса образования горных ударов и выбросов метана, приводящих к трагедиям в шахтах, близка к процессам возникновения землетрясений. Резкое возрастание деформации земной коры под влиянием быстрой изменчивости атмосферного давления и наличие искусственных разломов (шахт) является основной причиной возникновения выбросов метана. В качестве примера на рис.1. представлены поля атмосферного давления за 8-10 апреля 2004 г., предшествующие трагедии на шахте «Тайжина» (Кемеровская область). Из рисунка видно, что в соседних районах расположения шахты в течение двух суток наблюдалось значительное изменение атмосферного давления более 1800 Па, а перепад давления между сопряженными антициклоном и циклоном составил  $\Delta P > 3000$  Па.

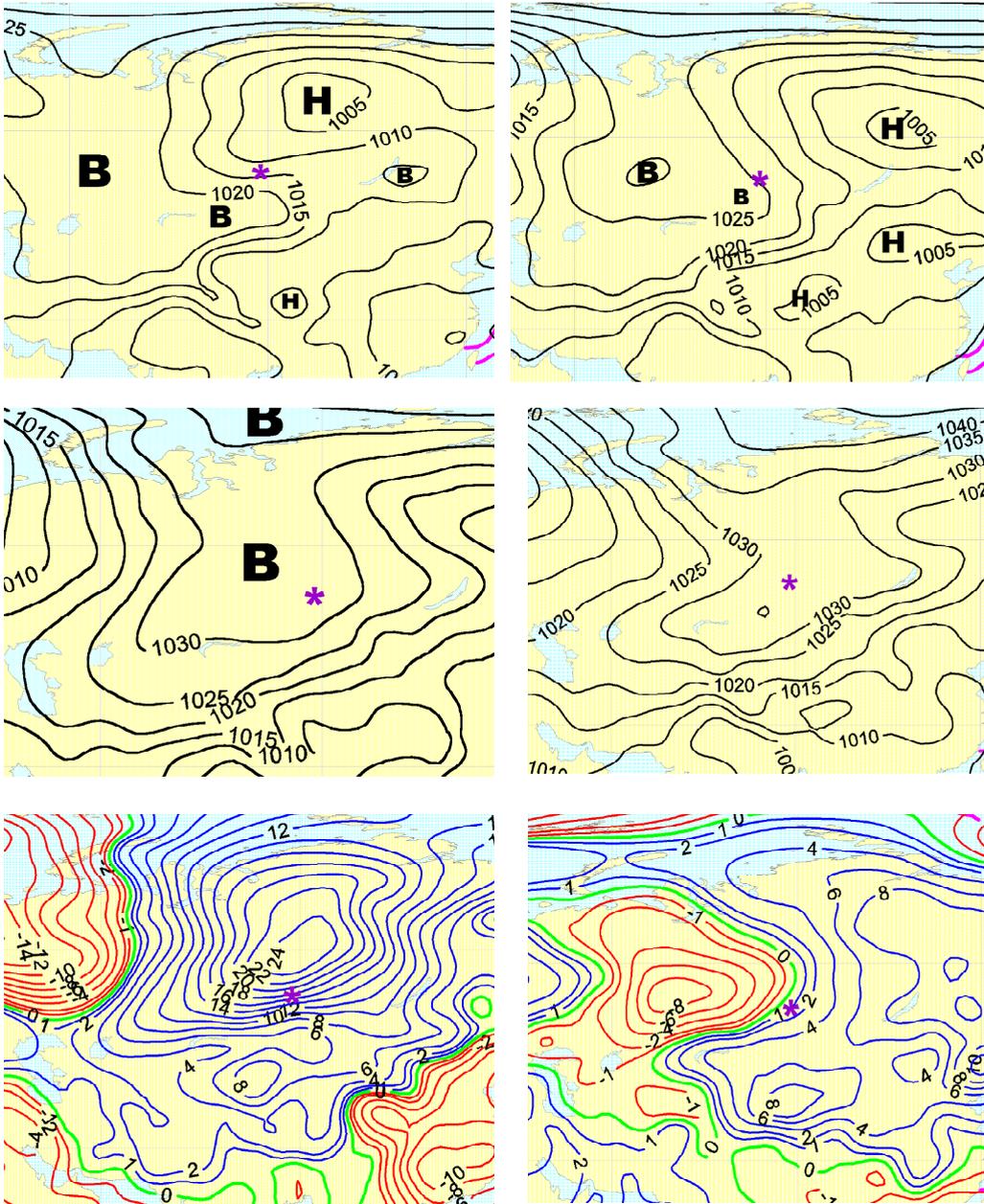


Рис. 1. Поля атмосферного давления за 08.04.2004 (верхний слева), 09.04.2004 (верхний справа), 10.04.2004 (средний слева) 11.04.2004 (средний справа) и поля атмосферной нагрузки за 8-10.04.2004 (нижний слева), за 10-11.04.2004 (нижний справа). Звездочкой указано местоположение шахты «Тайжина», Кемеровская область.

Хорошо известно, что пространственные изменения атмосферных вихрей вызывают нагрузки на земную поверхность и приводит к прогибу земной коры, изменению силы тяжести и гравитационного поля Земли [6,7,10]. Задача о вертикальных смещениях земной поверхности под воздействием атмосферной нагрузки рассматривалась в ряде работ, в которых атмосферные вихри представляются в виде волн атмосферного давления. Один из первых исследователей Дарвин П. получил формулу для вертикальной составляющей смещения [6]:

$$W = P_0 / 4\pi\mu R \cos(2\pi x/R), \quad (1)$$

где  $P_0$  – амплитуда волны давления,  $\mu$  – модуль сдвига,  $R$  – длина волны давления,  $x$  – горизонтальная координата расчетных точек.

В этой модели нагрузка на земную поверхность осесимметрична относительно вертикальной оси  $z$  и антициклон представлен в виде купола / б /:

$$P(x) = P_0 / 2(1 + \cos(\pi x/R)), \quad (2)$$

$$\text{при } (|x| \leq R) \text{ и } P(x) = 0 \text{ при } |x| > R, \quad (3)$$

где  $P(x)$  – превышение давления над нормальным,  $P_0$  – давление в центре антициклона при  $x=0$ ,  $R$  – радиус области под нагрузкой.

Расчеты, выполненные по данной модели и другим [4, 6, 7], показали, что вертикальные смещения могут достигать до 20 см и более в зависимости от реологических свойств и пространственной неоднородности верхних слоев земной коры. Под влиянием прогиба коры происходит увеличение литостатического давления на угольные пласты. Резкий выход опасного количества метана в шахту, в которой «перед аварией приборы показывали отсутствие в шахте опасного для жизни людей количества метана», вызван «выжиманием» метана в шахту из соседних угольных пластов.

В приводимом примере изменчивость атмосферного давления за 2 суток, на площадях занимаемых антициклоном и циклоном, обусловила возникновение в земной коре сил напряженности на величину около  $10 \div 12 \cdot 10^8$  Па, что является характерной величиной для условия возникновения умеренных землетрясений. Отметим следующие этапы воздействия атмосферного давления на формирование избыточных масс метана в земной коре. В течение 3 суток на земную поверхность оказывалось существенное давление, что хорошо видно по полю атмосферной нагрузки за 8-10 апреля, и дополнительная нагрузка деформировала угольные пласты. Однако дополнительная нагрузка «заперла» подвижные массы метана. В день трагедии началось падение атмосферного давления над областью сформированных подвижных масс метана, что видно по полю атмосферной нагрузки за 10-11 апреля. Падение атмосферного давления «раскрыло» подвижные массы метана и обеспечило быстрое движение массы метана по трещинам земной коры.

Таким образом, механизм внезапного выброса газа условно можно разбить на три этапа. Первый этап – в результате прогиба коры происходит деформация угольного пласта. Второй этап – интенсивная диффузия метана из межмолекулярного пространства угля с образованием подвижной формы метана. Третий этап – быстрое

движение газа в область пониженных давлений с выбросом в ствол шахты. Подчеркнем, что перенос масс метана происходит в системе трещин и пор угля. Движущей силой движения выступает градиент давления газа. Для описания этого процесса применяют известное уравнение Дарси, которое для одномерного случая представляется в виде [1]:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left[ \frac{k}{\mu} \rho \frac{\partial P}{\partial x} \right], \quad (4)$$

где  $Q$  – количество молекул метана, содержащееся в единице объема пласта;  $k$  – коэффициент проницаемости;  $\mu$  – динамическая вязкость метана.

При этом движение газа происходит как под воздействием продвижения антициклона, так и наличия большого горизонтального градиента давления метана от области десорбции в область пониженных значений давления.

В зоне нулевой атмосферной нагрузки, на границе циклона и антициклона [4], движение метана обладает наибольшей скоростью и если эта зона проходит над шахтой, то в шахте очень быстро накапливается газ, что и называется внезапным выбросом. Это хорошо видно на рис.1 по полю атмосферной нагрузки за 10-11 апреля. Из рисунка видно, что нулевая изолиния атмосферной нагрузки располагается в районе шахты.

В зависимости от геологических условий формирования угольных пластов и пространственной неоднородности верхних слоев земной коры синоптические условия выбросов метана, для относительно рядом расположенных шахт, будут отличаться. Так, на рис.2 представлены поля атмосферного давления за 05-08.05.2010, предшествующие трагедии на шахте «Распадская» в Кемеровской области. Сопоставляя поля атмосферного давления с первым случаем, отметим, что географическое расположение атмосферных вихрей в рассматриваемых случаях отличается. Однако общим остается сам процесс влияния атмосферы. Сначала деформация угольных пластов под высоким атмосферным давлением, затем быстрое движение массы метана по трещинам земной коры в результате падения атмосферного давления. Снова зона нулевой атмосферной нагрузки проходила над шахтой, что и привело к внезапному выбросу метана.

После внезапного выброса метана в трещиновато-поровом пространстве угольного пласта метана почти не остается [1]. Однако в блоках угля метан еще составляет около 50%. Предполагается, что после выброса около 50% метана можно уже и не ожидать следующих выбросов. Однако подобные случаи повторяются. Откуда же появляется дополнительный метан? Считается, что метан может поступать из глубин под воздействием тектонических процессов / 9 /. Действительно прогиб земной коры под антициклоном обеспечивает сжатие трещин и пор в породах, их частичное разрушение с последующим увеличением размера трещин. После смены антициклона на циклон прогиб земной коры направлен в противоположную сторону, обеспечивая тем самым расширение увеличенных трещин и интенсивную эмиссию метана с глубин. Продолжающийся на определенном периоде времени колебательный процесс смены циклонов и антициклонов формирует накопление метана в трещиновато-поровом пространстве угольного пласта в виде подвижных форм. При достижении необходимой концентрации метана в пласте угля и при наступлении характерной синоптической ситуации снова происходит выброс метана.

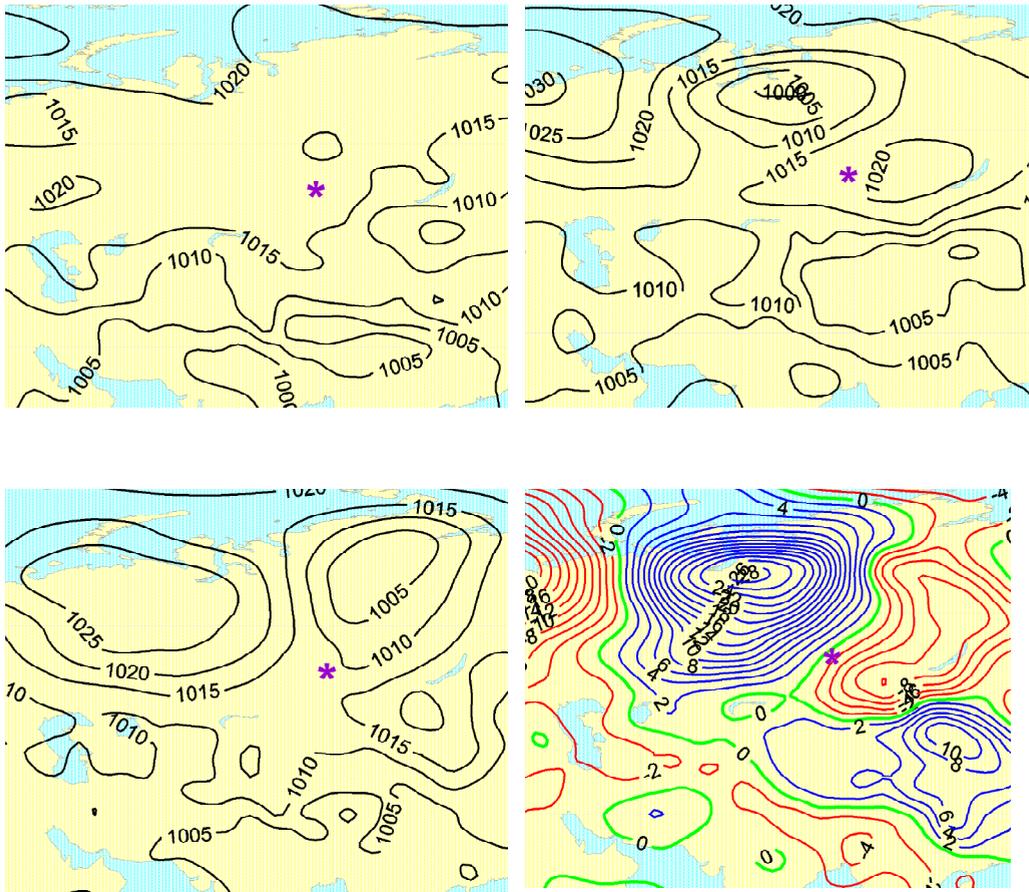


Рис.2. Поля атмосферного давления за 05.05.2010 (верхний слева), 07.05.2010 (верхний справа), 08.05.2010 (нижний слева) и поле атмосферной нагрузки за 05-08 мая (нижний справа). Звездочкой указано местоположения шахты «Распадская», Кемеровская область.

Часто, в качестве обоснования влияния Луны на выбросы в шахтах, приводят довод о синхронности взрывов в шахтах, расположенных на значительном расстоянии друг от друга. Однако, как уже говорилось в публикациях [2, 3], наиболее часто природные явления катастрофического характера происходят при ярко выраженных меридиональных процессах атмосферной циркуляции.

Рассмотрим случай изменения барических полей, предшествующих выбросу метана на украинской шахте имени Засядько в Донецке и в Карагандинской области Казахстана на шахте имени Ленина. На рис. 3 представлено барические поля за 17 и 20 сентября 2006 г. Выброс метана произошел около 6-7 ч. утра 20 сентября в двух шахтах. Анализ барического поля показывает, что 17 сентября атмосферное давление над месторасположением шахты в Донецке было высоким, над месторасположением шахты в Казахстане находился центр циклона. 20 сентября атмосферное давление

над месторасположением шахты в Донецке было средним, а над шахтой в Казахстане находился антициклон. Изменение атмосферного давления над месторасположением шахты в Казахстане за 2 суток и 6 ч. составило  $\Delta P = 2300$  Па. Над месторасположением шахты в Донецке атмосферное давление уменьшилось. Относительно шахты в Донецке барическое поле изменилось таким образом, что вместо области высокого давления 17 сентября, которое располагалось на западе, область высокого давления 20 сентября образовалось на востоке. Опять мы наблюдаем схожие атмосферные процессы, которые привели к деформации угольных пластов под высоким атмосферным давлением, а затем быстрое движение массы метана по трещинам земной коры в результате падения атмосферного давления. Снова зоны нулевой атмосферной нагрузки проходили над шахтами, что привело к внезапному выбросу метана.

Рассмотренные выше случаи позволяет достаточно уверенно считать не Луну в качестве основной причины выбросов метан, а изменения атмосферного давления.

Представленные результаты исследований позволяют определить пути разработки технологии прогнозов выброса метана. С этой целью необходимо провести полное исследование синоптических условий каждого случая выброса метана для каждой шахты. После определения характерных синоптических условий можно выделить зоны переноса метана. Установить несколько скважин с автоматическими газоанализаторами в зонах переноса метана. Далее вести мониторинг данных со скважин и анализировать прогнозы барических полей на предмет повторения характерных синоптических условий. В случае прогнозирования характерных синоптических условий и резкого увеличения содержания метана в скважинах, необходимо принять меры для спасения шахтеров.

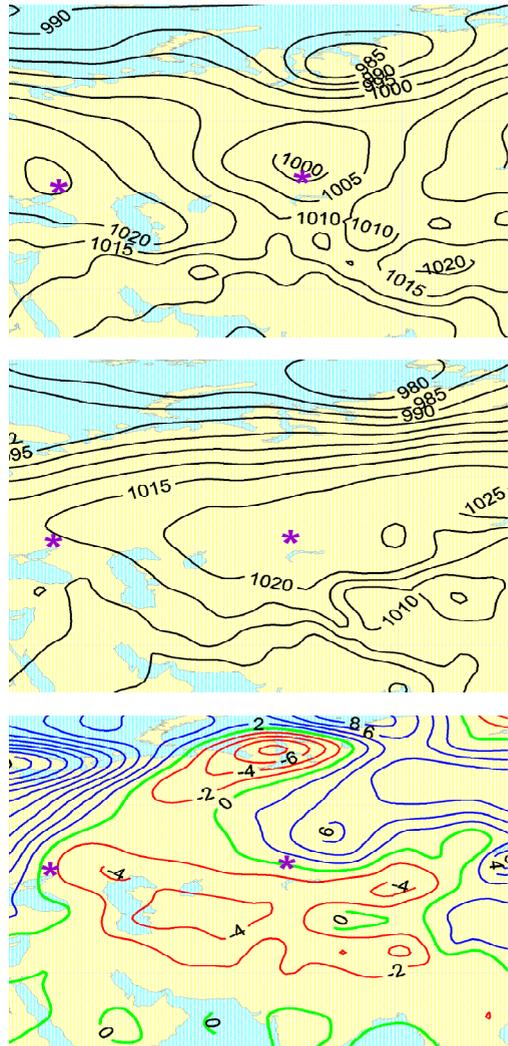


Рис.3. Поля атмосферного давления за 17.09.2006 (верхний), 20.09.2006 (средний) и поле атмосферной нагрузки за 20-21.09.2006 (нижний). Звездочкой указано местоположения шахт Казахстана и Украины.

### Литература.

1. *Алексеев А.Д., Василенко Т.А., Гуменник К.В., Калугина Н.А., Фельдман Э.П.* Диффузионно-фильтрационная модель выхода метана из угольного пласта / Журнал технической физики, том 77, вып. 4, 2007, с. 65-74.
2. *Боков В.Н.* О перспективах использования солнечно-атмосферных связей в прогнозировании сейсмичности Земли // Известия РГО РАН, Т.132, вып. 4, 2000, с. 38 - 46.
3. *Боков В.Н., Воробьев В.Н.* О связи сильных землетрясений с атмосферной циркуляцией в сезонном и межгодовом диапазонах изменчивости // Сборник трудов конференции «Юбилейные Чтения памяти А.Л.Чижевского, посвященные 110—летию ученого» 27-30 ноября 2007, Санкт-Петербург, изд. Политех. Университета, 2007, с.51-56.
4. *Боков В.Н, Гутшабаш Е.Ш., Потиха Л.З.* Атмосферные процессы как триггерный эффект возникновения землетрясений // Ученые записки, №18, РГГМУ, 2011, с.173-184.
5. *Грицко Г. И.* Внезапные выбросы в шахтах / <http://www-sbras.nsc.ru/HBC/hbc.phtml?17+428+1>.
6. *Латынина Л.А., Васильев И.М.* Деформация земной коры под влиянием атмосферного давления // Физика Земли, № 5, 2001. с. 45-54.
7. *Перцев Б.Н., Ковалева О.В.* Оценка влияния колебаний атмосферного давления на наклоны и линейные деформации земной поверхности // Физика Земли, № 8, 2004, с. 79-81.
8. *Кулаков Г.И., Метакса Г.П.* Распределение внезапных выбросов угля и газа в пределах обобщенного недельного цикла на шахтах Карагандинского бассейна./ Уголь, №1, 2010, с.28-30.
9. Руководство по наилучшей практике эффективной дегазации источников метановыделения и утилизации метана на угольных шахтах./ Серия публикаций ЕЭК по энергетике, №31, ООН, Нью-Йорк и Женева, 2010, с.87.
10. *Сидоренков Н.С.* Атмосферные процессы и вращение Земли.- СПб: Гидрометиздат, 2002. — 360 с.
11. *Жекамухов М. К., Жекамухова И. М.* К проблеме внезапных выбросов угля и газа в шахтах/ Электронный журнал «Исследовано в России», 3, 2003, с. 526-538
12. <http://berg-privileg.com/archive/detail.php?ID=196>.

*С.В. Грибановская*

## МЕТОДИКА РАСЧЕТА СКОРОСТИ РОСТА ФРОНТАЛЬНОЙ ОБЛАЧНОСТИ

*S.V. Gribanovskaya*

## NUMIRICAL TECHNIQUE OF FRONTAL CLOUD CHANGING CALCULATION

*В статье описан разработанный автором метод расчета изменения ширины фронтальной облачности, который может лечь в основу объективного (численно-го) сверхкраткосрочного прогноза эволюции атмосферных фронтов и связанных с ними облачных систем. В предложенной автором методике учтены динамика атмосферного фронта, фронтогенеза и процессы облакообразования, таким образом, эволюции атмосферного фронта подверглась разностороннему анализу. Накоплен огромный массив данных, полученных с Метеорологических спутников Земли и данных традиционных синоптических наблюдений, использованный в качестве исходной информации для проведения численных экспериментов.*

*Ключевые слова: фронтальная облачная система, фронтогенез, сверхкраткосрочный прогноз, численные эксперименты.*

*Worked out numerical technique of frontal cloud changing calculation that can be used for the objective analysis and very short-range forecasting of the atmospheric front and related cloud system evolution is described in the paper by Gribanovsky S.V. Atmospheric fronts dynamics, frontogenesis and cloud formation process are taken into account by the author in the described technique. A lot of data obtained from the Meteorological Weather Satellites and traditional weather observation data was accumulated and used as the initial information for the numerical experiments.*

*Key words: frontal cloud system, frontogenesis, very short-range forecasting, numerical experiments.*

Широкое внедрение вычислительной техники и комплексной автоматизации практически всех этапов анализа и прогноза погоды вынуждает исследователей разрабатывать новые методы прогноза на основе использования современной вычислительной техники или усовершенствовать и автоматизировать уже существующие методы прогноза и первичной обработки метеорологической информации. При этом отпадает необходимость осуществлять фронтальный анализ «вручную» (широко известная практика), а задача идентификации фронтальных разделов и фронтальных облачных полей может решаться однозначно различными метеорологическими центрами.

Так на службе Национального Агентства Океана и Атмосферы (National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)) и Национальной службы спутниковых наблюдений и информации (National Environmental Satellite, Data, and Information Service (NESDIS)) стоит система искусственных спутников земли. Система метеорологических спутников Земли NOAA состоит из двух типов метеорологических спутников: геостационарные управляемые спутники Земли (GOES), используемые для получения данных необходимых для целей краткосрочного и сверхкраткосрочного прогноза,

в том числе и «Nowcasting-a»); полярно-орбитальные спутники, информация с которых необходима для долгосрочных и среднесрочных прогнозов. Оба этих типа спутников необходимы для глобального мониторинга за погодой и климатом Земли.

Новые серии МСЗ GOES и полярно-орбитальных спутников разработаны для NOAA Национальным агентством по авиации и космическим исследованиям (NASA). Новые спутники GOES серии «I» и «M» производят информацию высокого временного и пространственного разрешения, это и спутниковые снимки облачного покрова, и полный объем данных радиозондирования атмосферы о вертикальном профиле температуры и ветра. Введенные в строй новые технологии позволяют специалистам всего мира разрабатывать наиболее точные и разносторонние прогностические системы. МСЗ GOES производит постоянные наблюдения за земной поверхностью необходимые для быстродействующих систем численного анализа погоды. Они вращаются вокруг Земли на геосинхронизированной орбите, т.е. по экваториальной проекции Земли со скоростью близкой к скорости вращения Земли, что позволяет спутнику находиться постоянно над одной точкой земной поверхности. Данная орбита находится на высоте 35800 км над земной поверхности, этой высоты достаточно, чтобы получить снимок целого полушария Земли. На геостационарной орбите расположенной над экватором Земли располагаются сразу два метеорологических спутника. Каждый спутник охватывает почти треть земной поверхности: один охватывает Северную и Южную Америку и большую часть Атлантического Океана; другой отслеживает Северную Америку и Тихий океан. МСЗ GOES-12 (GOES-East - название, также часто встречающееся в литературе) расположен над экватором на 75° З.Д., в то время как GOES-10 (GOES-West) находится на 135° З.Д. Вместе они дают изображение Земли и днем и ночью, покрывая площадь поверхности практически от 20° З.Д. до 165° в.д. И поскольку МСЗ имеет возможность находиться над одной (фиксированной) точкой поверхности, то он имеет возможность бдительно следить за синоптическими процессами, дающими начало таким опасным метеорологическим явлениям как торнадо, стихийными паводками, ураганами. Когда условия для возникновения опасных явлений успешно развиваются в данном регионе, МСЗ имеет возможность наблюдать за их развитием и отслеживать путь их перемещения.

Геостационарная система получения изображений земной поверхности из космоса может быть использована для обнаружения зоны осадков (дождя, снега или града) внутри грозового вала или урагана, также как и для наблюдения за состоянием и изменением снежного покрова. Полученные со спутника GOES данные помогают специалистам составлять предупреждения о стихийных паводках и снежных бурях, о состоянии границы снежного покрова земли. Спутниковая система отслеживает, ледяные поля и позволяет метеорологам составлять карты перемещения морского и озерного льда.

Доступность спутниковой информации позволила за последние 10 лет накопить огромный массив данных наблюдений за состоянием атмосферы. Массив содержит серии спутниковых снимков облачности в видимом и инфракрасном диапазонах длин волн с временной дискретностью – 15 мин, высотные карты и карты погоды заданного района как действительные, так и расчетные. Разработанные компьютерные программы позволили осуществить привязку и масштабирование космического снимка и соответствующих им карт барической топографии (приземной карты по-

годы и АТ 850) так, чтобы точке на спутниковом снимке соответствовала точка на карте погоды и координаты этих точек были одинаковыми. В результате получена возможность подвергать дальнейшей обработке совмещенное изображение, содержащее карту погоды с нанесенными на нее контурами фронтальной облачности и положения приземной линии фронта. Программное обеспечение, разработанное с использованием логических, градиентных фильтров построено таким образом, чтобы в каждой точке (как спутникового снимка, так и соответствующей карты погоды) легко было определить необходимые метеовеличины и их градиенты (например, такие как потенциальная температура и скорость ветра). Используя интерактивный метод идентификации фронтальных разделов и автоматический метод идентификации границ фронтальной облачности [4] осуществляется определение положения приземной линии фронта и выделение границ облачной спирали с ним связанной.

Формулы, используемые для расчета фронтогенеза и фронтолиза, получаются путем простых преобразований из выражения для производной по времени от модуля градиента какой-либо скалярной характеристики. Скалярная величина, например, потенциальная температура ( $\theta$ ) зависит от координат  $x, y, z$  (ось  $z$  направлена вертикально вверх) и от времени  $t$ . Тогда для трехмерного индивидуального фронтогенеза запишем трехмерную фронтогенетическую функцию в следующем виде

$$F_3 = \frac{\theta_x}{\theta_n} \left[ \frac{\partial}{\partial x} \frac{d\theta}{dt} - u_x \theta_x - v_x \theta_y - \omega_x \theta_z \right] + \frac{\theta_y}{\theta_n} \left[ \frac{\partial}{\partial y} \frac{d\theta}{dt} - u_y \theta_x - v_y \theta_y - \omega_y \theta_z \right] + \frac{\theta_z}{\theta_n} \left[ \frac{\partial}{\partial z} \frac{d\theta}{dt} - u_z \theta_x - v_z \theta_y - \omega_z \theta_z \right] \quad (1)$$

где  $\theta$  – потенциальная температура;  $u, v, \omega$  – составляющие скорости ветра, а буквенные индексы означают дифференцирование, а  $n$  – нормаль к изоповерхности  $\theta = \text{const}$ .

Поскольку  $\theta$  – потенциальная температура, то первые слагаемые в каждой из квадратных скобок описывают эффект неадиабатических притоков тепла; если притоки тепла распределены неравномерно и градиент их имеет составляющую в направлении градиента  $\theta$ , то такой неравномерный нагрев будет приводить к росту градиентов температуры, т.е. к фронтогенезу. Иначе говоря, фронтогенез имеет место, если неадиабатическое нагревание наблюдается в более теплом воздухе и (или) охлаждение – в более холодном. Вторые и третьи слагаемые в квадратных скобках описывают эффект сближения изолиний  $\theta$  в результате переноса горизонтальным полем ветра. Их называют адвективными или конфлюэнтными членами. Наконец, четвертые слагаемые в квадратных скобках дают фронтогенетический эффект, если, например, в области теплого воздуха имеет более сильный перенос тепла конвекцией по вертикали, чем в области холодного воздуха. Эти конвективные члены описывают изгиб или наклон изоповерхности  $\theta$  в результате неравномерных вертикальных смещений [6].

Применим для простоты один из частных случаев формулы индивидуального фронтогенеза является фронтогенез при плоском движении. В этом случае формула (1) примет следующий вид

$$F_2 = \frac{S_x}{S_n} \left[ \frac{\partial dS}{\partial x dt} - u_x S_x - v_x S_y \right] + \frac{S_y}{S_n} \left[ \frac{\partial dS}{\partial y dt} - u_y S_x - v_y S_y \right] \quad (2)$$

Созданное автором программное обеспечение позволяет для каждой точки исходного совмещенного изображения рассчитывать плоскую функцию фронтогенеза. Используя полученные значения можно строить поля пространственного распределения параметра фронтогенеза, что особенно важно при совместном анализе закономерностей перестройки поля фронтогенеза и изменения границ фронтальной облачности [1]. Существует тесная взаимосвязь фронтгенетических процессов и процессов облакообразования [2].

В качестве характеристик влияющих на облакообразование использовалось параметрическое представление притоков тепла и влаги, представленное в [5].

$$H_0 = \rho_h C \left| \vec{V}_h \right| (T_h - T_0), \quad (3)$$

$$Q_0 = -\rho_h f C_n,$$

где величины с индексом 0 и h относятся к земной поверхности ( $z = 0$ ) и верхней границе приземного подслоя ( $h \approx 50$ м), в котором вертикальные потоки постоянны;  $f$  - относительная влажность воздуха;  $\vec{V}$  - горизонтальный вектор скорости ветра;  $C$  и  $C_n$  - безразмерные коэффициенты (коэффициенты сопротивления), подбираемые эмпирическим путем. Обычно коэффициенты сопротивления берут равными  $C = 0,003$ ,  $C_n = 0,76$  [4], хотя эти коэффициенты зависят от числа Ричардсона и могут быть рассчитаны по следующей формуле

$$Ri \frac{g}{\beta^2 \theta} \frac{\partial \theta}{\partial z} = \frac{g}{\beta^2 T} (\gamma_a - \gamma), \quad (4)$$

где  $\beta^2 = \left( \frac{\partial u}{\partial z} \right)^2 + \left( \frac{\partial v}{\partial z} \right)^2$ .

Эта зависимость такова, что вклад турбулентных членов в формирование вертикальных потоков увеличивается при уменьшении числа  $Ri$ .

В качестве ширины фронтальной облачности рассматривается расстояние между точками на границах фронтальной облачности (тыловой и передней границы). Координаты этих точек определяются пересечением границы фронтальной облачности и прямой сонаправленной с направлением перемещения приземной линией фронта. Процедура определения скорости и направления перемещения приземной линии фронта разработана на кафедре ЭФА РГГМУ [3] и использовалась для проведения на спутниковом снимке линии параллельной перемещению приземной линии фронта до пересечения с идентифицированными границами облачной полосы. Используя

полученные координаты, в точках на высотных картах рассчитывались плоский параметр фронтогенеза, потоки тепла и влаги, градиент температуры.

При этом потоки тепла [К/м<sup>2</sup>сек], горизонтальный параметр фронтогенеза [К/мсек] и горизонтальный градиент температуры [К/м] являются температурными характеристиками, где горизонтальный параметр фронтогенеза и горизонтальный градиент температуры зависят от горизонтального распределения температуры, а поток тепла характеризует ее вертикальную изменчивость. Поток влаги является только влажностной характеристикой [г/м<sup>2</sup>сек] и играет наиважнейшую роль в процессе эволюции облачных массивов в целом и фронтальных облачных систем в частности.

Исходя из выше сказанного, целесообразным представляется объединение и представление перечисленных характеристик в виде формулы, предназначенной для определения изменения ширины фронтальной облачной полосы.

Для этого обозначим:

- изменение ширины фронтальной облачной полосы вдоль направления перемещения линии фронта за 3, 6, 9 часов в зависимости от заблаговременности как  $\partial S/\partial t$ ;
  - скорость роста фронтальной облачной полосы вдоль направления перемещения приземной линии фронта как  $V_{\partial t}$ ;
  - градиент горизонтального параметра фронтогенеза вдоль линии, соединяющей две соседние характерные точки контура фронтальной облачной полосы как  $\partial F/\partial S$ ;
  - горизонтальный градиент температуры вдоль линии, соединяющей две соседние характерные точки контура фронтальной облачной полосы как  $\partial T/\partial S$ ;
  - изменение потоков тепла и влаги на границах фронтальной облачности как  $\Delta Q_0, \Delta E_0$  соответственно, причем так, что  $\Delta Q_0 = (Q_0)_{i+1} - (Q_0)_i$ , а  $\Delta E_0 = (E_0)_{i+1} - (E_0)_i$ . При этом величина  $(Q_0)_{i+1}$  вычисляется на передней границе фронтальной облачной полосы, а  $(Q_0)_i$  соответственно на тыловой границе. Такая же процедура расчета необходима и для определения значения  $\Delta E_0$ ;
  - плотность воздуха на высоте приземного подслоя (т.е. на высоте  $\approx 50 - 100$  м) как  $\rho_h$ .
- Тогда полученная нами формула примет следующий вид:

$$V_{\partial t} = \frac{\partial S}{\partial t} = \left[ k_1 \left( \frac{\partial F_2}{\partial S} + \Delta Q_0 \right) + k_2 \frac{\partial T}{\partial S} \right] \frac{\Delta E_0}{\rho_h} \quad (5)$$

Анализ размерностей, приведенных выше, позволил ввести в формуле (5) размерные эмпирические коэффициенты  $k_1, k_2$ . Очевидно, эти коэффициенты должны иметь следующие размерности:

$$k_1 = [\text{м}^2 \cdot \text{сек} / \text{К}], \quad k_2 = [\text{м} / \text{К}].$$

Следовательно, каждое слагаемое в квадратных скобках уравнения (5), а именно  $k_1 \left( \frac{\partial F}{\partial S} + \Delta Q_0 \right)$  и  $k_2 \frac{\partial T}{\partial S}$ , является безразмерной величиной, а член за скобками (т.е.  $\Delta E_0/\rho_h$ ) имеет размерность [м/сек], следовательно, такую же размерность имеет и  $\partial S/\partial t$ .

Таким образом, предложенная формула (5) для определения скорости роста фронтальной облачной полосы вдоль направления перемещения приземной линии фронта объединяет в себе параметры, характеризующие непосредственно фронтогенетические процессы на фронте, с которым связана эта облачная масса, а именно: горизонтальный параметр фронтогенеза, горизонтальный градиент температуры; с параметрами, характеризующими эволюцию самой фронтальной облачности, такими, как потоки тепла и влаги. Следовательно, формула (5) показывает количественную связь между фронтогенетическими и облакообразующими процессами. Формула учитывает суточный и годовой ход величин, входящих в модель, кроме того, посредством параметризации потоков тепла и влаги формула позволяет учесть влияние орографии.

Влиянии параметра фронтогенеза на формирование и изменение горизонтальных и вертикальных размеров фронтальных облачных полей изучено автором, а результаты представлены в работе [1]. Хотя величина параметра фронтогенеза на два порядка ниже, чем притоков тепла и влаги, практика показывает, что фронтогенетические процессы оказывают сравнимое с вертикальными притоками тепла и влаги влияние на эволюцию фронтальных облачных полей.

Поэтому, при определении эмпирического коэффициента  $k_1$ , прежде всего, необходимо определить порядок его величины.

Так как горизонтальный градиент параметра фронтогенеза вдоль направления перемещения общей точки фронта имеет порядок  $10^{-5} \left( \frac{\partial F}{\partial L_{cl}} \approx 10^{-5} \left[ \frac{\text{К}}{\text{м}^2 \text{сек}} \right] \right)$ , а контраст потоков тепла на границах фронтальной облачности имеет порядок  $10^{-3} \left( k_1 \approx 10^3 \left[ \frac{\text{М}^2 \text{сек}}{\text{К}} \right] \right)$ .

Значение этого коэффициента может зависеть от горизонтального распределения температуры и ветра, однако эмпирическим путем была найдена зависимость значения  $k_1$  от контраста скорости ветра на границах фронтальной облачной полосы.

Так были найдены два условия, влияющие на значение эмпирического коэффициента  $k_1$ :

$$\begin{aligned} 1) \left( \left| \bar{V}_{50} \right|_{i+1,j} - \left| \bar{V}_{50} \right|_{i,j} \right) &\leq 2,5 \frac{\text{М}}{\text{сек}}, \\ 2) \left( \left| \bar{V}_{50} \right|_{i+1,j} - \left| \bar{V}_{50} \right|_{i,j} \right) &> 2,5 \frac{\text{М}}{\text{сек}}. \end{aligned} \tag{6}$$

В ходе численных экспериментов по определению оптимального значения коэффициента как для случаев когда  $\left( \left| \bar{V}_{50} \right|_{i+1,j} - \left| \bar{V}_{50} \right|_{i,j} \right) \leq 2,5 \frac{\text{М}}{\text{сек}}$ , так и для случаев  $\left( \left| \bar{V}_{50} \right|_{i+1,j} - \left| \bar{V}_{50} \right|_{i,j} \right) > 2,5 \frac{\text{М}}{\text{сек}}$  значения  $k_1$  брались в интервале от  $10^3 [\text{м}^2 \text{сек}/\text{К}]$  до  $3 \cdot 10^3 [\text{м}^2 \text{сек}/\text{К}]$  с шагом  $0,5 \cdot 10^3 [\text{м}^2 \text{сек}/\text{К}]$ . Результаты расчетов приведены в таблице 1.

При условии сдвига ветра меньше  $2,5 \text{ м/сек}$ , оптимальное значение эмпирического коэффициента оказалось равным  $k_1 = 2,5 \cdot 10^3 [\text{м}^2 \text{сек}/\text{К}]$ .

При условии сдвига ветра на границах фронтальной облачной полосы более

2,5 м/сек, оптимальное значение эмпирического коэффициента оказалось равным  $k_1 = 1,5 \cdot 10^3 [m^2 \text{сек} / K]$ .

Кроме того, данные значения эмпирических коэффициентов являются оптимальными вне зависимости от заблаговременности прогноза (см. таблицу 2), и вне зависимости от типа фронта.

В то же время эмпирический коэффициент при градиенте температуры в формуле (5)  $k_2$  является размерным коэффициентами, причем размерность  $k_2$  - [м/К]. Предположим, что в качестве коэффициента  $k_2$  может быть использован минимальный градиент температуры, при котором синоптики считают, что фронт существует. Тогда

$$k_2 = \left( \frac{8^{\circ} C}{1000 \text{ км}} \right)^{-1}.$$

В заключении стоит отметить, что автором получена формула для расчета скорости роста фронтальной облачности вдоль направления перемещения приземной линии фронта в виде формулы (5). Огромный объем исходного материала позволил провести численные эксперименты по определению успешности расчетов на разных стадиях существования атмосферного фронта. В ходе численных экспериментов по определению значений эмпирических коэффициентов, содержащихся в формуле (5), были выявлены условия, определяющие значения коэффициента модели  $k_1$ .

Проведенный анализ результатов численных экспериментов также показал, что:

- учет притоков тепла и влаги позволяют повысить точность расчета в 1,5 раза, т.е. на 35-50% практически во всех случаях (вне зависимости от типа фронта и времени года, суток);
- учет параметра фронтогенеза повышает точность расчета скорости роста фронтальной облачности вдоль направления перемещения фронта на 17-47% во всех случаях (вне зависимости от типа фронта и времени года и суток);
- учет горизонтального градиента температуры повышает точность расчета скорости роста фронтальной облачности вдоль направления перемещения фронта на 8-12%. Вклад данного параметра в точность так же не зависит от времени суток, времени года и типа фронта.

Таблица 1

**Влияние различных значений эмпирического коэффициента  $k_1$  на среднюю относительную ошибку расчета изменения за 3 часа ширины облачной полосы, связанной с теплым фронтом от 1200Z 12.03.2009**

Значение величины	Средняя относительная ошибка прогноза при условии	
1,0	0,17624	0,03951
1,5	0,09823	0,01854
2,0	0,04569	0,04892
2,5	0,02158	0,09458
3,0	0,05894	0,13423

**Влияние различных значений эмпирического коэффициента  $k_1$  на среднюю относительную ошибку расчета изменения за 3 часа ширины облачной полосы, связанной с холодным фронтом от 1200Z 15.06.2010**

Значение величины		Средняя относительная ошибка прогноза при условии	
за 3 часа	1,0	0,18632	0,04001
	1,5	0,08991	0,01774
	2,0	0,04635	0,04466
	2,5	0,02112	0,09162
	3,0	0,05989	0,14561
за 6 часов	1,0	0,25485	0,21897
	1,5	0,23145	0,20984
	2,0	0,22361	0,22245
	2,5	0,20156	0,26871
	3,0	0,21468	0,28462
за 9 часов	1,0	0,17456	0,13269
	1,5	0,16358	0,12412
	2,0	0,15473	0,15047
	2,5	0,13333	0,17369
	3,0	0,13587	0,20141

### **Литература**

1. *Вихрова С.В.* К вопросу о связи фронтогенеза с изменением площади фронтального облачного покрова./ дип. в ВИНТИ – СПб.: Изд. РГГМИ. – 1999. – 10с.
2. *Vikhrova S.V.* Heat and moisture fluxes in the coastal zone [text]/ S.V. Vikhrova// materials of the reports III inter. Workshop. Rational exploration of the costal zone of the northern seas. – Kandalaksha, July 17. – 1999.- SPb.:RSHMU pbl. –pp. 218
3. *Кузнецов А.Д., Сероухова О.С., Симакин А.Д.* К вопросу об анализе и сверхкраткосрочном прогнозе эволюции атмосферных фронтов./ матер. Итоговой сессии Ученого совета РГГМИ. Тез.док.- СПб.: изд. РГГМИ, 1996. – 75с.
4. *Кузнецов А.Д.* Текущее прогнозирование на основе цифровой обработки изображений. – СПб.: изд. РГГМИ, 1997.- 109-153с.
5. *Ланин Б.Д., Репинская Р.П.* Прогноз влажности, облачности и осадков./ консп.лекц. – Л.: ЛПИ им. М.И. Калинина, 1982.- с. 18-32.
6. *Шакина Н.П.* Динамика атмосферных фронтов и циклонов. – Л.: Гидрометиздат, 1985. – 263с.

*В.В. Осечкин, Е.В. Гниловской, С.П. Смышляев*

**ЧТО МОЖЕТ И ЧТО НЕ МОЖЕТ ОБЪЯСНИТЬ ФОТОХИМИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ СТРАТОСФЕРНОГО ОЗОНА. ПОДВОДЯ ИТОГИ**

*V.V. Osetchkin, E.V. Gnilovskoy, S.P. Smishlyaev*

**WHAT THE PHOTOCHEMICAL THEORY OF STRATOSPHERIC OZONE CAN EXPLAIN AND WHAT IT CANNOT. SUMMING UP**

*В работе обсуждаются и обобщаются некоторые нерешённые проблемы фотохимии стратосферного озона. Предыдущие исследования, выполненные авторами за длительный период (с 1987 г.), были, в основном, направлены на выяснение условий, при которых фотохимическая теория объясняет особенности пространственно-временного распределения атмосферного озона и при которых она этого сделать не в состоянии. Показано, что теория не может объяснить происхождение весеннего максимума общего содержания, наблюдаемого в полярных районах. Авторы предлагают включить в рассмотрение проблемы фактор галактических космических лучей (ГКЛ). Тем не менее, чистая фотохимическая теория (т.е. без учёта роли ГКЛ) в состоянии объяснить с достаточной точностью пространственно-временное распределение плотности озона в слое основного озонового максимума. Сравнение оценок роли ГКЛ в распределении озона, полученных двумя независимыми методами [13, 17], с данными наблюдений, показало их хорошее соответствие.*

*Ключевые слова: зимняя полярная стратосфера, галактические космические лучи, общее содержание озона, теория Вольтерра*

*Some unsolved problems of ozone photochemical theory are discussed and generalized. The previous studies carried out by the authors for a long-term period (since 1987) had been focusing on clearing the conditions up when the mentioned theory is valid and when it is not. It is shown that the theory is not able to explain the origin of the total ozone spring maximum observed over the Polar Regions. To solve the problem the authors offer to take a factor of galactic space rays (GSR) into consideration. Nevertheless the pure photochemical theory (without considering the factor of GSR) is capable to explain with a reasonable accuracy the space-time distribution of the basic ozone density layer. The comparison of the estimates of the impact of GSR on the total ozone distribution obtained by the two independent techniques [13, 17] with the observational data turned out to be in good agreement.*

*Key words: winter polar stratosphere, galactic space rays, total ozone, the Volterra's theory*

Созданию фотохимической теории стратосферного озона предшествовало изобретение Гарольдом Митчелом Дебсоном спектрофотометра для измерения общего содержания озона, а затем организация (1927 г.) им же сети наблюдения озона в различных географических районах Земного шара. Результаты уже первых наблюдений меридионального распределения общего содержания озона от экватора в северном направлении, что противоречило общефизическим представлениям.

Однако опубликованные вскоре данные наблюдений не обескуражили другого выдающегося английского геофизика Сиднея Чепмэна [27]. Выступая в Лондонском Королевском обществе (Академия Наук Великобритании) с докладом о только что созданной им (1929 г.) фотохимической теории стратосферного озона (пять классических кислородных реакций) Чепмэн дальновидно заметил (основываясь, конечно, на данных наблюдений), что свою теорию он разработал для географического пояса, ограниченного 45-ми параллелями к северу и югу от экватора.

В 30-40-е гг. XX столетия попытки внести что-либо новое в теорию Чепмэна осуществил в СССР незаслуженно забытый астрофизик Д.И. Еропкин<sup>1</sup> [3] и в Германии – Э. Шрёер [36]. Однако ни одному из этих исследователей ничего существенного внести в теорию Чепмэна не удалось. Более того, в своём докладе Шрёер даже умудрился ни разу не сослаться на Чепмэна!

В связи с обнаруженным «необычным» природным явлением, когда в районе предполагавшегося источника (экваториальная стратосфера) озона меньше, чем в области стока (средние и полярные широты) стали появляться гипотезы, пытавшиеся объяснить наблюдавшийся эффект.

Все предлагавшиеся к этому времени гипотезы мы условно разделили на две категории: традиционные и нетрадиционные.

Традиционные гипотезы – это гипотезы, которые весенний максимум общего содержания озона в полярных и субполярных широтах объясняют с позиций динамики атмосферы.

Первую «динамическую» гипотезу предложил ещё в 1929 г. Г.М. Добсон. Суть предложенного им механизма состояла в следующем: озон в системе общей циркуляции атмосферы переносится из экваториальной стратосферы (т.е. где он, согласно гипотезе, образуется) в полярные широты с постепенным снижением высоты «центра тяжести» озонового слоя (термин, введённый ещё в 1934 г. В.А. Амбарцумяном [1], будущим знаменитым астрофизиком).

Значительно позднее (в 80-90-е гг. XX столетия) анализируя гипотезу Добсона, профессор К.В. Кондратович с присущим ему юмором назвал такой механизм «синдром булки с изюмом», т.е. «булка» (слой атмосферного воздуха) переносится в полярные широты и в системе общей циркуляции атмосферы возвращается назад к экватору, а «изюм» (озон) каким-то непонятным образом не только остаётся в полярной области, но даже от зимы к весне увеличивается в своём количестве.

Выдвигаем «крамольный» постулат: стратосферный озон образуется там, где имеют место проявления солнечной озонообразующей ультрафиолетовой радиации, т.е. **езде** за исключением полярных широт во время полярной ночи.

Заметим попутно, что озоносфера образовалась миллионы лет назад и, благодаря этому, как справедливо отмечают палеонтологи, на Земле началось развитие растительного и животного мира (подводный первичный животный мир к этому времени уже существовал). Что касается роли Солнца, то оно лишь поддерживает озоносферу

---

<sup>1</sup> Дмитрий Иванович Еропкин (1908-1936), астрофизик; работал в Главной Астрономической обсерватории (Пулково). Д.И. Еропкин, прямой потомок первого архитектора Санкт-Петербурга Н.М. Еропкина (1698-1740), был безвинно репрессирован и расстрелян в 1936 г. в одном из лагерей сталинского ГУЛАГа в Вологодской области.

в стационарном состоянии (при отсутствии мощных солнечных вспышек и других космических воздействий). Снижение же высоты «центра тяжести» озонового слоя в направлениях к полюсам связано с уменьшением высоты Солнца в тех же направлениях. К этому эффекту мы ещё вернёмся.

Гипотеза Добсона (назовём её динамическим направлением фотохимической теории) оказалась живучей. У неё нашлось много последователей, каждый из которых старался «подыскать» различные динамические параметры для объяснения происхождения весеннего максимума общего содержания озона в полярных и субполярных районах.

Среди так называемых «динамических» последователей Добсона наиболее значительными исследователями в 50-60-е гг. XX столетия были Р. Рид [35] и Р. Ньюэлл [32]. Рид объяснил происхождение весеннего максимума тропосферного озона в средних и полярных широтах за счёт усиления антициклонической активности от зимы к весне в указанных регионах, т.е. в результате увеличения скоростей крупномасштабных нисходящих движений в нижней стратосфере. Однако выполненные нами расчёты средней статической устойчивости в полярных и средних широтах [13] однозначно указали на её рост в нижней стратосфере от зимы к весне, т.е. на затухание вертикальных движений обоих знаков, а не наоборот.

Подобное исследование осуществил Ньюэлл [32], который весенний максимум общего содержания озона в полярных и средних широтах (рис. 1) объяснил усилением активности переноса озона крупномасштабными квазигоризонтальными турбулентными вихрями в полярном направлении. Упомянутый автор считал, что противогradientный поток тепла, направленный в сторону полярной стратосферы также можно объяснить исходя из предложенной им модели (т.е. воздух из холодной экваториальной стратосферы переносится в одном потоке с озоном в полярном направлении!).

В 70-80-е гг. XX столетия в связи с бурным развитием электронно-вычислительной техники и численных методов в физике атмосферы, как и в других науках, стали использоваться многочисленные модели для описания тех или иных процессов. «Модельеры» (так часто называют специалистов по численному моделированию) тут же «ухватились» за динамическую гипотезу Добсона, т.к., как в своё время заметил А.Х. Хргиан, она оказалась очень удобной для численного моделирования, но исключительно сложной для экспериментальной проверки. При этом подчеркнём, что моделирование любого физического процесса или явления, не наполненных их физическим содержанием, не имеет перспективы. Так, Пайл и Роджерс [33] для обеспечения роста общего содержания озона в полярных районах от осени к весне увеличивали коэффициенты турбулентности в стратосфере в 100-200 раз, чего в реальных условиях не наблюдается.

Тем не менее, развитие численного динамико-фотохимического моделирования дало свои плоды. С помощью численных моделей было обнаружено несоответствие данных наблюдений общего содержания озона и результатов численного моделирования. Модельерам удалось найти причину расхождения данных – в теории Чепмэна не хватало целого ряда химических и фотохимических реакций. Включение в теорию новых многочисленных реакций ( $\text{HO}_x$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{ClO}_x$  и др.) позволило устранить разбаланс в процессах озонообразования и озоноразрушения. Правда, объяснить ни годовой ход озона, ни его весенний максимум в полярных районах новые модели по-прежнему не смогли.

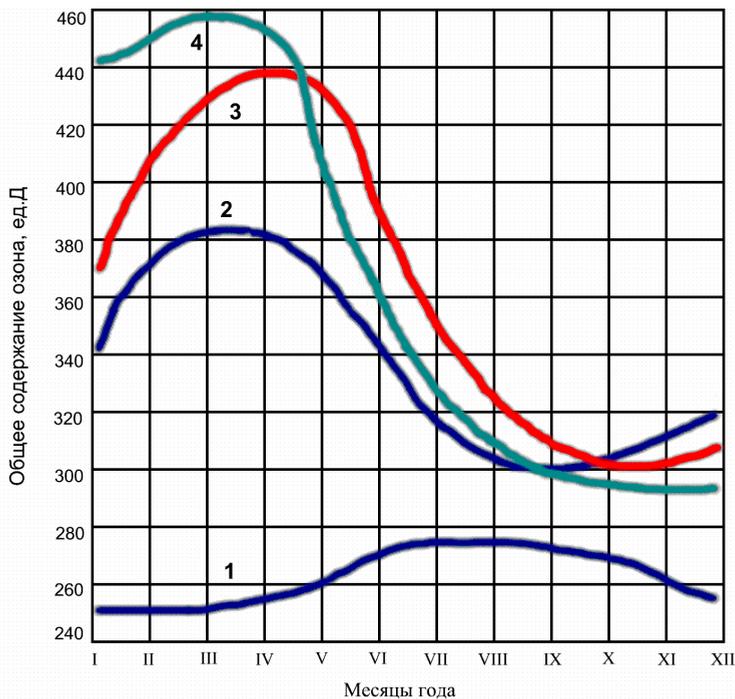


Рис.1. Годовой ход многолетних (1970 - 2007 гг.) значений общего содержания озона для различных широт северного полушария: 0 (1); 40 (2); 60 (3); 75 (4). По данным измерения со спутника TOMS.

В заключении этого раздела подчеркнём, что, несмотря на ряд нерешённых вопросов, развитие численно-фотохимического моделирования существенно обогатило наши знания о процессах образования и разрушения озона в стратосфере.

**Нетрадиционные гипотезы и механизмы**

Параллельно с развитием динамического подхода постепенно начали появляться нетрадиционные гипотезы. С этими гипотезами были связаны надежды исследователей объяснить природу меридионального распределения общего содержания озона и его годового хода.

Первой нетрадиционной гипотезой была гипотеза, выдвинутая немецким метеорологом В. Андерсоном [25]. Этот исследователь впервые обратил внимание на возможную роль космических лучей в дополнительном озонообразовании в полярной стратосфере. К сожалению, из-за недостатка наблюдательного материала (например, данных вертикального озонзондирования) и вследствие неразработанности физического аппарата исследования озоносферы в то время, Андерсону не удалось довести свою идею до конкретного механизма.

В СССР одно время была популярна гипотеза, предложенная упомянутым выше Еропкиным [3], который объяснил повышенное содержание озона в полярной стра-

тосфере на основе астрономического закона планетных расстояний (впоследствии эта гипотеза не подтвердилась).

В 60-70-е годы прошлого столетия невозможность объяснить происхождение весеннего максимума общего содержания озона в полярной области с позиций крупномасштабного переноса озона из экваториальной стратосферы стала очевидной. Отсюда в литературе стали появляться публикации [5, 6, 19, 20, 22, 26], в которых исследователи предлагали различные нетрадиционные механизмы, призванные пролить свет на природу обсуждаемого здесь явления.

Коротко рассмотрим результаты наиболее значительных работ, выполненных в указанный выше период.

В 1962-1971 гг. К.В. Кондратович совместно с О.Д. Горбуновым [6] осуществили большой цикл исследований влияния магнитного поля Земли на пространственно-временное распределение общего содержания озона в атмосфере. Упомянутые авторы обнаружили географическое совпадение очагов с повышенной геомагнитной напряжённостью (мировых магнитных аномалий), климатических высотных циклонов, климатических максимумов общего содержания озона и высокую отрицательную корреляцию между температурой воздуха в средней тропосфере и напряжённостью геомагнитного поля.

На основе обнаруженной сопряжённости К.В. Кондратович выдвинул гипотезу, суть которой состояла в следующем. В районы мировых магнитных аномалий, расположенных в полярных с субполярных широтах, происходит сток молекулярного кислорода атмосферы за счёт его высокой парамагнитной восприимчивости или ориентационного парамагнетизма. Этот механизм, как его предлагал К.В. Кондратович, и обуславливал процесс дополнительного озонообразования в полярной стратосфере. Однако оценка парамагнитного дрейфа кислорода, выполненная значительно позднее [7, 11, 14], показала, что этот эффект совершенно ничтожен. Действительно, в рассматриваемых условиях тепловое движение в атмосфере настолько значительно, что на его фоне ролью дрейфа молекулярного кислорода можно пренебречь. Тем не менее, гипотеза К.В. Кондратовича послужила стимулом для настоящих авторов для продолжения поиска нетрадиционного нефотохимического источника озонообразования в полярной стратосфере.

Ближе всех к решению рассматриваемой проблемы оказался Б.И. Сазонов [19, 20]. Исследуя влияние солнечной активности на циркуляцию верхней тропосферы и нижней стратосферы, Б.И. Сазонов выдвинул идею, согласно которой солнечные и галактические космические лучи передают свою энергию через слой озона на высотах 15-20 км. Этот исследователь предложил объяснять природу дополнительной диссоциации молекулярного кислорода (и, следовательно, дополнительного озонообразования), как результат непосредственного воздействия частиц космического происхождения (протонов) на атомы воздуха. При этом, как считал Б.И. Сазонов, главная роль в формировании радиационной (фотонной) компоненты отводилась нейтральным  $\pi$ -мезонам ( $\pi^0$ -мезонам), распад которых вызывает образование  $\gamma$ -квантов. Параллельно с этим механизмом происходит образование  $\gamma$ -квантов за счёт неупругого рассеяния нейтронов и реакций захвата нейтронов ядрами. На основе механизма, предложенного Б.И. Сазоновым, обсуждаемое здесь явление пытались объяснить В.Ф. Логинов [8] и независимо В. Арабаджи [26].

Однако последующие вычисления, выполненные в работе [12], показали, что нуклон-ядерные взаимодействия не в состоянии объяснить повышенное содержание озона в полярной стратосфере.

Рассмотрим ещё один нетрадиционный механизм, известный как электронные высыпания. Идею о возможном воздействии заряженных частиц (низкоэнергичных протонов и электронов) на баланс общего содержания озона выдвинул Мёркрей [31] ещё в 1957 г. Наблюдая полярное сияние в Анкоридже (Аляска) он обнаружил кратковременное увеличение интенсивности инфракрасного излучения ( $\lambda \approx 960$  нм) ночного неба на 18%. Мёркрей предположил, что это явление связано с увеличением интенсивности излучения озона, дополнительное содержание которого образовалось при вторжении в верхнюю атмосферу заряженных частиц. При этом вторжении низкоэнергетических протонов и электронов в верхнюю стратосферу и мезосферу приводит также к нагреванию указанных атмосферных слоёв. Первые температурные оценки теоретически получил Ишикава [28]. Впоследствии этот вопрос исследовали Келлог [29] и Маеда [30]. В частности, Маеда [30] показал, что даже при малых зенитных углах солнца во время высокой магнитной активности «корпускулярные» скорости диссоциации по порядку величины близки к скоростям фотодиссоциации молекулярного кислорода в полосе поглощения Шумана-Рунге ( $\lambda \approx 140\text{--}175$  нм). В этой же полосе средний поток энергии солнечной УФР составляет около  $300 \text{ эрг}\cdot\text{см}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$ , а средний поток выпадающих электронов высокой интенсивности равен  $400 \text{ эрг}\cdot\text{см}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$ .

В работах [21, 22, 23] выполнены модельные оценки влияния электронных высыпаний на баланс мезосферного озона. Оценки показали, что на высотах 70–80 км на третий день после высыпаний электронов плотность озона в полярной области увеличивалась на 10% от суммарного количества озона в указанном слое. Отметим, что 10% от содержания озона в слое 75–80 км составляет 0,001 ед.Д. Это означает, что любые изменения содержания озона за счёт электронных высыпаний методами наземной спектрофотометрии определить невозможно. Поэтому вызывает удивление, что авторы [9], проводившие исследования общего содержания озона в полярных широтах, обнаружили значительные межсуточные изменения общего содержания озона в полярных широтах связывали с проявлениями электронных высыпаний.

Подводя итоги данного раздела, обращаем внимание исследователей, что выполненные нами расчёты [12, 14] однозначно показали, что ни нуклон-ядерные взаимодействия ГКЛ в озоносфере, ни тормозное рентгеновское излучение, ни непосредственное воздействие электронных высыпаний на баланс озона в стратосфере не могут быть причиной повышенного содержания озона в полярных широтах. Поэтому, естественным образом, нам остаётся перейти к **главной** и заключительной части настоящей работы – к описанию гипотезы, которую мы исследовали более 20 лет (!), и которую теперь уже можно смело назвать реальным физическим механизмом.

Поиск нетрадиционного нефотохимического источника озона в стратосфере непозволительно долго затянулся. Это было связано с тем, что исследователи постоянно, в течение десятилетий (!), совершали одну и ту же ошибку. Они оценивали «ударное», или мгновенное, разовое воздействие заряженных частиц на озоносферу. Такое мгновенное воздействие в энергетическом отношении очень слабое по сравнению с солнечной ультрафиолетовой радиацией (УФР).

Механизм, предлагаемый авторами ниже, состоит в следующем. Известно, что во время полярной ночи солнечная УФР отсутствует. Также известно, что в нижней стратосфере в зимней полярной стратосфере консервативность озона в зависимости от высоты составляет от 100 до 500 суток [37]. При такой высокой консервативности содержание озона в полярной стратосфере должно было бы сохраниться до весны на осеннем уровне. В действительности во время полярной ночи ежегодно наблюдается рост общего содержания озона от осени к весне. Этот факт указывает на существование в полярной стратосфере источника озона, отличного от фотохимического.

В результате наших предшествовавших многолетних исследований (см. список лит-ры) мы пришли к выводу, что единственным нефотохимическим источником озонаобразования в зимней полярной стратосфере является радиолит молекулярного кислорода протонами галактических космических лучей (ГКЛ). С учётом упомянутой выше консервативности озона происходит его накопление в зимней нижней полярной стратосфере, что и является причиной образования весеннего максимума в полярных и субполярных районах. А поскольку процесс радиолитического молекулярного кислорода в полярной стратосфере в основном ограничивается высотами 8-18 км с максимальным поглощением ГКЛ в высотном слое 13-16 км, т.е. как раз в этом слое в зимне-весенний период и происходит формирование **вторичного максимума** в вертикальном распределении плотности озона. Этот вторичный максимум расположен ниже основного озонового максимума.

Обращаем внимание исследователей, что **именно вторичный максимум** и является ответственным за весенний максимум общего содержания озона в полярных и субполярных широтах и **именно вторичный максимум** плотности озона вносит разбаланс в фотохимическую теорию (если рассматривать пространственно-временное распределение общего содержания озона). Наши оценки показали, что плотность вторичного максимума составляет в среднем 100 ед.Д [13], что соответствует данным наблюдений. Несмотря на то, что в летнее время вторичный максимум плотности озона исчезает [15], благодаря доминирующему проявлению солнечной озоноразрушающей радиации (в слое 8-18 км), тем не менее в среднем в полярной области за счёт длительности эффекта накопления озона во время полярной ночи общее содержание озона в северных широтах больше, чем в средних и, тем более, в южных широтах, т.е. **что и требовалось доказать**.

В течение длительного времени (с 1989 г) не представлялось возможным сравнить значение полученной плотности озона во вторичном максимуме ( $\approx 100$  ед.Д) с результатами вычислений, выполненных другими авторами. Причина этого обстоятельства банальна — многие исследователи до настоящего времени не принимают всерьёз роль воздействия ГКЛ на формирование вторичного максимума плотности озона и, следовательно, подобных оценок не проводилось. Справедливости ради мы должны отметить, что вскоре после нашей публикации (1989 г) появились другие работы о влиянии ГКЛ на стратосферный режим озоносферы [21, 24]. Так что не так всё плохо — появились соратники!

Чтобы географически идентифицировать регионы, в которых нефотохимический источник вносит существенный вклад в процесс дополнительного озонаобразования, мы разработали способ представления распределения плотности озона по высотам, который совершенно свободен от фотохимических и динамических «подгонок».

Для этого мы представили озоновую оболочку как сферически-симметричный слой, численное исследование которого осуществлялось на основе законов сферической тригонометрии. Результаты вычислений, выполненных по формулам В.А. Амбарцумяна [1], подтвердили тот факт, что дополнительное (нефотохимическое) накопление озона происходит в нижней стратосфере в полярных широтах. Такое накопление озона происходит особенно интенсивно в зимнее время, и этот эффект совершенно незаметен в средней стратосфере зимой и летом [16].

В последние годы авторы настоящей работы пытались найти такой независимый метод расчёта дополнительного озонообразования, который позволил бы сравнить полученную нами ранее оценку [13] с результатами вычислений, выполненных в наших последних работах [17, 18]. Разработать такой независимый метод нам помогло тщательное изучение «математической теории борьбы за существование», созданной итальянским математиком В. Вольфегера [2]. На основе этой теории нам удалось получить решение системы уравнений применительно к процессам озонообразования и озоноразрушения в указанных выше условиях на высотах 8-16 км. В результате выполненных в работах [17, 18] преобразований и соответствующих вычислений мы получили суммарное значение концентрации озона в указанной выше толще  $\approx 10^{18}$  молекул·см<sup>-2</sup>, т.е. около 100 ед.Д. Таким образом, разработанный нами независимый метод подтвердил результаты предшествовавших исследований.

Возвращаясь к упомянутому выше географическому изменению высоты солнца, обращаем внимание исследователей, что меридиональное распределение максимальной плотности озона (в его вертикальном распределении) строго следует изменению высоты солнца по широтам (рис. 2). На этом же рисунке видно, что меридиональное распределение общего содержания озона имеет ход обратный изменению высоты солнца.

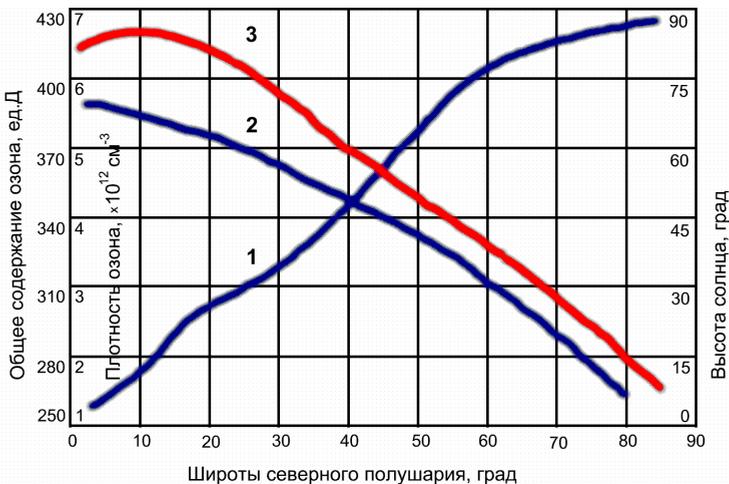


Рис. 2. Меридиональное распределение средних многолетних значений общего содержания озона (1), апрель, 1970 - 2007 гг., по данным измерений со спутника TOMS; максимальной плотности озона в слое основного максимума (2); полуденной высоты солнца за 15 апреля 2010 г (3).

### Подведем итоги

1. Фотохимическая теория стратосферного озона достаточно точно объясняет образование озона в стратосфере на высотах 25–30 км и определяет его меридиональное распределение в соответствии с изменением высоты солнца по широтам.
2. Значения максимальной плотности озона в слое основного озонового максимума уменьшаются от экваториальных широт к полярной области в соответствии с уменьшением высоты солнца.
3. «Центр тяжести» слоя озонового максимума уменьшается от экваториальной стратосферы к полярной, соответствуя уменьшению высоты солнца.
4. Чем больше высота солнца, тем активнее происходит процесс озонообразования, т.к. доля озонообразующей радиации увеличивается.
5. Годовой ход общего содержания озона в экваториальных и субтропических широтах находится соответствует положениям фотохимической теории, т.е. максимум общего содержания озона наблюдается в летние месяцы.
6. Повышенное содержание озона в средних широтах можно рассматривать как промежуточное состояние между полярными и экваториальными широтами.
7. Фотохимическая теория не в состоянии объяснить рост общего содержания озона от экватора к полюсам. По-видимому это обстоятельство связано с проявлением циркуляционных факторов, особенно активных на высотах ниже 20–30 км, т.е. ниже максимума плотности озона.
8. Фотохимическая теория не может объяснить весенний максимум общего содержания озона в полярных и субполярных широтах. В этих регионах существенное влияние на баланс общего содержания озона оказывают ГКЛ, вызывающие дополнительное озонообразование и формирующие вторичный максимум плотности озона на высотах 13–16 км. Разработанные авторами независимые от фотохимии методы позволили получить оценки дополнительного озонообразования, которые подтвердили данные наблюдений

Авторы благодарят С.С. Смирнова за выполненные им расчёты высоты солнца для различных широт.

### Литература

1. Амбарцумян В.А. К вопросу о распределении озона в земной атмосфере. — Бюл. КИСО, 1934, № 5–6, с. 30–32.
2. Вольтерра В. Математическая теория борьбы за существование. — М.: Наука, 1976. — 350 с.
3. Еропкин Д.И. К вопросу о распределении озона по широте. — Бюл. КИСО, 1934, № 5–6, с. 25–27.
4. Козин И.Д., Федулина И.Н., Чакаев Б.Д. Изменение общего содержания озона при возмущении космических лучей в периоды Форбуш-эффектов. — Метеорология и гидрология, 1994, № 10, с. 31–33.
5. Кондратович К.В. Долгосрочный прогноз поля давления по району Северной Атлантики в холодное время года // Дис. канд. геогр. наук. Л.: ЛГМИ, 1964. — 352 с.
6. Кондратович К.В., Горбунов О.Д. О сопряжённости магнитного поля Земли и термобарического поля озоносферы. — Труды ЛГМИ, 1974, вып. 43, с. 116–120.
7. Кондратович К.В., Осечкин В.В., Гниловской Е.В. Оценка стока атмосферного кислорода в районы мировых аномалий с повышенной геомагнитной напряжённостью. — Деп. рук. М.: ВНИИГМИ — МЦД, № 656-ГМ, 11.11.1987. — 27 с.
8. Логинов В.Ф. Географическое распределение общего содержания озона и магнитное поле Земли. — Вестник ЛГУ, 1969, № 24, с. 137–139.

9. *Нагурный А.П., Широков А.В.* Изменчивость общего содержания озона в северном околополюсном пространстве по данным экспедиции на атомном ледоколе «Сибирь» (май-июнь 1987 г) // ДАН, 1989, т. 308, № 5, с. 1099-1103.
10. *Нуждина М.А.* Квазигодичные колебания в сезонном цикле озона. – Труды ЛГМИ, 1991, вып. 111, с. 111-119.
11. *Осечкин В.В., Гниловской Е.В.* О происхождении весеннего максимума общего содержания озона в полярных и субполярных районах обоих полушарий. – Деп. рук. М.: ВНИИГМИ – МЦД, № 657-ГМ, 11.06.1987. – 27 с.
12. *Осечкин В.В., Гниловской Е.В.* Оценка некоторых нуклон-ядерных взаимодействий космических лучей в озоносфере. – Труды ЛГМИ, 1988, вып. 101, с. 96-104.
13. *Осечкин В.В., Гниловской Е.В., Кондратович К.В.* О воздействии галактических космических лучей на формирование весеннего максимума общего содержания озона в полярных и субполярных районах // ДАН, 1989, т. 305, № 4, с. 825-828.
14. *Осечкин В.В., Гниловской Е.В.* О роли выпадающих электронов в балансе стратосферно-мезосферного озона. – Труды ЛГМИ, 1991, вып. 111, с. 103-111.
15. *Осечкин В.В., Смышляев С.П.* Механизмы формирования и разрушения вторичного максимума в вертикальном распределении плотности озона в ночной зимней полярной стратосфере // ДАН, 1993, т. 328, № 6, с. 671-673.
16. *Осечкин В.В., Гниловской Е.В.* О природе нефотохимического источника озона в стратосфере и возможности его географической идентификации // ДАН, 1997, т. 355, № 4, с. 535-539.
17. *Осечкин В.В., Гниловской Е.В., Потемкин В.Е.* Опыт математической формализации некоторых уравнений атмосферной химии (озонового цикла) на основе теории Вольтерра. – Уч. записки РГГМУ, 2009, № 9, с. 66-69.
18. *Осечкин В.В., Гниловской Е.В., Потемкин В.Е.* Оценка дополнительного озонобразования в зимней нижней полярной стратосфере с использованием некоторых положений теории Вольтерра. – Уч. записки РГГМУ, 2010, № 12, с. 74-79.
19. *Сазонов Б.И.* Высотные барические образования и солнечная активность. – Л.: Гидрометеиздат, 1964. – 130 с.
20. *Сазонов Б.И.* О возможной роли частиц космических лучей в солнечно-тропосферных связях. – Труды ГГО, 1966, вып. 198, с. 89-106.
21. *Скрябин Н.Г., Моисеева В.Г., Строд С.И.* Реакция атмосферы на выпадение заряженных частиц. – В сб. Исследование динамических процессов в верхней атмосфере. – М.: Гидрометеиздат, 1979, с. 218-223.
22. *Скрябин Н.Г., Соколова В.Д., Моисеева В.Г., Семенов Я.С.* Возможность отклика атмосферы на выпадения высокоэнергичных электронов. – В сб. Физические процессы в верхней атмосфере высоких широт. – Якутск, ЯФСОАН, 1976, с. 55-68.
23. *Сосин И.И., Скрябин Н.Г.* Перестройка кислородных компонентов в мезосфере в зависимости от энергии выпадающих электронов. – Труды ЛГМИ, 1991, вып. 11, с. 120-125.
24. *Стеблова Р.С.* Озоновые дыры – результат взаимодействия Солнца и Космоса с геомагнитным полем в зимней атмосфере // ДАН, 1990, т.315, № 5, с. 1097-1102.
25. *Anderson W.* Ozone in the Winter polar stratosphaere und Hoehenstralen. – Z.Phys., 1929, Bd. 30, S. 485-486.
26. *Arabatshi W.J.* Zum Problem der Ozonentstchhung in der unteren Stratosphaere. – Ztsch. Meteorol., 1970, Bd. 21, H.8, S. 245-246.
27. *Chapman S.* On ozone and atomic oxygen in the upper atmosphere. – Phil.Mag., 1930, A10, № 64, p. 369-385.
28. *Ishikava J.* Solar corpuscular radiation as a heat source of the upper atmosphere. – Papers in Meteorol. and Geoph., 1959, vol. 10, №2, p. 93-123.
29. *Kellog W.W.* Chemical heating above the polar mesopause in winter. – J.Geoph.Res., 1961, vol. 66, № 3, p. 373-381.
30. *Maeda K.* Auroral dissociation of molecular oxygen in the polar mesosphere. – J.Geoph.Res., 1963,vol. 68, № 1, p. 185-197.
31. *Murcray W.A.* A possible auroral enhancement of infrared radiation emitted by atmospheric ozone. – Nature, 1957, № 4577, p. 139-140.
32. *Newell R.E.* Transfer through the tropopause and within the stratosphere. – Quart.J.Roy.Meteorol.Soc., 1963, vol. 89, № 380, p. 167-204.
33. *Pyle J.A., Rogers C.E.* Model tracer budget in the stratosphere. – Quart.J.Roy.Meteorol.Soc., 1984, vol. 110, № 466, p. 1087-1105.

34. *Rasool S.J.* Effect of certain extra terrestrial phenomena on atmospheric ozone and on the height of tropopause. — Proc. XII General Assembly of JUGG, Helsinki, 26.VII.1960 – 6.VIII.1960. — p. 85.
35. *Reed R.J.* Large-scale eddy flux as a mechanism for vertical transport of ozone. — J.Meteorol., 1953, vol. 10, № 4, p. 296-297.
36. *Schroer E.* Theorie der Entstehung, Zersetzung und Verteilung des atmosphäerischen Ozons. - Berichte des Deutschen Wetterdienstes in der US-Zone., 1949, №11, S. 13-23.
37. *Solomon S., Garsia S.S., Stordial F.* Transport process and ozone perturbations. — J.Geoph.Res., 1985, vol. D90, № 7, p. 12981-12989.

*В.Я. Александров*

**ЛЕДНИКИ АНТАРКТИЧЕСКОГО ПОЛУОСТРОВА И ИХ РЕАКЦИЯ НА КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ**

*V. Ya. Alexandrov*

**THE GLACIERS OF ANTARCTIC PENINSULA AND THEIR REACTION TO CLIMATE CHANGES**

*Рассмотрено поведение ледников в регионе Антарктического полуострова и одна из основных причин их отступления.*

*Ключевые слова: Антарктический полуостров, отступление ледников, климатические изменения.*

*Glaciers behavior in region of Antarctic Peninsula and one of the general reasons of glaciers retreat is considered*

*Key words: Antarctic Peninsula, glaciers retreat, climate changes*

Ледники – чуткие индикаторы изменения климата. Повсеместное сокращение ледников за последние 100 – 150 лет согласуется с глобальным потеплением (около 0,6 град. С за этот же период) (Рис.1).



Рис.1. Динамика глобального потепления

Особенно ярко потепление проявилось в регионе Антарктического полуострова. Рост температуры воздуха на большинстве станций региона происходит практически синфазно глобальным изменениям [2], причем современное потепление наиболее сильно выражено с середины 1980-х гг. (Рис.2).

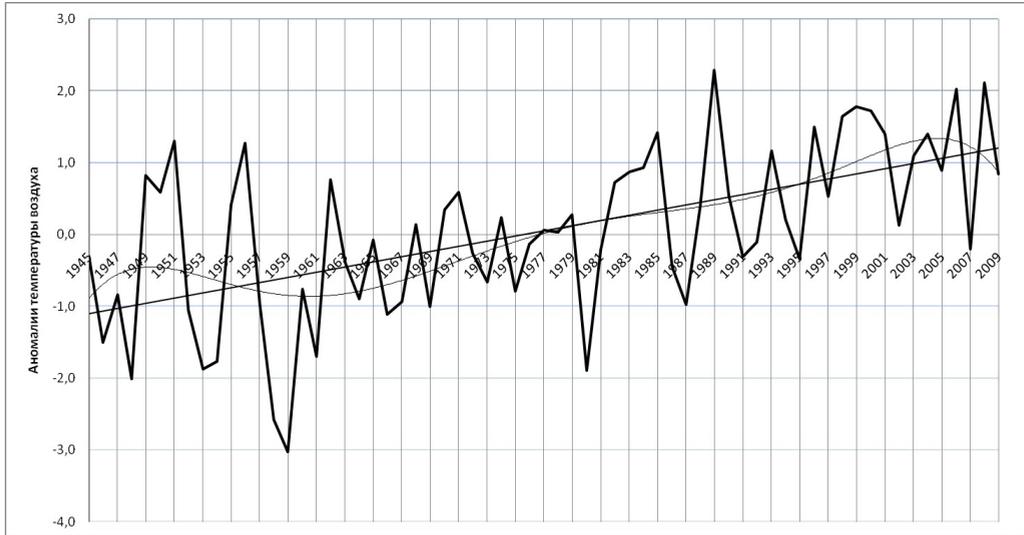


Рис.2.Изменение среднегодовых аномалий температуры воздуха на Антарктическом полуострове за период 1945 -2009 г.г.[1].

Из анализа рис.2 следует, что с 1945 г. среднегодовая температура воздуха на полуострове повысилась на 2,4 – 2,6 град.С ( по данным станций Сигню-Айленд, Беллинсгаузен, Теньенте-Хубани, Хенераль Бернардо-О Хиггинс, Эсперанса, и Фарадей/Вернадский, расположенных от 60 до 65 градуса ю.ш.). Наибольший вклад в потепление на этих станциях вносит повышение температуры в зимние месяцы (июнь - август) [1], однако летний рост температуры, будучи значительно менее выраженным по величине, во многом обуславливает деградацию оледенения в связи с расширением периода времени со среднесуточными температурами выше нуля [2].

Ледниковое покрытие Антарктического полуострова – это более чем 400 индивидуальных ледников, высоких и узких горных плато. Площадь ледников (включая шельфовый лед) – около 95200 кв.км, среднегодовая аккумуляция (накопление массы) – около 143 гигатонн [3].

С 1953 г., из 244 морских ледников, связанных с островами, 212 показывают общее отступление с их ранее известных позиций. Другие 32 ледника показывают очень незначительное наступление [5].

Начиная с 1954 года отступление ледников неуклонно увеличивалось, и, к 2004 г. достигло 75%, причем границы отступления сместились к югу (Рис.3).

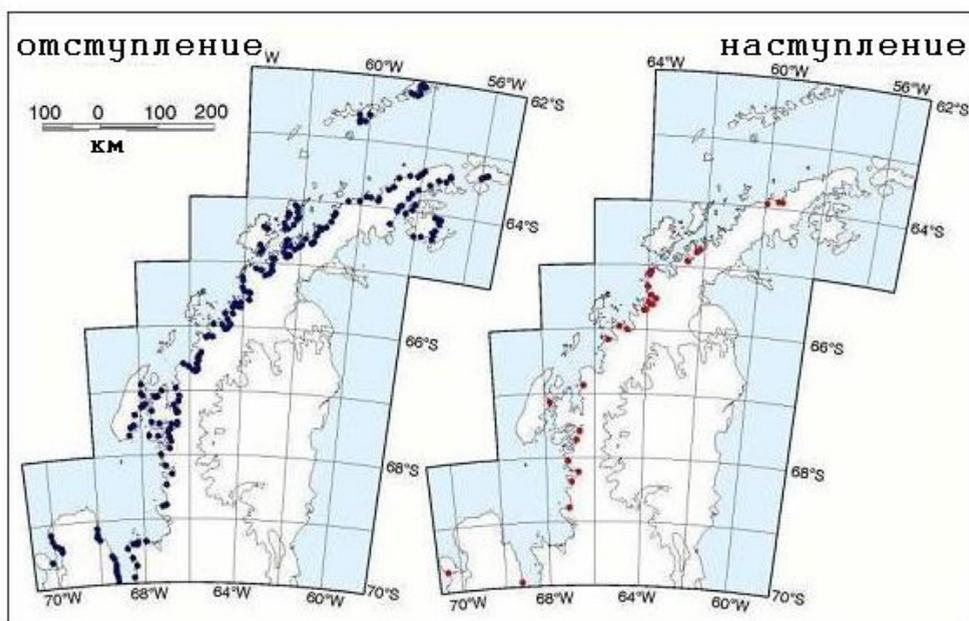


Рис.3. Общее изменение фронтов ледников (отступление/ наступление) По [3].

Данные измерений на 300 ледниках западного побережья антарктического полуострова (с1992 по 2005 гг.) показали, что скорости движения ледников выросли на 10 %, и что эта тенденция увеличивается [7].

Увеличение потери льда может быть частично возмещено увеличением количества осадков в западной чпсти Антарктического полуострова. Но шельфовые ледники и ледники на западной стороне полуострова продолжают отступать. Суммарная оценка массовой потери составляет около 43 гигатонн/год [6]. Разрушение шельфовых ледников приводит к непрерывной потере наземного льда (покровного ледника), из которого вытекают выводные ледники.

Например, можно проследить, как вел себя ледник Ланге (**Lange Glacier**), расположенный на о. Кинг-Джордж (Южные Шетландские острова).

В период с 1956 по 1975 годы произошла первая стадия отступления – на 440 м, и к 1979 году ледник отодвинулся на 880 м, то есть потерял за этот период около 1,3 км. Этот процесс продолжался между 1979 и 1988 годами, когда ледник отступил еще на 280 м. С 1988 по 1995 годы потеря составила еще 180 м. Всего с 1956 по 1995 год ледник отступил на 1,7 км [4]. (Рис.4).

На о.Кинг-Джордж отступление ледников прослеживается с 1950-х годов. Высота линии равновесия до этого времени находилась на 140 м, а наблюдения с 1990-х годов показывают восходящее изменение высоты линии равновесия к 200 м.

Сезон удаления длится с ноября по март (на самых низких уровнях). Только в самых высоких областях ледника наблюдается отсутствие летнего таяния [4].

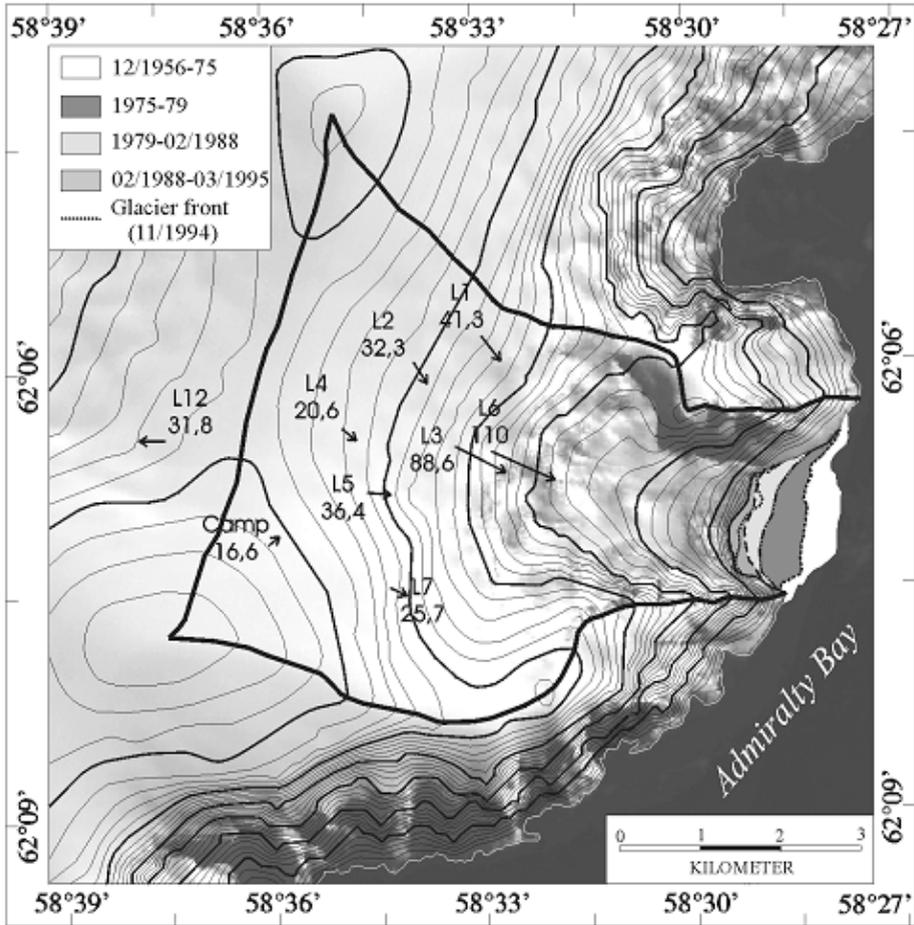


Рис.4. Отступление ледника между 1956 и 1995 гг. в заливе Адмиралтейства (Admiralty Bay) и смежных областях о.Кинг-Джордж (Южные Шетландские острова) [4].

Крупномасштабные синоптические процессы вызывают таяние снега. В частности, адвекция теплых влажных воздушных масс с севера способствует более высоким нормам таяния. Довольно велики различия в межгодовых нормах удаления. Решающее значение здесь имеют преобладающие синоптические условия.

Нормы удаления на Антарктическом полуострове являются самыми высокими на сегодняшний день (наиболее высокие нормы удаления в этом регионе наблюдаются на о. Кинг-Джордж). Процессы таяния на ледяном куполе очень чувствительны к увеличению температуры воздуха [3].

За прошедшие полвека Антарктический полуостров потерял около 27 тыс. кв. км площади шельфовых ледников. Основной причиной отступления шельфовых ледников Антарктического полуострова можно считать повышение уровня поверхност-

ного таяния, как результат атмосферного потепления [3]. Ледники о.Кинг-Джордж – очень хорошие индикаторы обнаружения климатических изменений в регионе Антарктического полуострова.

Маленькие ледники имеют короткое время ответа изменениям климата (то есть задержку времени, в течение которой ледник приспосабливается к изменениям в балансе массы) [4] и поэтому являются мощными инструментами для обнаружения климатических изменений.

### Литература

1. *В.Я. Александров, А.Я. Коржиков.* Колебания среднегодовых аномалий температуры воздуха в регионе Антарктического полуострова в связи с особенностями атмосферных процессов в Южной полярной области. Ученые записки РГГМУ. № 15. 2010.
2. *В.Ф. Мартазинова, В.Е. Тимофеев.* Современное состояние атмосферной циркуляции воздуха в северном и южном полушариях и региональные климатические особенности в атлантико-европейском секторе и районе Антарктического полуострова. Украинский НИИГМИ. Проблемы Арктики и Антарктики. № 3(80).2008
3. Antarctic climate change and the environment. A contribution to the International Polar Year.2007-2008. Scientific Committee on Antarctic Research (SCAR). Edited by: Dominic Hadson, John Turner, Pete Convey. British Antarctic Survey, UK; Robert Bindshadler, National Aeronautic and Space Administration, USA; Eberhard Fahrbach, Julian Gutt, Alfred Wegener Institute, Germany; Paul Mayevski, Climate Change Institute, University of Maine, USA; Colin Summerhages, Scientific Committee on Antarctic Research.
4. *М. Braun.* Ablation on the ice cap of King-George Island (Antarctica). Doctoral thesis at the Faculty of Earth Sciences Albert-Ludwigs-University.2001
5. *Ferrigno, J.G., Cook, A.J., Foley, K.M., Williams, R.S.JR., Swithinbank, C., Fox, A.J., Thomson, J.W. and Sievers, J.* 2006. Coastal-Change and Glaciological Maps of the Trinity Peninsula area, Antarctica: 1843-2002 (USGS map number 102600-A).
6. *Pritchard, H.D. and Vaughan, D.G.* 2007. Widespread acceleration of tidewater glaciers on the Antarctic Peninsula, J.Geophys.Res., 112, F03829.
7. *Rignot, E., Casassa, G., Gogineni, P., Krabill, W., Rivera, A. and Thomas, R.* 2004. Accelerated ice discharge from the Antarctic Peninsula following the collapse of Larsen B ice shelf, Geophys. Res. Let., 31.

*А.А. Будников, Ю.Д. Чашечкин*

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ «МУСОРНЫХ ОСТРОВОВ» В ВИХРЕВОМ ОКЕАНЕ

*A.A. Budnikov, Yu.D. Chashechkin*

### MODELING OF «GARBAGE ISLAND» FORMATION IN THE VORTEX OCEAN

*Создана лабораторная установка для изучения движения плавучих маркеров конечного объема в составном вихре. Визуализированы траектории маркеров при воспроизводимых внешних условиях. Траектория движения маркера зависит от его начального положения. При движении маркер вращается как вокруг центра, так и вокруг собственной оси. Определены положения мгновенного центра вращения маркеров и сепаратрисы, разделяющей области при помещении в которые маркер при дальнейшем движении смещается к центру или стенкам контейнера.*

*Ключевые слова: Мусорные острова, составной вихрь, траектории движения твердотельных маркеров.*

*The polypropylene markers motion in composite vortex in a laboratory set-up was studied. Trajectories of the markers depending on their initial position under fixed external conditions are tracked. Moving marker rotates both round the whirl center and round its own axis. Corresponding angular velocities are defined. The separatrix dividing areas of initial positions from which the marker displaced to the center of a whirl or to the container wall was found.*

*Key words: Garbage islands, compound vortex, solid-state markers movement trajectories.*

### **Введение**

Вихревые движения, и в атмосфере, и в океане, могут захватывать и переносить различные примеси и предметы. Поведение захваченных предметов в пылевых дьяволах, торнадо и в других компактных вихрях порой непредсказуемо. Например, отмечается способность смерчей вонзять продолговатые предметы (соломинки, палки, обломки и др.) в деревья, стены домов, землю и т. п.) [1].

Океанские циркуляционные течения различных масштабов, начиная от мелких вихрей и заканчивая глобальной системой течений, охватывающей все океаны, также захватывают и транспортируют различные плавучие предметы. Наблюдения показы-

вают, что плавающие предметы могут собираться и длительно удерживаться в форме компактных образований вследствие действия центробежных и кориолисовых сил, а также влияния деформации свободной поверхности океана.

Одним из примеров такого скопления служит Саргассово море – район антициклонического круговорота вод в Атлантическом океане. В этом районе как минимум несколько столетий существуют плавучие бурые водоросли – саргассы, составившие основу специфической экосистемы. Запас водорослей оценивается в 4 – 11 млн. тонн. В настоящее время безопасности экосистемы угрожает загрязнение мазутом, нефтью, смолами и другими продуктами техногенного и антропогенного происхождения [2].

Относительно недавно в Тихом океане, а затем в Атлантическом и в Индийском океанах, были обнаружены области значительного скопления мусора, в основном дрейфующего пластика, плавающего вблизи и на свободной поверхности. На данный момент известно положение нескольких крупных областей скопления мусора, в тех местах, где океанские течения образуют масштабные круговороты [3]. В 2009 году был образован «Институт пяти водоворотов» (5 Gyres Institute), ориентированный на изучение природы и влияния загрязнения Мирового океана в уже обнаруженных “мусорных островах”, а также на поиск новых загрязненных участков [4].

Обнаружение “мусорных островов” и наблюдение за их динамикой представляет собой серьезную проблему. Поскольку основной массой мусора являются частицы пластика размерами порядка нескольких сантиметров [5], обнаружение их со спутника и даже визуально затруднительно. Отдаленность “мусорных островов” от берегов и основных маршрутов морских перевозок затрудняет возможности экспедиционного изучения процессов формирования и эволюции областей концентрации мусора.

Разлагающийся мусор оказывает сильное негативное влияние на морские экосистемы. Кроме того, происходящий время от времени выброс на побережье даже небольшой части пластика, находящегося в мусорном пятне, представляет собой серьезную проблему для жителей прибрежных районов [6]. На перенос примеси в приповерхностном слое влияют крупномасштабные вихревые течения, волнение и ветер, что затрудняет изучение закономерностей их переноса и разработку математических моделей и процессов.

Теоретическое исследование переноса обломков нерегулярной формы нестационарными вихревыми течениями практически не развито, вследствие сложности явления. Лабораторное моделирование данного процесса в контролируемых внешних условиях может оказаться полезным в оценке влияния основных факторов на динамику мусорного пятна и его отдельных составляющих.

На первом этапе интерес представляет изучение влияния неравномерно распределенной завихренности. Такие течения реализуются в различных лабораторных установках циркуляционного типа. Удобным объектом исследований служит поверхностное течение, которое формируется вращающимся диском, установленным на дне цилиндрического контейнера. Структура вихря и параметры поверхностной каверны в чистой жидкости (рис.1) приведены в [7].

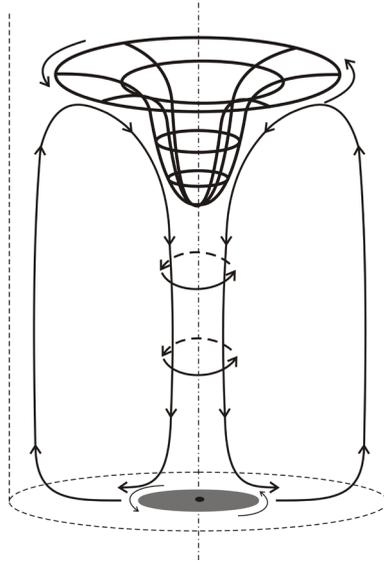


Рис. 1. Упрощенная схема вихревого течения, индуцируемого вращающимся диском в цилиндрическом контейнере.

Цель данной работы — изучение динамики плавающих частиц на поверхности составного вихря, моделирующего вихревую систему со стоком в центре и притоком жидкости на периферии.

Лабораторная установка:

Схема лабораторной установки приведена на рис. 2. Ее основу составляет рабочий контейнер — цилиндр 2 высотой 70 см. с внутренним диаметром 29.4 см. Для уменьшения оптических искажений при фотографировании течений цилиндр помещался внутрь открытого параллелепипеда размерами 64 45 70 см. в металлической раме. Сквозь геометрический центр контейнера через уплотнительный сальник проходит вал, соединенный напрямую с электромотором. На вал устанавливается активатор 3 — гладкий диск диаметром 5 см и толщиной 2 мм. Верхняя кромка диска располагается на расстоянии 2 см. от дна бассейна. На уровне верхней кромки установлено фальш-дно 4. На оси также располагается диск с прорезями 5 для возможности измерения угловой скорости вращения оси, которая определяется при помощи оптического датчика 8 и блока преобразования сигнала 9. Диск приводится во вращение электромотором 6, частота вращения которого варьируется в диапазоне от 200 до 2500 об/мин. Выбор частоты вращения осуществляется блоком управления 7. Частота вращения может изменяться в ходе эксперимента, так и поддерживаться постоянной. Картина течения регистрируется с помощью фото и видеоаппаратуры 10 (указать какие модели). Управление экспериментом и регистрация данных ведется с помощью ЭВМ 11. Для наполнения и осушения бассейна используется гидравлическая система 12. Освещение для фотосъемки производится источником белого света 13 с рассеивающим экраном 14 или лампой ультрафиолетового света 15.

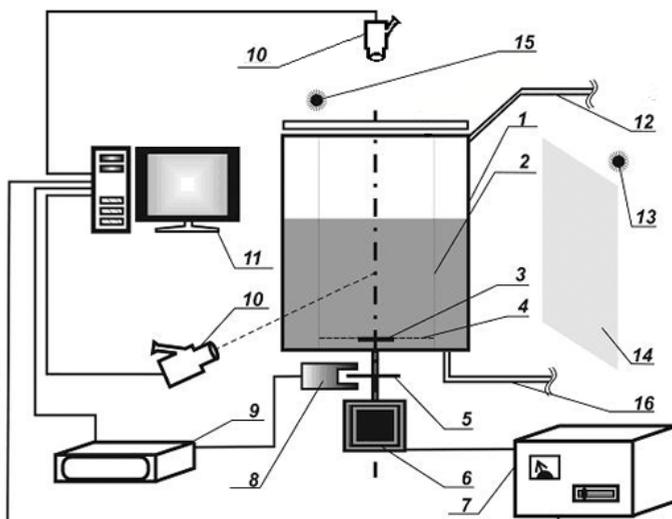


Рис.2. Схема лабораторной установки для изучения вихревого движения.

Перед началом эксперимента установка заполняется дегазированной водопроводной водой. Глубина слоя жидкости в данных экспериментах составляла 40 см. Условия освещения (угол и высота расположения прожектора) подбираются так, чтобы при дальнейшей обработке изображения все детали свободной поверхности жидкости были видны и различимы. На поверхность жидкости помещается один или несколько плавучих маркеров – полипропиленовые пробирки, утяжеленные (для вертикальной ориентации в воде) свинцовыми дробинками. Фотография используемых маркеров приведена на рис.3.



Рис.3. Плавучие маркеры, использовавшиеся в экспериментах.

Каждый новый эксперимент начинался после затухания всех движений в бассейне. В данных опытах частота вращения диска-активатора составляла 500 об/мин. Видео-регистрация проводилась с помощью цифровой видеокамеры Panasonic NV-

MX500, расположенной вертикально над центром бассейна. Видеозапись движения маркера начиналась с момента начала движения маркера и продолжалась в течение всего эксперимента.

Обработка отснятого материала в оболочке **Adobe Photoshop** позволяла проследить траектории частиц и их угловое положение, положение метки на крышке, а также измерить следующие параметры:

$R$  – расстояние от центра маркера до центра каверны, обозначающего центр вращения поверхностного слоя жидкости.

$\Omega$  – угловую скорость вращения маркера вокруг центра каверны.

$\omega$  – собственную частоту вращения маркера вокруг своей оси.

В качестве угловой скорости  $\Omega$  выбиралось среднее значение частоты вращения маркера за время одного оборота вокруг центра каверны. Собственная частота вращения маркера  $\omega$  осреднялась за время обращения вращения вокруг собственной оси. Погрешность измерения при том составляет  $\pm 10\%$ .

Пример траектории маркера, полученной при помощи наложения кадров, отснятых в процессе регистрации положений маркера и последующим соединением прямыми линиями отмеченных точек, приведен на рис.4.

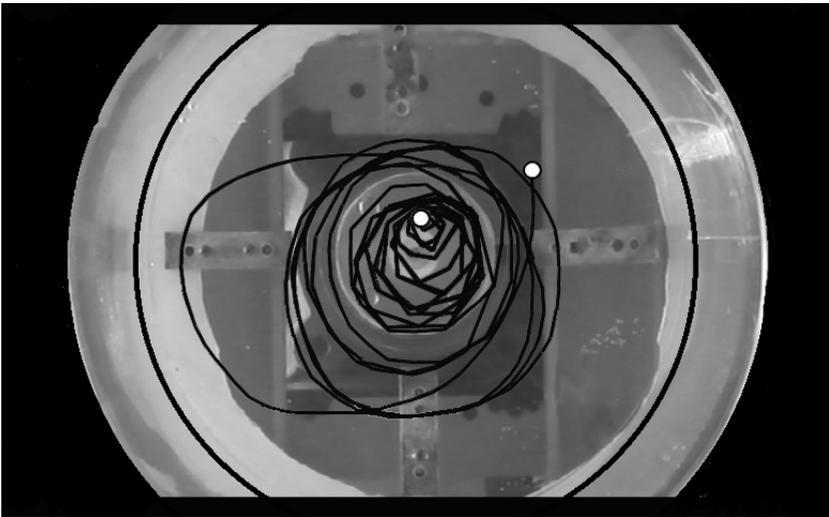


Рис.4. Пример траектории движения маркера Условия опыта.

Окружность с диаметром, составляющим примерно  $3/4$  от диаметра контейнера – условная сепаратриса, разделяющая области различного притяжения траекторий. Помещенный внутри сепаратрисы маркер смещается к центру каверны, во внешней области – к стенке контейнера. На рис.5 представлен график изменения со временем удаленности центра маркера от центра каверны, а на рис.6. изменение этой удаленности в зависимости от числа оборотов маркера вокруг центра каверны. В первом случае изменение расстояния можно аппроксимировать степенной зависимостью. Во втором – линейной.

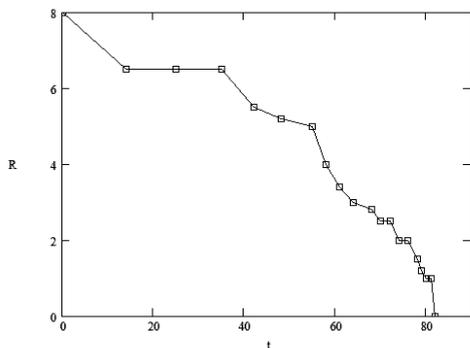


Рис.5. Зависимость расстояния маркера от центра вихря R от времени t.

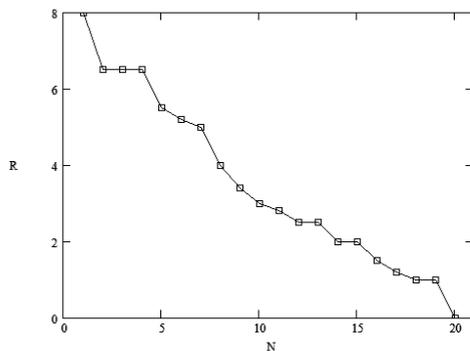


Рис.6. Зависимость расстояния маркера от центра вихря R от номера оборота вокруг центра вихря N.

На рис.7 представлен график увеличения угловой скорости вращения маркера вокруг центра каверны с течением времени. На рис.8 аналогичный график для собственной угловой скорости вращения маркера вокруг своего центра. Увеличение угловых скоростей можно аппроксимировать экспоненциальной зависимостью.

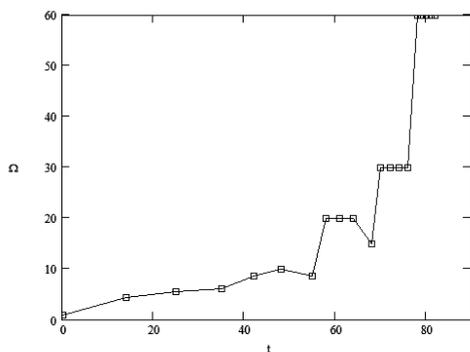


Рис.7. Зависимость угловой скорости вращения маркера вокруг центра вихря  $\Omega$  от времени t.

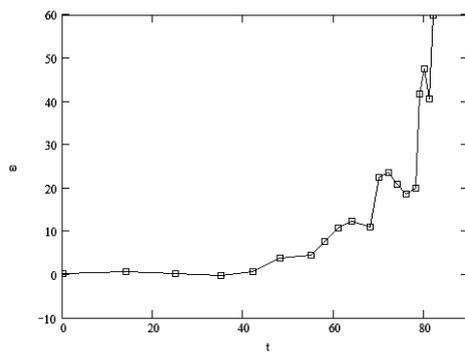


Рис.8. Зависимость угловой скорости вращения маркера вокруг центра вихря  $\Omega$  от расстояния R.

На рис.9 представлена зависимость угловой скорости вращения маркера вокруг центра каверны в зависимости от величины радиуса на котором происходит вращение. С приближением к центру каверны скорость вращения маркера возрастает.

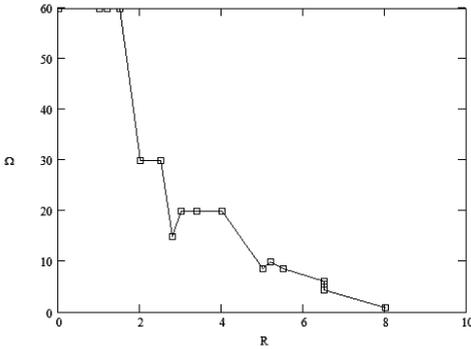


Рис.9. Зависимость собственной частоты вращения маркера вокруг своей оси  $\omega$  от времени  $t$ .

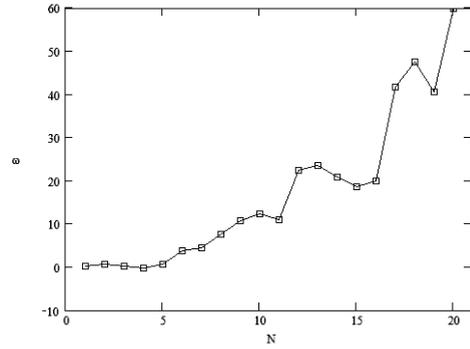


Рис.10. Зависимость собственной частоты вращения маркера вокруг своей оси  $\omega$  от номера оборота  $N$ .

\*\*\* Усредненная скорость приближения маркера к центру каверны представлена на рис. 11. Резкие скачки скорости можно объяснить.

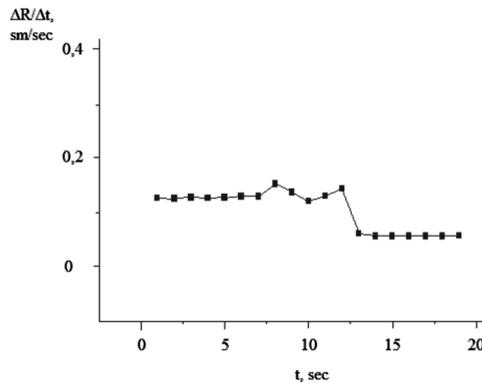


Рис.11. Зависимость радиальной компоненты скорости движения маркера к центру вихря от времени.

**Выводы:**

1. Создана установка для измерений параметров движения маркера с воспроизводимыми условиями.
2. Выполнен цикл опытов по изучению траекторий твердотельных маркеров в составном вихре при фиксированной глубине жидкости и скорости вращения диска-активатора.
3. Траектория движения маркера зависит от его начального положения. Существует область, при помещении в которую маркер будет двигаться не к центру вихря, а в сторону стенок контейнера.
4. Маркер вращается как вокруг центра, так и вокруг собственной оси.
5. Мгновенный центр вращения картины течения смещен относительно центра симметрии контейнера.

### Литература

1. *Наливкин Д.В.*, Ураганы, бури и смерчи. Географические особенности и геологическая деятельность. Л.: Наука. 1969. - 487 с.
2. *Carpenter Edward J., Smith K.L.* Plastics on the Sargasso Sea Surface. // Science. 1972, V.175. - p. 1240-1241.
3. <http://edition.cnn.com/2010/WORLD/americas/02/16/vbs.toxic.garbage.island/index.html?hpt=C1>
4. <http://5gyres.org/>
5. *Moore C.J., Moore S.L., Leecaster M.K., Weisberg S.B.* A comparison of plastic and plankton in the North Pacific Central Gyre. // Marine Pollution Bulletin. 2001, V. 42, № 12, p. 1297-1300.
6. *Barnes David K.A.* Natural and plastic flotsam stranding in the Indian ocean. // In: John Davenport and Julia L. Davenport (eds.) The Effects of Human Transport on Ecosystems: Cars and Planes, Boats and Trains, 193–205. Dublin: Royal Irish Academ, p. 193-205.
7. *Будников А.А., Степанова Е.В., Зырянов Ф.Б.* Геометрия возмущенной свободной поверхности вращающейся жидкости в цилиндрическом контейнере. С. 44 – 55. Физические проблемы экологии (Экологическая физика): Сборник научных трудов / под ред. В.И. Трухина, Ю.А. Пирогова, К.В. Показеева. – М.: МАКС Пресс, № 13, 2005. - 200 с.

*К.Е.Сазонов*

## БУКСИРОВКА АЙСБЕРГОВ

*К.Е.Sazonov*

## TOWING OF ICEBERGS

*Представлено решение задачи о буксировке айсберга на чистой воде. Исследованы параметры колебаний, возникающих в системе «буксировщик-канат-айсберг» при различных типах энергетической установки буксирующего судна.*

*Ключевые слова: айсберг, буксировка, синтетический канат, натяжение, колебания, стационарный режим*

*The paper deals with the solution of the iceberg towing problem. Parameters of oscillations in the "towing ship – cable – iceberg" system are investigated for various ship powerplant types.*

*Key words: iceberg, towing, synthetic cable, tension, oscillations, steady-state condition.*

### **Введение**

При мореплавании и освоении морских месторождений полезных ископаемых в приполярных регионах существует вероятность воздействия на инженерные сооружения со стороны айсбергов, которые могут привести и уже приводили к крупным авариям и катастрофам. В соответствии с номенклатурой морских льдов айсбергом называется массивный, отколовшийся от ледника кусок льда различной формы, выступающий над уровнем моря более чем на 5 м, который может быть на плаву или находиться на мели.

Айсберговая опасность была осознана человечеством после трагедии с лайнером «Титаник», произошедшей в 1912 г. в северной Атлантике. Для обеспечения безопасности мореплавания в этом регионе был создан специальный «Ледовый патруль», в обязанности которого входило обеспечение контроля за движением айсбергов и предупреждение судов о грозящей им опасности.

Подавляющее большинство айсбергов (примерно 99 %) образуется при разрушении Антарктического и Гренландского ледяных щитов. В северном полушарии крупные айсберги редко превышают в поперечнике 200 м и возвышаются над уровнем моря более чем на 25 м. В Южном океане встречаются гигантские айсберги, достигающие в поперечнике нескольких километров и имеющие осадку до 500 м. Несмотря на то, что айсберги распространены на площади, составляющей примерно 20 % площади Мирового океана, вероятность встречи с ними резко падает по мере удаления от берегов Гренландии и Антарктиды.

Наибольшую опасность айсберги представляют для стационарных морских сооружений, так как они не имеют возможности уклониться от встречи с ними. В последние годы в мире разработаны методы активной борьбы с айсбергами. Основной

целью этих методов является изменение траектории движения айсберга таким образом, чтобы исключить возможность его столкновения с платформой.

В настоящее время существует 4 общепризнанных, опробованных метода управления движением айсбергов [6]:

- буксировка одним судном;
- буксировка двумя судами;
- воздействия струями винтов;
- воздействие гидропушкой.

Наиболее распространенным является первый способ буксировки, который с успехом применяется с 70-х гг. прошлого века. Схема буксировки достаточно проста. Она включает использование плавающего синтетического каната диаметром 15-20 см и длиной 1000 – 1200 м, который позволяет прикладывать буксировочное усилие 60 т (суммарное усилие в двух ветвях каната). Канат опускают с кормы пока судно приближается к айсбергу, затем судно обходит айсберг, продолжая вытравливать канат. Судно подходит к началу каната, который помечен бумом. После соединения двух концов каната к ним присоединяется стальной буксирный трос диаметром 100 мм и длиной не менее 100 м. Этот трос служит для притапливания синтетического троса. Стальной трос выполняет несколько функций.

- погружает линию буксировки до глубины расположения центра гидродинамического сопротивления, уменьшая тем самым опрокидывающий момент;
- обеспечивает безопасность буксировки при обрыве или соскальзывании синтетического троса с айсберга;
- является демпфирующим элементом при осуществлении буксировки айсберга на волнении.

Спуск синтетического каната с судна буксировщика достаточно быстрый процесс, он занимает от 0,5 до 2 ч. Основную трудность при таком способе буксировки представляют опрокидывания айсберга и соскальзывание с него буксирного троса, так как после этого операцию заводки троса приходится начинать сначала. Много времени занимает сбор вытравленного синтетического троса после выполнения операции по буксировке айсберга.

Об эффективности применения этого метода можно судить по следующей статистике. При выполнении операций по буксировке айсберга с целью отклонить его траекторию от защищаемого объекта 14% операций были неудачными, и защищаемый объект приходилось снимать с точки и отводить в сторону, 65% операций прошли успешно без каких-либо проблем, а в 21% случаев операция закончилась успехом после нескольких попыток ее выполнения.

Теоретическому исследованию процесса буксировки айсбергов посвящена интересная работа А.В.Марченко [4], в которой исследованы вопросы устойчивости процесса буксировки, а также проведено численное исследование колебаний, возникающих в системе «буксировщик - трос - айсберг». Некоторые результаты и рекомендации, содержащиеся в этой работе, представляются не совсем обоснованными. Так, например, для снижения максимального натяжения троса при буксировке автор рекомендует увеличивать тягу движителя буксировщика с нуля до максимума плавно в течение достаточно длительного времени (примерно 30 мин). Это условие, с уче-

том небольших скоростей буксировки, трудно выполнимо, так как буксировщик при этом плохо управляет.

Целью данной работы является некоторое уточнение математической модели буксировки, предложенной в работе [4], для более точного изучения процесса буксировки и выработки на этой основе рекомендаций по ее осуществлению.

### Математическая модель

Математическая модель буксировки айсберга, как и буксировки судна, задается системой двух дифференциальных уравнений движения [2]:

$$M_s v_s = T_E - 2T_s - R_s, \quad (1)$$

$$M_I v_I = 2T_s - R_I, \quad (2)$$

где  $M_s, M_I$  - массы судна и айсберга;  $v_s, v_I$  - скорости судна и айсберга;  $T_E$  - тяга движительного комплекса судна;  $R_s, R_I$  - сопротивление воды движению судна и айсберга;  $T_s$  - горизонтальная проекция силы натяжения каната, действующая на судно;  $T_I$  - натяжение каната, действующее на айсберг.

Множитель 2 в выражениях (1) и (2) учитывает наличие двух ветвей буксировочного каната, с помощью которых осуществляется буксировка. В горизонтальной плоскости между направлением буксировки и буксировочным канатом существует некоторый угол. Для характерных длин каждой из ветвей каната (300 – 400 м) и для характерных поперечных размеров айсберга в направлении буксировки (не более 100 м) этот угол не превышает  $10^0$ , поэтому соответствующий направляющий косинус примерно равен 1, что и учтено при записи выражений (1) и (2).

Сила сопротивления воды движению судна и айсберга описываются следующими зависимостями:

$$R_s = 0,5C_s \rho_w S_s |v_s| v_s; \quad R_I = 0,5C_I \rho_w S_I |v_I| v_I, \quad (3)$$

где  $S_s$  - площадь смоченной поверхности судна;  $S_I$  - характерная площадь поперечного сечения айсберга в направлении буксировки;  $\rho_w$  - плотность воды; Коэффициенты сопротивления судна  $C_s \in (0,004 \div 0,005)$  [7] и айсберга  $C_I \in (0,5 \div 2)$  [1,5].

Тяга движительного комплекса судна при небольших скоростях движения (меньших 3 м/с) может быть представлена линейной функцией скорости судна  $v_s$ :

$$\frac{T_E}{T_E^{\max}(N)} = 1 - 0,06v_s, \quad (4)$$

где  $T_E^{\max}(N)$  - тяга двигателей судна на швартовном режиме, зависящая от подаваемой на них мощности  $N$ .

Эта зависимость описывается следующим выражением, которое получено на основании данных работы [8] и учитывает отсутствие возможности возникновения второй стадии кавитации на гребных винтах, мощность задается в кВт:

$$T_E^{\max} = 0,195N^{0,933}, \quad \text{кН.} \quad (5)$$

Формула (5) получена применительно к двухвинтовым судам, которые обычно используются при выполнении буксировочных операций. При начале движения судна из положения покоя набор мощности выполняется судоводителями ступенчато, например, с шагом по 25%  $N$ . Временная протяженность каждой ступеньки относительно небольшая, примерно 1 – 2 мин. Поэтому полный набор мощности осуществляется примерно за 4 – 6 мин. Для определения тяги движителей на швартовном режиме при парциальных значениях мощности можно использовать выражение (5), внося в него небольшую корректировку:

$$T_E^{\max} = 0,195k^{0,666} N^{0,933}, \quad (6)$$

где  $k \in (0,1)$  - коэффициент, показывающий какая часть от полной мощности используется в данный момент времени.

Во введении указывалось, что для буксировки айсбергов используется плавающий синтетический канат. Термин «плавающий» используется здесь в двух смыслах. Во-первых, он указывает на положительную плавучесть каната, которая обеспечивает возможность довольно просто выполнять операцию по его заводке. Во-вторых, термин «плавающий» указывает на способ передачи усилия от буксировщика к айсбергу. В этом смысле «плавающим» является канат, у которого перед айсбергом имеется лежащий на воде некоторый участок его длины. Нагрузка на айсберг передается только в горизонтальной плоскости. В такой трактовке «плавающий» канат аналогичен «длинной» якорной цепи, используемой для удержания плавучих объектов [3]. Математическая модель такого плавающего каната предложена в работе [4]. В соответствии с этой моделью, пренебрегая инерционными эффектами, сила натяжения каната у айсберга будет равна:

$$T_I = T_{st} = \frac{WA^2}{2H_s}, \quad (7)$$

где  $T_{st}$  - значение силы натяжения в лежащем на воде участке троса;  $W$  - погонный вес троса;  $A$  - ордината точки касания канатом поверхности воды (начало декартовой системы координат с кормой судна, ось  $OX$  совпадает с поверхностью воды, ось  $OY$  направлена вертикально вверх);  $H_s$  - высота точки крепления каната над уровнем воды.

Горизонтальная проекция силы натяжения каната в точке его крепления к судну будет равна:

$$T_s = (T_{st} + WH_s) \cos \varphi, \quad (8)$$

где  $\varphi = \arctg(2H_s/A)$  - угол между горизонталью и канатом.

При выводе соотношений (7) и (8) предполагалось, что буксирный канат не имеет вставок из стального троса. Зависимость длины каната от его натяжения может быть записана следующим образом [4]:

$$T_{st} = k_1\delta + k_2\delta^3; \quad \delta = \frac{l_r - l_0}{l_0}, \quad (9)$$

где  $\delta$  – относительное удлинение отдельной ветви каната;  $k_1 = 5 \cdot 10^5$  Н и  $k_2 = 10,5 \cdot 10^6$  Н – эмпирические коэффициенты, соответствующие жесткостной характеристике синтетического каната;  $l_r, l_0$  – текущая и начальная длины отдельной ветви каната соответственно.

Для замыкания математической модели (1) и (2) используется следующее соотношение:

$$l_0\delta = v_s - v_I. \quad (10)$$

### Начальные условия

Для решения сформулированной задачи Коши для системы обыкновенных нелинейных дифференциальных уравнений (1), (2) и (10) необходимо установить начальные условия. Тривиальные начальные условия  $\delta = v_s = v_I = 0$  при  $t = 0$  приводят, вследствие выражений (7) – (9), к требованию  $A = 0$ , что может быть реализовано только при условии изгиба каната на угол  $\pi/2$  под кормой судна. Очевидно, что буксирный канат обладает изгибной жесткостью, которая не допускает такую конфигурацию. Поэтому необходимо сформулировать начальные условия иначе.

В качестве начальной примем следующую ситуацию. Двигатели судна-буксировщика развивают некоторое небольшое тянущее усилие  $T_{E0}$ , которое целиком компенсируется горизонтальной проекцией силы натяжения каната в точке его крепления к судну:

$$T_{E0} = 2(T_{st} + WH_s)\cos\varphi. \quad (11)$$

Используя соотношения (7) и (8), из этого выражения можно исключить  $T_{st}$ , в результате получается алгебраическое уравнение, решение которого позволяет определить величину  $A$ :

$$T_{E0} = 2\left(\frac{WA^2}{2H_s} + WH_s\right)\cos\left[\arctg\left(\frac{2H_s}{A}\right)\right]. \quad (12)$$

После этого по формуле (8) определяется  $T_{st}$ , а по формуле (9) соответствующее этому натяжению значение относительного удлинения каната  $\delta^*$ .

Теперь начальные условия можно сформулировать следующим образом:

$$v_s = v_I = 0; \quad \delta = \delta^* \quad \text{при} \quad t = 0. \quad (13)$$

При формулировке этих условий предполагалось, что величиной скорости айсберга, которая должна была возникнуть под действием силы натяжения  $T_{st}$  можно пренебречь из-за большой его инерционности.

**Стационарное решение**

В работе [4] показано, что сформулированная задача (1), (2) и (10) имеет стационарное решение, которое описывает буксировку с постоянной скоростью:

$$v_s = v_I, \quad 2T_I = R_I, \quad T_E = 2T_S + R_s. \quad (14)$$

На основании соотношений (14) параметры стационарного режима могут быть определены как решение следующей системы уравнений:

$$T_E^{\max} (1 - 0,06v_s) = \left( \frac{WA^2}{H_s} + 2WH_s \right) \cos \left[ \arctg \left( \frac{2H_s}{A} \right) \right] + 0,5C_s \rho_w S_s v_s^2, \quad (15)$$

$$\frac{WA^2}{H_s} = 0,5C_I \rho_w S_I v_s^2.$$

Принимая во внимание, что при стационарной буксировке  $\frac{WA^2}{H_s} \approx 2WH_s$  и  $\cos[\arctg(2H_s/A)] \approx 1$ , для определения величины стационарной скорости получим следующее выражение:

$$v_s = \frac{0,067 \frac{T_E^{\max}}{\rho_w}}{(C_I S_I + C_s S_s)} \left( 1 + \sqrt{1 + \frac{555,5 \rho_w (C_I S_I + C_s S_s)}{T_E^{\max}}} \right). \quad (16)$$

Результаты расчетов по формуле (16) представлены на рис.1. При проведении расчетов в качестве прототипа буксировщика было принято ледокольное судно обеспечения с  $S_s \approx 2500 \text{ м}^2$ ,  $H_s = 5 \text{ м}$ .

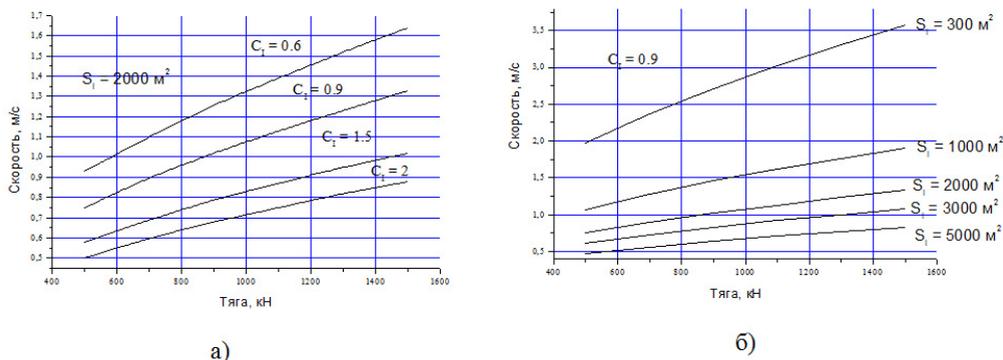


Рис.1 Зависимости скорости стационарной буксировки айсберга от тяги движителей и от параметров айсберга. а – влияние коэффициента сопротивления айсберга; б – влияние площади поперечного сечения айсберга, определенной в направлении буксировки.

## Результаты численных расчетов

В реальных условиях скорость выхода судна на режим движения, характеризующийся максимальным тяговым усилием, зависит от типа энергетической установки. Увеличение частоты вращения движителей происходит ступенчато примерно за 6 этапов. Для дизельной энергетической установки характерное время, затрачиваемое на каждый этап, составляет примерно 15 мин. Для электрической энергетической установки это время составляет в среднем 2,5 мин.

На рис. 2 и 3. приведены результаты расчетов параметров буксировки айсберга массой 40000 т ледокольным судном обеспечения массой 10000 т с дизельной и электрической энергетическими установками. При расчетах коэффициент сопротивления воды движению айсберга был принят  $C_f = 0,9$ . Начальная длина каната равна 450 м.

Анализ данных, представленных на рис. 2 и 3, позволяет сделать некоторые выводы. Эти выводы развивают и дополняют ранее полученные в работе [2] результаты.

Колебания в системе «буксировщик - канат - айсберг» возникают вне зависимости от типа энергетической установки судна. Причем наибольшее усилие в канате возникает при первом колебании, когда айсберг срагивается с места и начинает набирать скорость. Видно, что при наличии режима постоянной тяги движителя колебания в системе довольно быстро затухают. Как следует из рис. 2 затухание происходит через 10-15 мин после начала движения. Возобновляются колебания при ступенчатом изменении тяги движительного комплекса. Поэтому для судна с электрической установкой колебания в системе затухают только после полного набора тяги.

Полученный результат противоречит рекомендации, содержащейся в работе [4], в которой предложено набирать максимальную тягу движительного комплекса в течение достаточно большого времени. Хотя по результатам той же работы [4] во время набора тяги система «буксировщик - канат - айсберг» все время находилась в колебательном движении, амплитуда которого в течение примерно часа возрастала. Как показывают результаты, выполненных в этой работе расчетов, возрастание амплитуды колебаний обусловлено постоянным ростом тягового усилия. Поэтому для эффективного гашения колебательного движения в системе при выполнении буксировок на спокойной воде необходимо поддерживать тягу движительного комплекса постоянной.

Расчеты показывают, что наибольшую трудность при выполнении буксировки на тихой воде представляет начальный ее этап. Именно на первом колебании в тресе возникают наибольшие усилия, которые могут привести к его обрыву. Опасные значения натяжений возникают уже при минимально возможных для устойчивого движения буксировщика значениях потребляемой мощности.

Одним из возможных решений проблемы является увеличение прочности буксирного каната, чтобы он мог выдерживать возникающие усилия. Это направление является перспективным, т.к. увеличение прочности канала расширит возможности буксировки айсбергов на волнении.

Другой подход состоит в том что, необходимо разработать специальный режим движения буксировщика в начале буксировки, который, может быть, должен включать остановки и движение задним ходом. Можно ожидать, что такие операции позволят снизить уровень натяжения буксирного каната.

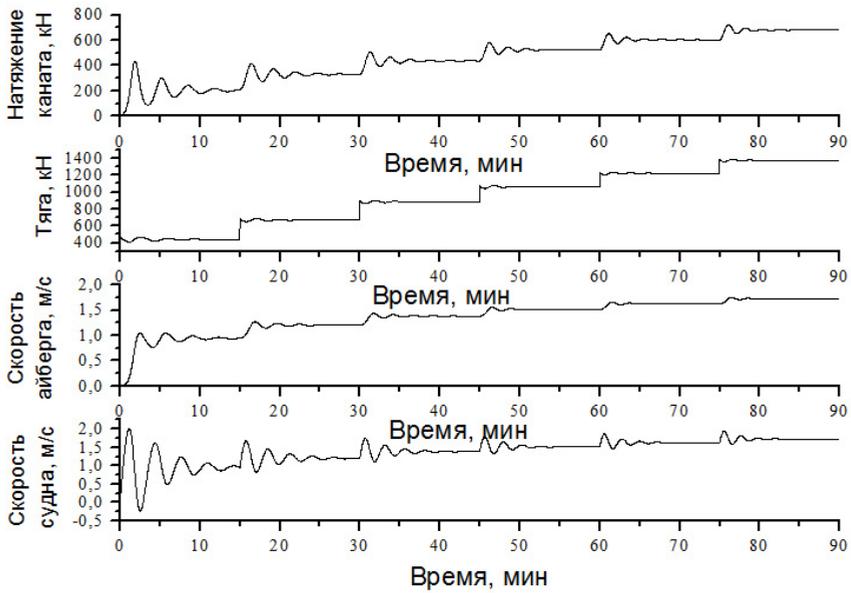


Рис.2. Параметры буксировки айберга судном с дизельной энергетической установкой

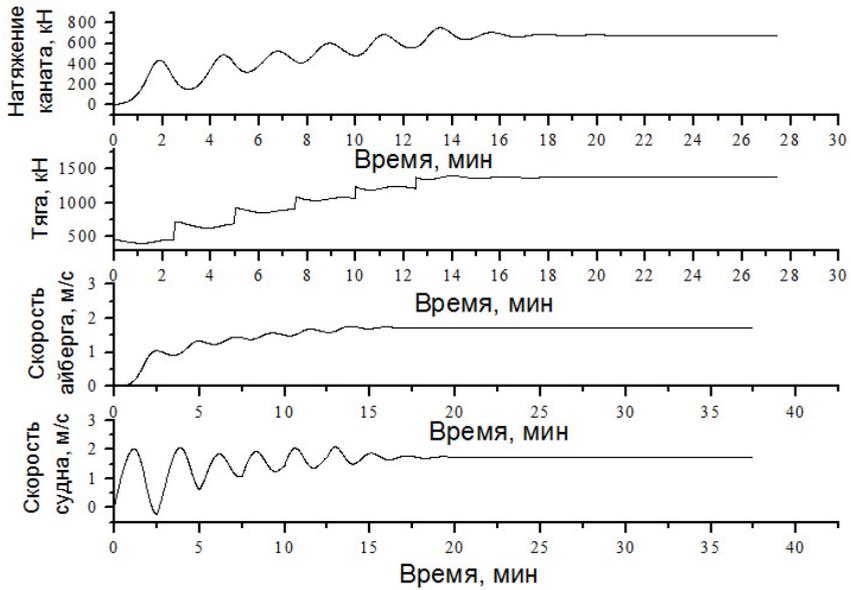


Рис.3. Параметры буксировки айберга судном с электрической энергетической установкой

**Литература**

1. *Демпстер Р.* Характеристики механики айсбергов./В кн. «Физика и механика льда», М.: Мир, 1983, с. 43-56.
2. *Куликов Н.В., Сазонов К.Е.* Буксировка судов во льдах. СПб.: ЦНИИ им. акад. А.Н.Крылова, 2003, 156 с.
3. *Кульмач П.П.* Якорные системы удержания плавучих объектов. Л.: Судостроение, 1980, 336 с.
4. *Марченко А.В.* Устойчивость буксировки айсберга./Труды ЦНИИ им. акад. А.Н.Крылова, вып.51(335), 2010, с. 69-82.
5. *Роуб Р.К.* Дрейф и разрушение айсбергов./В кн. «Динамика масс снега и льда», Л.: Гидрометеоздат, 1985, 456 с.
6. *Сазонов К.Е.* Теоретические основы плавания судов во льдах. СПб.: ЦНИИ им. акад. А.Н.Крылова, 2010, 274 с.
7. Справочник по теории корабля. В трех томах., т.1. Гидродинамика. Сопротивление движению судов. Судовые движители/Под ред. Я.И. Войткунского. - Л.: Судостроение, 1985, 768 с.
8. *Цой Л.Г.* Морские ледоколы. Особенности проектирования. Учеб. пособие, СПбГМТУ; СПб., 2003, 110 с.

*В.Я. Александров, А.Я. Коржиков*

**ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА  
НА АНТАРКТИЧЕСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ В СВЯЗИ С  
КРУПНОМАСШТАБНЫМИ КОЛЕБАНИЯМИ ТЕМПЕРАТУРЫ  
ПОВЕРХНОСТИ ОКЕАНА**

*V.Alexandrov, A.Korjikov*

**EXTREME CHANGES OF GROUND TEMPERATURES OF AIR ON  
THE ANTARCTIC PENINSULA IN CONNECTION WITH LARGE SCALE  
FLUCTUATION OF TEMPERATURE OF A SURFACE OF OCEAN**

*Рассмотрена связь колебаний температуры воздуха и количества осадков на Антарктическом полуострове с колебаниями температуры водной поверхности в экваториальной зоне Тихого океана (явлением Южной осцилляции – Эль-Ниньо и Ла-Нинья).*

*Ключевые слова: температура воздуха, Антарктический полуостров, явление Южной осцилляции.*

*Connection of fluctuations of temperature of air and precipitation on the Antarctic Peninsula with fluctuations of temperature of water table in an equatorial zone of Pacific (the phenomenon El-Nino Southern Oscillation) is considered*

*Key words: temperature of air, Antarctic Peninsula, El-Nino Southern Oscillation*

Глобальное потепление в Южной полярной области особенно ярко проявилось на Антарктическом полуострове, где за последние 50 лет рост среднегодовой температуры составил от 2,4 до 3,0 град.С [1]. А за те же 50 лет в Северной полярной области (72-85 град с.ш.) среднегодовая температура воздуха повысилась на 1,7-2,0 град.С (Рис.2).

Рост температуры воздуха вызвал существенные изменения в ледяном покрове. За последние 20 лет семь ледяных плато вдоль Антарктического полуострова отделились, или раскололись на части. И этот процесс будет продолжаться. С 1995 по 2002 г. произошло значительное отступление северных частей шельфового ледника Ларсена. Похожие события распада наблюдались на шельфовом леднике Уилкинса. 30-31 мая 2008 г. от ледника откололось около 1400 кв. км льда. Во всех этих случаях сезонное отступление заканчивалось кульминационными катастрофическими распадами ледников [3].

Потепление на Антарктическом полуострове протекает на фоне глобального повышения температуры воздуха.

Данные графики показывают, что с конца 1970-х гг. наблюдалось значительное потепление нижнего слоя тропосферы и поверхности океана. В 70-е гг. 20 в. отмечено увеличение глобальной температуры на 0,15 град. за десятилетие, а 1998 г. был отмечен как экстремально теплый за всю историю наблюдений. Представленные графики отражают глобальное потепление на земном шаре.

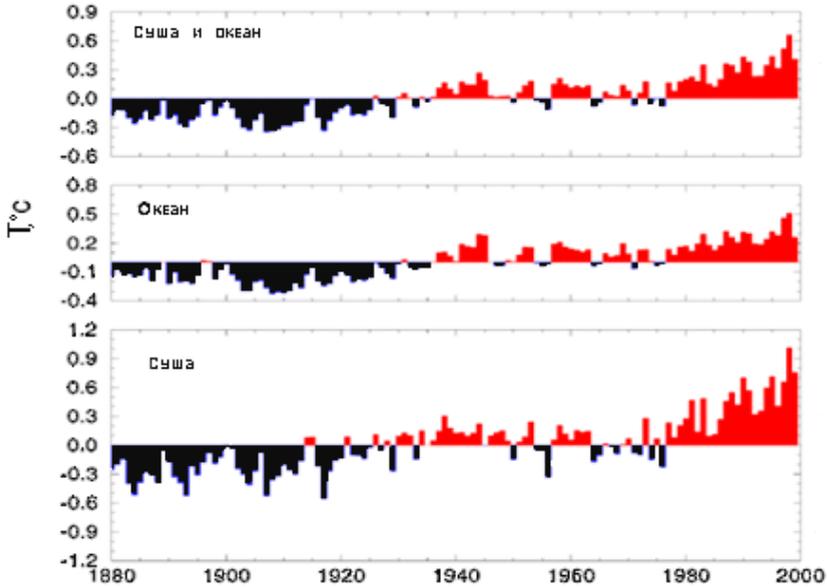


Рис.1. Глобальные аномалии температуры над континентами и Мировым океаном  
 Глобальные аномалии приземной температуры воздуха и температуры поверхности океана (ТПО) – верхний график; Глобальные аномалии ТПО – средний график; Глобальные аномалии температуры воздуха над континентами – нижний график (По материалам Института космических исследований США - GISS/NASA и Национального климатического центра США – NCDC/NOAA) (<http://wf.ncdc.noaa.gov/oa/climate/research/anomalies/anomalies.htm>)

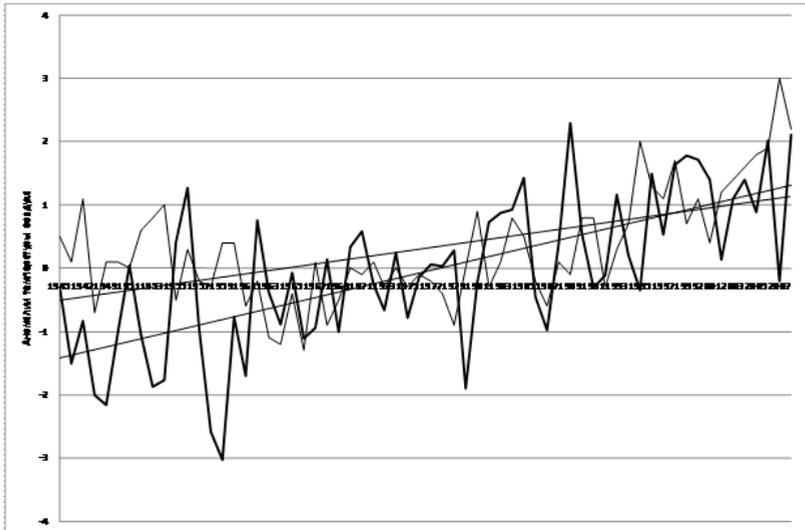


Рис.2. Среднегодовые аномалии температуры воздуха в широтной зоне 72-85 град. в северном полушарии (тонкая линия) и на Антарктическом полуострове По [1].

Глобальное повышение температуры воздуха во многом определяется повышением температуры поверхности океана. На рис.3 приведены данные по температуре поверхности океана за период с 1900 по 2010 гг.

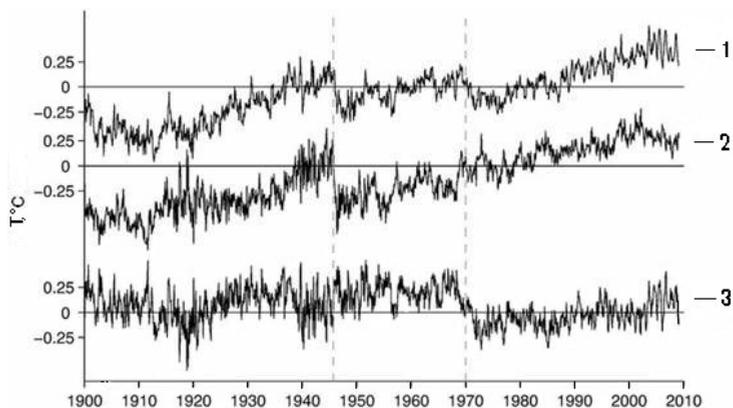


Рис.3. Данные по температуре поверхности океана в период с 1900–2010 гг. 1 – данные по Северному полушарию, 2 – по Южному, 3 – разница между Северным и Южным полушариями. По [4]

Из рис.3 следует, что повышение среднегодовой температуры воздуха согласуется с тенденцией потепления поверхности океана. А в годы (1968 – 1972), когда наблюдалось резкое понижение температуры поверхности океана в Северном полушарии, происходило понижение температуры воздуха как в широтной зоне 72–85 град.с.ш., так и на Антарктическом полуострове.

Температура воздуха на Антарктическом полуострове существенно зависит от состояния циркуляции атмосферы над Южным океаном, которая во многом определяется колебаниями температуры водной поверхности в тропической зоне Тихого и Атлантического океанов. Особая роль принадлежит явлению Южной осцилляции – колебанию температуры поверхностного слоя воды в экваториальной части Тихого океана.

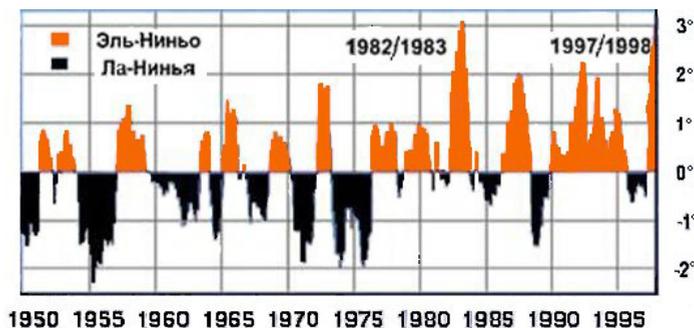


Рис.4. Разность температур в течениях и за их пределами. Под нулевой линией – холодное противотечение Ла-Нинья. (данные для построения графика получены с: [http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/bulletin/figt2.gif](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/bulletin/figt2.gif))

Сопоставляя рисунки 2 и 4 можно сделать вывод о том, что в годы, когда наблюдалось Эль-Ниньо, в районе Антарктического полуострова формировались отрицательные аномалии температуры воздуха, а в годы с Ла-Нинья, наоборот, возникают положительные среднегодовые аномалии температуры. Дело в том, что в годы развития Эль-Ниньо субтропический максимум в южной части Тихого океана занимает более южное положение по сравнению с климатической картиной, что вызывает, в свою очередь, снижение циклонической активности в регионе Антарктического полуострова, способствует усилению влияния на полуостров антарктического антициклона. И наоборот, когда наблюдается Ла-Нинья, субтропический максимум перемещается ближе к экватору, что приводит к усилению циклогенеза вокруг Антарктиды, который, в свою очередь, увеличивает адвекцию тепла из умеренных широт Тихого океана в сторону побережья пятого континента. (Если название «Южная осцилляция» относится к колебанию давления на уровне моря в тропиках Тихого океана, то явление Эль-Ниньо – это аномальное повышение температуры поверхности океана (или понижение в случае развития Ла-Нинья) в экваториальной, центральной и восточной частях Тихого океана [3]).

Аналогичная картина наблюдается и с осадками. По данным станций Беллинсгаузен и Вернадский, количество дней с атмосферными осадками, в целом, возрастает с 1947 г., а после 1998 г. – уменьшается. Характерными являются 5–7-летние циклы колебаний годовых сумм осадков, в общем согласии с ходом индекса Южного колебания-SOI (Рис.5). В целом пики осадков наблюдаются при увеличении индекса, а минимумы – при его снижении. Так, максимальное количество осадков, выпавшее в 1998 г., последовало за годом холодной фазы явления (Ла-Нинья), а их снижение в последующие годы – за сменой знака индекса [2].



Рис.5. Годовое количество осадков на станциях Беллинсгаузен и Ак.Вернадский (1986–2003 годы) и индекс Южной осцилляции (тонкая линия).

(Данные для построения графика индекса Южной осцилляции получены с: [http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/bulletin/fig2.gif](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/bulletin/fig2.gif)).

Таким образом, смена тенденции потепления поверхности Южного океана неизбежно приведет к смене тенденции потепления не только на Антарктическом полуострове, но и, как минимум, над всей западной Антарктидой.

### Литература

1. *В.Я. Александров, А.Я. Коржиков.* Колебания среднегодовых аномалий температуры воздуха в регионе Антарктического полуострова в связи с особенностью атмосферных процессов в южной полярной области. Ученые записки РГГМУ. № 15.2010.
2. *В.Ф. Мартазинова, В.Е. Тимофеев.* Современное состояние атмосферной циркуляции воздуха в северном и южном полушариях и региональные климатические особенности в атлантико-европейском секторе и районе Антарктического полуострова. Проблемы Арктики и Антарктики. № 3(80). 2008 .
3. Antarctic climate change and the environment. A contribution to the International Polar Year.2007-2008. Scientific Committee on Antarctic Research (SCAR). Edited by: Dominic Hadson, John Turner, Pete Convey. British Antarctic Survey, UK; Robert Bindshadler, National Aeronautic and Space Administration, USA; Eberhard Fahrbach, Julian Gutt, Alfred Wegener Institute, Germany; Paul Mayevski, Climate Change Institute, University of Maine, USA; Colin Summerhages, Scientific Committee on Antarctic Research.
4. *David W.J.Thompson, John M.Wallace, John J.Kennedy and Phil D.Jones.* An abrupt drop in Northern Hemisphere sea surface temperature around 1970. Nature 467. 2010.

*А.К. Певнев*

## **ПРОГНОЗ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ – МЕСТО ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА В ЕГО РЕШЕНИИ**

*А.К. Pevnev*

## **THE FORECAST OF EARTHQUAKES – A PLACE OF GEODETIC MONITORING IN ITS DECISION.**

*Показано, что кризис в проблеме прогноза землетрясений является следствием ошибочно выбранной стратегии ее решения, а именно: методами обратных задач по набору аномалий в различных полях. Представлены анализ обратных задач и вывод о том, что они относятся к классу некорректно поставленных. Исследованиями последних лет установлено, что проблема прогноза землетрясений может быть решена методами прямых задач. Показаны возможность осуществления точных прогнозов места и максимальной силы очагов готовящихся землетрясений методами прямых задач, и возможность реализации этих прогнозов геодезическим методом, который пригоден также для обнаружения возможных мест подготовки коровых землетрясений и для прогноза времени в местах, не доступных для проведения геодезических измерений непосредственно в очаговых зонах (мантийная сейсмичность).*

*Ключевые слова: прогноз землетрясений, прямые и обратные задачи, упругий изгиб, напряжение, сейсмогенная деформация, афтершок.*

*Crisis in a problem of the forecast of earthquakes is a consequence of wrongly chosen strategy of its decision – methods of the decision of return problems on a set of anomalies in various fields. The analysis has shown that these problems belong to the class incorrectly put; it also has caused crisis in a solution of a problem. By the researches executed in last years it is established that the problem of the forecast of earthquakes can be solved methods of direct problems. Possibility of realization of exact forecasts of a place and the maximum force of the centers of preparing earthquakes is shown by methods of direct problems. Realization of these forecasts is accessible to a geodetic method. This method is suitable also for detection of possible places of preparation коровых earthquakes and for time forecast in places of geodetic measurements inaccessible to carrying out directly in очаговых zones (mantle seismicity).*

*Keywords: the forecast of earthquakes, direct and return problems, an elastic bend, pressure, seismogene deformation, aftershock.*

### Введение

Вопрос о виде деформаций земной коры, возникающих при подготовке очагов коровых землетрясений, долгое время оставался неизвестным. К сожалению, ошибочными были и представления о том, отражаются ли процессы подготовки очагов сильных коровых землетрясений в деформациях земной поверхности [12]. Именно эти обстоятельства явились причиной того, что уже долгие десятилетия проблему прогноза землетрясений пытаются решить методами не прямых, а обратных задач, используя для этого разрозненные аномалии в различных геофизических и других полях. Однако прошедшие десятилетия международных интенсивных исследований убедительно показали, что методом обратных задач проблему решить невозможно. Как известно, обратные задачи подразделяются на два класса: корректные (корректно поставленные) и некорректные (некорректно поставленные). Одним из непереносимых условий корректного решения подобной задачи является гарантированное выделение из всех фиксируемых аномалий лишь тех, которые порождены одним и тем же готовящимся очагом землетрясения (условие существования решения). Только в этом случае обратная задача имеет положительное решение при любых допустимых исходных данных. Так как использование обратных задач для решения рассматриваемой проблемы положительных результатов не дало, то из этого следует однозначный вывод: эти задачи являются некорректно поставленными. Очевидная основная причина некорректности кроется в системе выбора необходимых данных - для этого нет надежных фильтров, с помощью которых можно было бы избавляться от фоновых помех как региональных, так и глобальных, т.е. из «шума» выделять только лишь полезный сигнал. В подтверждение сказанному сошлемся на следующие соображения российских сейсмологов:

«Считается, что характеристики среды должны изменяться на различных стадиях «подготовки» сильного землетрясения, что, в свою очередь, может найти отражение в изменениях наблюдаемых геофизических величин. Попытки отождествления этих вариаций с «аномалиями», предвещающими возникновение сильного землетрясения, и составляют, согласно традиционной методологии, суть поиска предвестников землетрясений. При этом молчаливо предполагается существование детерминированной причинно-следственной связи между указанными явлениями...Необходимость поиска новых подходов продиктована тем кризисом, в котором оказалась современная геофизика на пути решения проблемы прогноза землетрясений» [8, с. 7].

Есть все основания считать, что основной причиной выбора методологии использования обратных задач в решении проблемы прогноза землетрясений было широко распространенное представление о том, что процессы подготовки очагов землетрясений не проявляются на земной поверхности. В подтверждение сказанному приведем соображения председателя Международной комиссии МАСФНЗ по поискам предвестников землетрясений известного сейсмолога, чл.-корр. АН СССР Е.Ф. Саваренского, высказанные им в начале 70-х гг. прошлого века:

«Человечество с нетерпением ждёт от современной сейсмологии способов предсказания времени и места будущих разрушительных землетрясений. Это одна из важнейших проблем современности. С особой надеждой и нетерпением её решения ждут

миллионы жителей сейсмоопасных зон Земли, ждут чтобы уберечь самое ценное – человеческую жизнь...

Проблема создания надёжных методов предсказания землетрясений ещё не решена и исключительно трудна вследствие невозможности непосредственного изучения внутриземных процессов, порождающих землетрясения. Эти процессы протекают медленно и маскируются многими быстрыми явлениями» [15, с. 7].

Также следует сослаться на соображения на эту тему двух известных сейсмологов Н.В.Шебалина и А.В.Друмя:

“Теперь нам известно, что искать будущие землетрясения нужно там, где в недрах литосферы копится энергия деформации сдвига и где есть подходящие разломы для её выделения... Но как узнать, где напряжения могут копиться, а где они тихо и незаметно рассасываются в результате спокойных, тихих процессов ползучести?... Итак, первая неудача: нет простого способа узнать, где в литосфере копится упругая энергия перекоса. Нет общих явных признаков таких мест” [5, с. 132-133].

Таким образом, даже во второй половине прошлого века сейсмологи были уверены в отсутствии прямых методов изучения деформационных процессов, происходящих в готовящихся очагах коровых землетрясений. Однако это не соответствует действительности – процесс подготовки очага корового землетрясения отражается в деформациях земной поверхности, которые могут отслеживаться с помощью геодезического мониторинга.

### **Обоснование возможности решения проблемы прогноза методами прямых задач**

Таким образом, кризис в решении проблемы прогноза землетрясений побудил начать поиски новых подходов к решению этой проблемы. Так как методология обратных задач себя не оправдала, то совершенно естественно, что такой поиск нужно было начать с проверки возможности или невозможности использования для решения проблемы прогноза землетрясений методов прямых задач. Для начала нужно было определить, в каком методе заложены принципиальные возможности для выделения достоверных признаков готовящегося очага землетрясения. Без сомнения таким методом является деформационный и вот почему. Так как подготовка и разрушение очагов землетрясений являются процессами механическими – накопление и сброс упругих деформаций (упругих напряжений), то именно на поиске деформационных предвестников и следовало сосредоточить внимание. Предварительно нужно было решить две задачи:

1. Определить вид деформационного предвестника подготовки очага землетрясения, т.е. знать закон, по которому в очаге накапливаются упругие сейсмогенные деформации.
2. Найти доказательства того, что процесс подготовки очага землетрясения захватывает и земную поверхность, т.е. доказать возможность решения проблемы прогноза методами прямых задач.

Решить эти вопросы удалось с помощью имеющихся экспериментальных геодезических данных и некоторых теоретических соображений. Что касается экспериментальных данных, то ими являются результаты повторных геодезических измерений, выполненных в эпицентральных зонах произошедших сильных землетрясений. Эти данные представлены на рис. 1

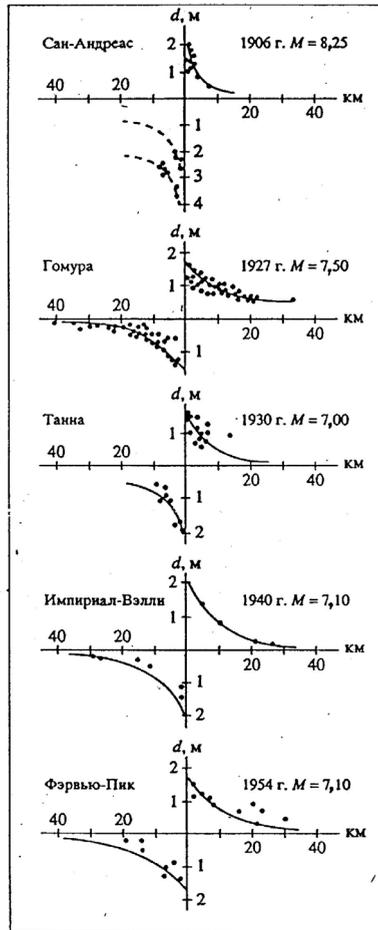


Рис.1. Реальное распределение смещений пунктов триангуляции ( $d$ ) в зонах сейсмогенных разломов при сильных коровых землетрясениях в зависимости от удаления геодезических пунктов от разломов [7].

На этом рисунке вертикальные линии – сейсмогенные разломы, по которым произошли горизонтальные подвижки при землетрясениях. Зафиксированные смещения пунктов триангуляции показаны точками; масштаб смещений показан на вертикальной оси. На горизонтальной оси отложено расстояние этих пунктов от разлома. Приведенные данные убедительно говорят о том, что смещения пунктов, выявленные после землетрясений подчиняются вполне определенной закономерности: для всех пяти землетрясений смещения максимальны вблизи разлома и очень быстро (экспоненциально) минимальны с удалением от него. Ниже следует теоретическое обоснование экспоненциального распределения смещений, показанных на рис.1, что наглядно представлено на рис.2.

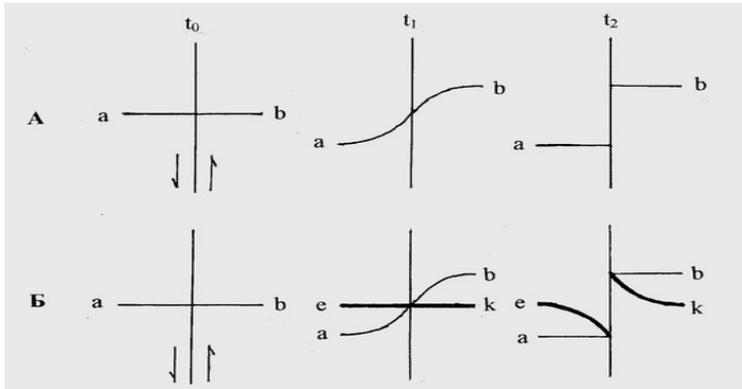


Рис.2. Объяснение явления экспоненциального распределения смещений геодезических пунктов в эпицентральных зонах сильных коровых землетрясений.

В свете современных представлений наиболее вероятной причиной формирования очагов коровых землетрясений (накопления сейсмогенных деформаций в локальных объемах горных пород) является изменение скорости тектонических движений в том или ином конкретном участке сейсмогенного разлома. Предполагается, что указанные изменения скоростей смещений в разломах могут происходить из-за различных физико-химических и механических процессов [13].

Вот как это описано выдающимся советским геофизиком академиком Г.А. Гамбурцевым: «Наряду с процессом разрушения – уменьшения прочности отдельных участков сейсмических швов может идти обратный процесс «залечивания» разрушенных мест, образования новых «спаек» между соседними блоками. Таким образом, происходит закономерная смена взаимосвязанных процессов медленных и быстрых движений, накопления и разрушения напряжений, увеличения и уменьшения прочности» [4, с. 306].

Полное или частичное прекращение смещений в какой-либо части сейсмогенного разлома – образование «спайки» равнозначно рождению концентратора напряжений и поэтому приведет к возникновению в этом месте локального поля упругих напряжений. Для определения вида и размеров этого поля можно воспользоваться широко применяемым в решении задач теории упругости принципом локальности эффекта самоуравновешенных внешних нагрузок - принципом Сен-Венана. Для нашего случая наиболее подходящей является следующая формулировка этого принципа: «Если в какой-либо малой части тела приложена уравновешенная система сил, то она вызывает в теле напряжения, очень быстро убывающие по мере удаления от этой части (экспоненциальный характер затухания напряжений)» [2, с. 6].

Для обнаружения очагов готовящихся землетрясений принцип Сен-Венана вполне применим в силу несопоставимости размеров сейсмогенных разломов (тысячи километров) и размеров очагов землетрясений (километры, десятки и только для самых сильных катастрофических землетрясений с магнитудой более восьми первые сотни километров). **Поэтому из-за появления концентратора напряжений (спайки) возникшее местное поле упругих напряжений будет закономерно экспоненциально изменяющимся полем, обеспечивающим упругую изгибную деформацию (упругий изгиб)**

**горных пород в готовящемся очаге землетрясения.** Максимальное упругое смещение будут иметь горные породы, примыкающие к остановившемуся участку разлома, а по мере удаления в обе стороны от этого участка упругие смещения горных пород будут быстро и закономерно убывать, что и демонстрируется рис.2, на котором, в силу вышеизложенного, в качестве источника сейсмогенных напряжений взята, как физически (теоретически) обоснованная, **деформация упругого изгиба.**

На рис. 2,А показан один и то же участок сейсмогенного разлома (вертикальная линия) в три момента:  $t_0$ ,  $t_1$  и  $t_2$ , соответствующих различным напряженным состояниям горных пород. Направление тектонических смещений на разломе показаны стрелками. Момент  $t_0$  - в горных породах отсутствуют сейсмогенные напряжения, что показано прямой  $ab$ . Момент  $t_1$  — горные породы предельно упруго напряжены (упругий изгиб), кривая  $ab$ . Момент  $t_2$  — положение горных пород после землетрясения; сейсмогенные деформации (напряжения) сняты, горные породы распрямились в два прямолинейных отрезка.

Рис. 2,Б отличается от рис. 2,А лишь тем, что в момент  $t_1$ , когда горные породы уже были упруго деформированы, добавлена прямая  $cd$ , представляющая собой прямолинейное геодезическое построение (геодезический профиль).

С рассматриваемых нами позиций наибольший интерес представляет положение и форма нарисованной нами прямой  $cd$  (геодезический профиль) в момент  $t_2$ . Как видно из рисунка, они совершенно соответствуют экспериментальным кривым рис.1, что однозначно подтверждает наши **соображения об участии земной поверхности в процессе формирования очагов землетрясений и, следовательно, о возможности отслеживать на земной поверхности процесс накопления сейсмогенных деформаций в готовящемся очаге сильного корового землетрясения решением прямой задачи.**

**Таким образом, мы получили теоретическое обоснование вида деформационного предвестника землетрясения - это упругий изгиб горных пород в очаге готовящегося землетрясения.**

Из анализа рис.2 следует, что во всех приведенных на этом рисунке случаях исходные триангуляционные измерения были выполнены над уже готовящимися очагами землетрясений, т.е. в них уже были накоплены сейсмогенные напряжения. Если бы это было не так, то первоначально прямолинейный геодезический профиль при землетрясении был бы лишь разорван на линии разлома, но не испытал никаких искривлений, а представлял бы собой два прямолинейных отрезка, аналогичных поведению горных пород в момент  $t_2$ . Это говорит о том, что сильные землетрясения готовятся долго —десятки и более лет.

Таким образом, имеющиеся данные повторных геодезических измерений в эпицентральных зонах сильных коровых землетрясений убедительно свидетельствуют в пользу того, что процесс подготовки очага корового землетрясения затрагивает и земную поверхность. В этом нет ничего удивительного, так как она является верхней границей сейсмогенного слоя - самого верхнего слоя земной коры мощностью 10-25 км, а также то, что мощность (толщина) сейсмогенного слоя или равна или меньше размеров очагов сильных землетрясений и, следовательно, очаг занимает всю толщину сейсмогенного слоя — от земной поверхности (верхней границы очага) и до его нижней границы. Эти соображения находят полное подтверждение в сейсмологических экспериментальных данных, представленных на рис 3.

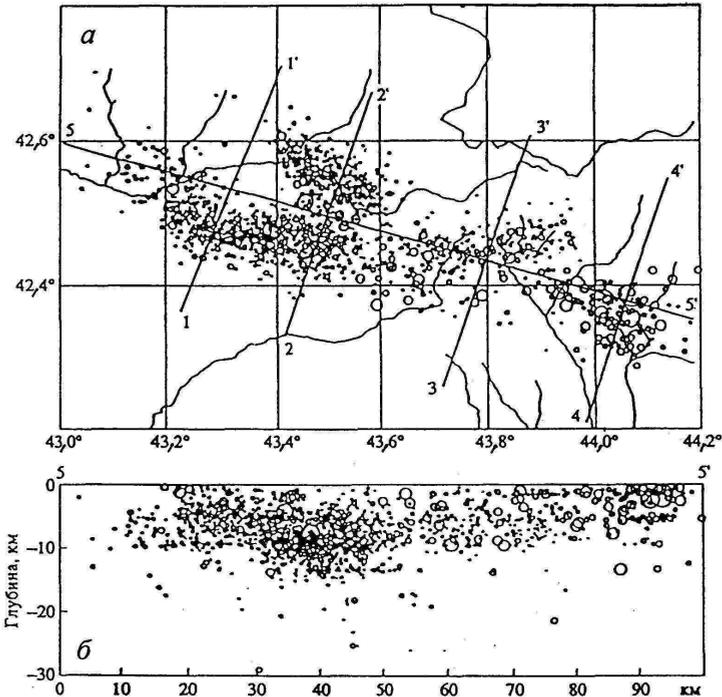


Рис.3. Карта эпицентров Рачинского землетрясения (а) и вертикальный разрез по линии 5-5' (б) по: [1].  
 На секущую плоскость спроецированы все сейсмические события за афтершоковый период.  
 Глубина основного толчка 10 км, длина очага около 100 км, магнитуда 7,3.

На нижней части этого рисунка (3, б) показаны все афтершоки Рачинского землетрясения 1991. Афтершоки – это сопровождающие основной толчок слабые землетрясения, которые снимают оставшиеся в очаге, после основного толчка, упругие напряжения. Афтершоковые периоды (время полной разрядки «сработавшего» очага землетрясения) могут продолжаться месяцы и даже годы.

Как видно из рисунка поле афтершоков начинается непосредственно от земной поверхности и остается однородным примерно до глубины 15 км. Это дает нам право сделать физически обоснованный вывод о том, что если упругие деформации, оставшиеся в очаге после основного толчка, снимались афтершрками у самой земной поверхности, то совершенно очевидно, что в процессе подготовки землетрясения они и накапливались от этой самой поверхности.

Эти экспериментальные данные являются наглядным и убедительным подтверждением того, что процесс накопления сейсмогенных деформаций распространяется и на земную поверхность и что мощность эффективной части сейсмогенного слоя в исследуемом районе около 15 км. Наличие сейсмогенного слоя Земли подтверждается и реологическими исследованиям. Согласно данным английского геофизика М.Ботта переход от упругого состояния горных пород к пластическому совершается на глуби-

не 10-25 км, т.е. породы расположенные ниже этих глубин в силу их пластичности не могут накапливать упругие сейсмогенные деформации [3]. Такая закономерность изменения упругих характеристик горных пород с глубиной подтверждается и изменением механической добротности пород с глубиной, которая является максимальной от земной поверхности до глубины 19 км [6].

Таким образом, наличие сейсмогенного слоя в земной коре подтверждается различными данными. Как уже отмечалось выше, для рассматриваемой нами проблемы это очень важно, так как неглубокое расположение очагов землетрясений гарантирует участие земной поверхности в их подготовке.

Итак, выполненными исследованиями было установлено, что искомым признаком подготовки очага землетрясения является накапливаемый во времени по экспоненциальному закону и, следовательно, закономерный упругий изгиб горных пород в этом очаге [10]. Причины зарождения, созревания и разрушения очагов коровых землетрясений в тех или иных участках разломов обуславливаются или полным прекращением или существенным уменьшением тектонических смещений на этих участках. Выше указывалось, что академик Гамбурцев такие участки назвал "спайками"; чем длиннее такая "спайка", тем больше сейсмической энергии она способна накопить [4].

Что касается закона распределения упругих смещений горных пород в очаге землетрясения, то оно определяется следующим уравнением:

$$d = De^{\alpha x}, \tag{1}$$

где  $d$  - величина упругого смещения рассматриваемой точки земной поверхности;  $x$  - удаление этой точки от разлома;  $D$  - максимальное упругое смещение на разломе ( $x=0$ );  $\alpha$  - параметр, характеризующий упругие свойства горных пород в очаге [9].

**Место деформационно-геодезического метода в решении проблемы прогноза**

Выше было показано, что при подготовке сильных коровых землетрясений регулярное изгибание испытывает и земная поверхность над очагом, являющаяся его верхней границей. Именно участие земной поверхности в процессе подготовки очага и открывает реальные возможности для обнаружения и отслеживания искомого прямого признака. **Отслеживать процесс накопления сейсмогенных деформаций в очаге можно лишь с помощью геодезического метода, так как только этим методом можно определять деформации земной поверхности на базах в десятки километров [11].** На рис.4. показана принципиальная схема обнаружения очага готовящегося землетрясения.

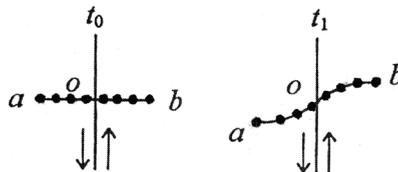


Рис.4. Схема реализации прогноза места очага готовящегося землетрясения.

На этом рисунке: вертикальные линии – сейсмогенный разлом, смещения по которому показаны стрелками;  $t_0$  - момент создания прямолинейного геодезического прогнозного профиля  $aob$ , черные точки на профиле – геодезические пункты.  $t_1$  – момент повторных измерений на профиле. Если прямолинейный профиль был создан над уже готовящемся очагом землетрясения или подготовка очага началась в промежутке между  $t_0$  и  $t_1$ , то в момент  $t_1$  пункты геодезического профиля будут располагаться на экспоненциальной кривой  $aob$ , являющейся единственным достоверным признаком процесса накопления упругих сейсмогенных деформаций в исследуемом участке сейсмогенного разлома. Именно такое использование геодезического метода откроет путь к прогнозу места очага готовящегося землетрясения. Геодезическим методом можно осуществлять не только прогноз места, но и силы готовящегося землетрясения. Это возможно потому, что сила землетрясения функционально связана с размерами очага, что показано в приведенной таблице, составленной известным советским сейсмологом Ю.В. Ризниченко [13]. Следует отметить, что в сейсмологии смещения бортов разлома при землетрясении называют «подвижкой в очаге» и, следовательно, величина  $D$  (таблица) численно равна сумме максимальных упругих сейсмогенных деформаций, накопленных в очаге до землетрясения.

**Зависимость силы землетрясения (магнитуды  $M$ ) от длины очага ( $L$ ) и подвижки в очаге ( $D$ ).**

$M$	$L$ , км	$D$ , см
3	1,1	0,11
4	3,0	0,62
5	8,3	3,5
6	23	20
7	62	120
8	170	660
9	470	3800

Из таблицы однозначно следует, что с увеличением длины очага  $L$  растет и сила землетрясения (магнитуда  $M$ ). Соотношение этих величин таково: при возрастании магнитуды на одну единицу длина очага увеличивается примерно в три раза.

Принципиальная схема осуществления прогноза силы землетрясения показана на рис.5.

На этом рисунке показана модель смещений и деформаций прямолинейных геодезических прогнозных профилей в момент  $t_1$ , созданных в момент  $t_0$  над очагом готовящегося землетрясения. Согласно этому рисунку длину очага  $L$  можно определить по виду деформируемых профилей; она соответствует расстоянию между полностью упруго деформируемыми частями профилей, оказавшихся в зоне действия очага. В нашем случае это профили 3-6. В концевых зонах очага профили испытывают и упругие деформации и смещения (профили 2 и 7). За пределами очага профили испытывают лишь тектонические смещения (профили 1 и 8). Что касается профилей 2 и 7, то их учет в длине очага следует оценивать по величине измеренного упругого компонента.

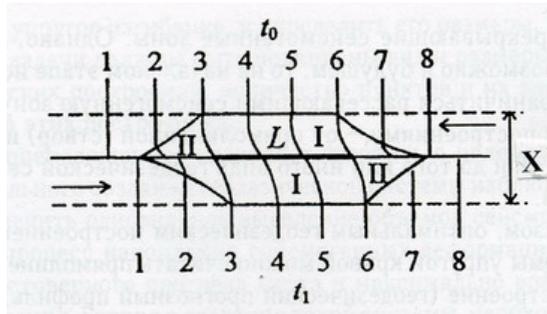


Рис.5. Схема реализации прогноза силы готовящегося землетрясения

Следовательно, если с помощью геодезического мониторинга определить длину готовящегося очага землетрясения, то данные таблицы позволят установить, какой магнитуде ( $M$ ) соответствует измеренная длина очага ( $L$ ) и таким образом определить, какой максимальной силы землетрясение он может породить.

Итак, приведенная схема геодезического мониторинга позволяет осуществлять два прогноза: **точный прогноз места готовящегося очага землетрясения и прогноз максимальной силы, которую способен породить исследуемый очаг.**

### **О прогнозе времени землетрясения**

Что касается прогноза времени землетрясения, то в отличие от прогнозов места и силы, которые можно осуществлять по установленным закономерностям, главным препятствием на пути его осуществления является незнание реальных закономерностей процессов разрушения очагов. А так как в настоящее время среди методов прогноза нет ни одного, способного достоверно определить эти закономерности, то единственно правильным решением поиска таких закономерностей является широкое комплексирование методов, т.е. создание специальных комплексных прогнозных систем. Из смысла решаемой задачи следует, что такие комплексные системы должны иметь разрешения, достаточные для отслеживания в различных полях тонкой структуры процесса разрушения горных пород в сейсмогенном слое земной коры.

В этой связи следует особо подчеркнуть значение заблаговременных осуществлений прогнозов места и силы готовящегося очага землетрясения для положительного решения прогноза времени его реализации. Только в этом случае открывается возможность проводить комплексные исследования не в случайно или недостаточно обоснованно выбранных местах, а непосредственно над реально существующим очагом готовящегося землетрясения, что позволит осуществлять регистрацию даже очень слабых и быстро затухающих с удалением от их источника аномалий, порождаемых этим очагом. В этом случае, еще даже и до установления законов разрушения очагов, можно рассчитывать на то, что коллективное поведение аномалий в различных полях явится достаточно объективным показателем приближающейся катастрофы и позволит своевременно принять необходимые меры безопасности.

Заблаговременное обнаружение готовящихся очагов землетрясений позволит создавать компактные комплексные системы наблюдений с разрешением достаточ-

ным для изучения тонкой структуры развития процессов разрушения в этих очагах, т.е. для определения закономерностей протекания этих процессов. Таким видится **прямой путь к прогнозу времени землетрясений.**

Крайне важно и то, что заблаговременное обнаружение очагов готовящихся землетрясений позволит заранее принять меры, необходимые для уменьшения ущерба от землетрясения, а также приступить к разработке методов искусственной безопасной разрядки обнаруженных очагов. В настоящее время это технически возможно: закачка жидкости в очаг, серии небольших взрывов в пробуренных скважинах, использование, установленных на земной поверхности, мощных вибраторов и др. С помощью этих мероприятий можно постепенно, малыми порциями уменьшать величину накопленных в очаге сейсмогенных деформаций, вплоть до его полной разрядки.

**Таким образом, в настоящее время появились реальные возможности для разработки последовательной, научнообоснованной стратегии точного, практически значимого прогноза землетрясений методами решения прямых задач.**

### **Заключение**

Кризисное состояние в решении проблемы прогноза землетрясений обусловлено объективными причинами: используемые для ее решения обратные задачи являются некорректными, не позволяющими осуществлять точный прогноз местоположения готовящегося очага землетрясения.

Можно полагать, что начало ошибочному выбору стратегии аномалий было положено неудачной попыткой американских геодезистов экспериментально проверить основное положение «Теории упругой отдачи» Рейда [16] о возможности обнаружения очагов готовящихся землетрясений методами повторных геодезических измерений, т.е. методами решения прямой задачи [14]. К сожалению, анализ результатов повторных геодезических измерений был выполнен безграмотно, что и явилось причиной дискредитации возможностей использования геодезического метода для осуществления точного прогноза места готовящегося очага землетрясения. Указанная «безграмотность» анализа результатов эксперимента была обусловлена формальным подходом к оценке точности выполненных геодезических измерений, когда любое расхождение в полученных результатах, превосходящее определенный предел считается ошибкой измерений и, следовательно, такие измерения выбрасываются из обработки. Как известно, такая оценка точности справедлива лишь для измерений, производимых на недеформируемых, не изменяющих свои размеры и форму объектах. Если же это условие нарушено, т.е. исходные измерения выполнены на деформируемом основании, что и было предметом исследования, то при сопоставлении результатов исходных и повторных измерений пользоваться указанным выше принципом оценки точности категорически нельзя. Можно полагать, что этот принцип оценки результатов геодезических измерений появился еще в те времена, когда считалось, что земная твердь неподвижна и недеформируема. К сожалению, этой позиции и до сих пор придерживаются те геодезисты, для которых «геодезия не наука, а лишь ремесло». По своим результатам описанный американский эксперимент вполне соответствует известной поговорке: «вместе с водой выплеснули ребенка».

Выполненными в последние годы исследованиями установлено, что проблема прогноза землетрясений может быть решена методами прямых задач. Следует под-

черкнуть, что для осуществления достоверных прогнозов места и силы землетрясения пригоден лишь один метод - геодезический, так как лишь этому методу доступно определение вида деформаций на базах в десятки километров.

Получить ответы на все три главных вопроса (где, какой силы и когда?), можно только при разумным сочетанием в решении проблемы прогноза землетрясений методов прямых и обратных задач. После того как прямыми методами будет обнаружен готовящийся очаг землетрясения (прогноз места) и определены его размеры (прогноз силы), на нем нужно будет создавать систему комплексных очаговых наблюдений, рассчитанную в первую очередь на установление закономерностей проявления деформационных и других процессов на разных стадиях его разрушения. Это и позволит приблизить решение проблемы прогноза времени землетрясений. Здесь нельзя не отметить гениальную прозорливость, удивительную научную интуицию творца первой в СССР научнообоснованной программы прогноза землетрясений выдающегося геофизика, академика Григория Александровича Гамбурцева, который в середине прошлого века написал следующее:

«Изыскание методов прогноза времени землетрясений следует направить в первую очередь в сторону поиска механических предвестников землетрясений. Такие поиски могут быть успешными только в том случае, если они будут основываться на глубоком изучении всех деталей механизма быстрых и медленных движений блоков земной коры сейсмоактивных районов» [4, с. 306].

### Литература

1. *Арефьев С.С., Плетнев К.Г., Татевосян Р.Э., Делицын Л.Л. и др.* Рачинское землетрясение 1991 г.: результаты полевых сейсмологических наблюдений // Изв. АН СССР. Физика Земли, №3, 1993, с. 12-23.
2. *Безухов Н.И., Лужин О.В.* Приложение методов теории упругости и пластичности к решению инженерных задач. М.: Высшая школа, 1974. - 200 с.
3. *Ботт М.* Внутреннее строение Земли. М.: Мир, 1974. 375 с.
4. *Гамбурцев Г.А.* Перспективный план исследований по проблеме «Изыскание и развитие методов прогноза землетрясений» // Развитие идей Г.А.Гамбурцева в геофизике: М.: Наука, 1982, с. 304-311.
5. *Друмя А.В., Шебалин Н.В.* Землетрясение: где, когда, почему? Кишинёв. Штиинца, 1985. - 196 с.
6. *Жарков В.Н.* Внутреннее строение Земли и планет. М.: Наука, 1983. - 415 с.
7. *Касахара К.* Механика землетрясений. М.: Мир, 1985. - 264 с.
8. *Лукк А.А., Дещеревский Ф.В., Сидорин А.Я., Сидорин И.А.* Вариации геофизических полей как проявление детерминированного хаоса во фрактальной среде. М.: ОИФЗ РАН. 1996. - 210 с.
9. *Магницкий В.А.* Внутреннее строение и физика Земли. М.: Наука, 2006. - 390 с.
10. *Певнев А.К.* Прогноз землетрясений - геодезические аспекты проблемы // Изв.АН СССР. Физика Земли, №12, 1988. - с. 88-98.
11. *Певнев А.К.* Пути к практическому прогнозу землетрясений. М.: ГЕОС, 2003. - 153 с.
12. *Певнев А.К.* О исходной причине кризиса в проблеме землетрясений// Ученые записки РГГМУ, №16, 2010, с.127-138
13. *Ризниченко Ю.В.* Проблемы сейсмологии. М.: Наука, 1985. - 408 с.
14. *Рихтер Ч.Ф.* Элементарная сейсмология. М.: Изд-во иностр. лит. 1963. - 670 с.
15. *Саваренский Е.Ф.* Вступительное слово председателя Международной комиссии МАСФНЗ по поискам предвестников землетрясений чл.-корр. АН СССР Е.Ф.Саваренского. В сб.: Поиски предвестников землетрясений. (Международный симпозиум. 27 мая - 3 июня 1974 г.). Изд.-во «ФАН» Узбекской ССР. Ташкент, - 1976, с. 7-8.
16. *Reid H.F.* The Mechanism of the Earthquake. The California Earthquake of April 18, 1906: Rep. of the State Investigation Commiss. Vol.2. P.1. Washington, 1910. - 56 p.

*Д.В. Кириевская, О.А. Кийко, М.Б. Шилин*

## **ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ДОННОЙ ЭКОСИСТЕМЫ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЧУКОТСКОГО МОРЯ**

*D.V. Kirievskaya, O.A. Kiyko, M.B. Shilin*

## **THE ASSESSMENT OF CONTEMPORARY CONDITION OF THE BOTTOM ECOSYSTEM OF SOUTHEASTERN CHUKCHI SEA**

*Рассматриваются возможности комплексной оценки экосистемы Чукотского моря на основе изучения донных отложений и бентоса с учетом их геоморфологической позиции. Построена геоэкологическая карта-схема донных биогеоценозов Чукотского моря. Результаты проведенной оценки могут быть использованы при разработке природоохранных мероприятий.*

*Ключевые слова: Чукотское море, экосистема, донные осадки, бентос, комплексная оценка.*

*Perspectives of the complex assessment of the Chukchi Sea ecosystem based on the studying sediments and benthos given their geo-morphological position are examined. Geoecological schematic map of bottom biogeocenoses of the Chukchi Sea has been created. The results of the assessment can be used for development of environmental protection measures.*

*Key words: the Chukchi Sea, ecosystem, bottom sediments, benthos, assessment.*

### **Введение**

Основной угрозой ухудшения состояния Арктических морских экосистем является антропогенное воздействие в результате разработки и эксплуатации нефтегазовых месторождений. Несмотря на то, что Чукотский сектор не является высокоприоритетным в «Программе разведки континентального шельфа Российской Федерации на период с 2012 по 2030 гг.», он требует детального изучения, так как подвержен загрязнению в результате хозяйственной деятельности в Аляскинском промышленном секторе и на российском побережье Чукотского п-ва. Кроме того, имеет место поступление загрязняющих веществ через Берингов пролив с атмосферным переносом [4].

До настоящего времени комплексных и крупномасштабных экологических исследований российской части Чукотского моря не проводилось. Американский сектор Чукотского моря изучен гораздо более подробно. Актуальной задачей является преодоление отставания в изученности российской части данной акватории, осу-

ществление комплексной геоэкологической оценки российской части Чукотского моря, в том числе и для использования полученной информации в качестве «фоновой» (эталонной) для морей Восточной Арктики. Кроме того, по оценкам ряда экспертов [1], возможно, что в будущем юго-восточная часть Чукотского моря станет третьим из арктических морей России (после Баренцева и Карского), где начнется разработка углеводородного сырья. С этой точки зрения также важна оценка фоновое экологического состояния морской экосистемы Чукотского моря до начала геологоразведочных работ и освоения месторождений. Фактически, это и составляет основную цель настоящего исследования.

В основе оценки фонового состояния морской экосистемы, контроля загрязнения и мониторинга среды лежит анализ ведущих компонентов геоэкологической среды: рельефа дна, современных донных отложений, а также биоты [6]. Донные осадки (отложения) относятся к консервативной системе и способны накапливать и хранить информацию о состоянии и изменении геохимических, динамических, климатических, неотектонических условий среды, процессов массопереноса, в том числе, вызванных техногенным воздействием [6]. Бентос (донные организмы) как живой компонент экосистемы более изменчив во времени, чем донные отложения, но по сравнению с другими группами организмов наиболее стабилен во времени, характеризует локальную ситуацию в пространстве и способен представить изменения экосистемы в ретроспективе [8].

### **Материалы и методы исследований**

Пробы поверхностных донных отложений получены в 2006 и 2009 гг. в рамках государственной геологической съёмки шельфа Чукотского моря и совместного российско-американского экспедиционного проекта «РУСАЛКА».

Для построения карты-схемы распределения донных сообществ использованы сборы макрозообентоса, полученные в августе-сентябре 1995 г. с борта американского НИС «Альфа Хеликс» и в августе-сентябре 2006 г. – с борта морского буксира «Шуя», а также литературные данные [5, 9, 12].

С целью изучения геохимического состава проб донных осадков проведен их анализ. Валовое содержание Cu и Cd определялось с помощью атомно-абсорбционного метода; валовое содержание Sr, Co, Ni, Zr, V, Ba, Cr, Pb, Zn, Ga, Ti, Mn и Hg – эмиссионным методом; содержание подвижных форм тяжелых металлов – атомно-абсорбционным методом. Содержание органического и общего углерода определялось на C/N анализаторе (Vario EL III, Elementar). Для проб донных осадков был проведён 12-фракционный гранулометрический анализ по методике Петелина [7]. Во фракции 0,1-0,05 мм иммерсионным методом анализировались минералы.

При разборе проб макрозообентоса использовался стандартный гидробиологический метод [8]: материал разбирался по видам и группам, производился подсчет численности организмов и определение биомассы с точностью до 0,01 г. При определении видов проводились консультации со специалистами Санкт-Петербургского университета и Зоологического института РАН. Донные сообщества выделялись по доминирующим по биомассе видам. Построение границ сообществ осуществлялось на геоморфологической основе.

Полученные в ходе исследований морфодинамические и литохимические параметры использовались для выявления участков, наиболее благоприятных для накопления поллютантов, выделенных на основе критериев, приведенных в [2]. На основе результатов геохимического анализа был рассчитан суммарный индекс загрязнения донных осадков  $Z_c$  по Е.П. Янину [3]. Внутри выделенных биогеоценозов был определен возможный биологический эффект вредного воздействия загрязняющих веществ на биоту донной экосистемы Чукотского моря с использованием критериев пороговых уровней концентраций [11]. По результатам исследований, создана геоэкологическая карта-схема донных биогеоценозов на ландшафтно-геохимической основе.

## Результаты

*Поверхностные донные осадки Чукотского моря.* В ходе исследования установлена общая закономерность распределения донных отложений: с увеличением глубины материал становится более мелкозернистым. В прибрежной зоне у Азиатского материка, в районе острова Врангеля, в районе центральных банок и на банке Геральд преобладают галька, гравий, песок. Большую часть южной и средней области моря занимают пелитовые и алевропелитовые отложения.

На основе минералогического анализа донных образцов установлено, что в осадках Чукотского моря породообразующими минералами являются кварц и полевые шпаты, причем среди последних преобладают калиевые полевые шпаты. Валовое содержание металлов в донных отложениях, определенное по результатам донного опробования, приведено в табл. 1.

Все коэффициенты вариации (относительного показателя разнообразия признаков) низкие. Немного повышенные значения – у Hg, аномально высокие – у Mn. Последнее, скорее всего, связано с распространением железомарганцевых конкреций на морском дне. Кларк концентрации металлов в донных осадках, нормированный по североамериканскому сланцу (кларк NASC) [10], – не высокий (см. табл. 1), за исключением Sr (1,24) и Cd (4,33), что, скорее всего, объясняется природными факторами. Так, высокие значения кларка концентрации Sr во многом обусловлены биогенным фактором (Sr накапливают кораллы, мшанки, моллюски и офиуры). Также Sr могут содержать некоторые минералы, например, барит. Высокие значения Cd объясняются химизмом пород, питающих провинции, накоплением тонкодисперсными осадками, а возможно, и его присутствием в минералах (барите и проч.). Тяжелые металлы в донных отложениях располагаются в следующий ряд (в порядке возрастания подвижности):  $Ni \leq Cd < Co \leq Pb < Zn < Fe < Cu < Mn$ .

Содержание общего углерода в донных осадках распределяется от 0,18 до 2,49 %, со средним значением – 1,41%. Содержание органического углерода распределяется от 0,16% до 2,27% со средней концентрацией 1,22%. Содержание углерода в донных осадках зависит от их гранулометрического состава. Наименьше содержание углерода отмечается в песках, наибольшее – в пелитах. Рельеф также оказывает влияние на распределение углерода: на склонах его содержание в донных осадках ниже, чем в депрессиях («геомофлогических ловушках»).

**Данные статистики по валовому содержанию химических элементов в донных осадках Чукотского моря**

Микроэлементы	Sr	Co	Ni	Cu	Zr	V	Ba
Среднее значение, мг/кг	176	9	33	40	103	98	559
Стандартное отклонение	49	3,6	9	8	24	30	114
Минимум, мг/кг	80	5	18	27	47	27	280
Максимум, мг/кг	300	35	58	67	170	150	1000
Коэффициент вариации	28	40	26	21	23	31	20
Кларк NASC	142	26	60	60	190	120	640
Кларк концентрации (с учётом кларка NASC)	1,24	0,4	0,6	0,7	0,5	0,8	0,9

Микроэлементы	Cr	Cd	Pb	Zn	Ga	Ti	Mn	Hg
Среднее значение, мг/кг	78	1,3	14	60	8,11	2909	248	0,007
Стандартное отклонение	32	0,5	4,33	27	1,85	649	477	0,004
Минимум, мг/кг	32	0,27	7	25	4	1400	80	0,005
Максимум, мг/кг	250	2,8	32	150	13	5200	3900	0,02
Коэффициент вариации	41	39	31	45	23	22	193	55
Кларк NASC	124	0,3	20	90	30	4200	465	не опр.
Кларк концентрации (с учётом кларка NASC)	0,6	4,3	0,7	0,7	0,3	0,7	0,5	не опр.

*Донные сообщества Чукотского моря.* На изученной акватории выделено 7 крупных донных сообществ: 1 – сообщество видов-обрастателей с доминированием асцидий, мшанок и губок подводного берегового склона в зоне современного волнового воздействия; 2 – сообщество офиур *Ophiura sarsi*, *Ophiosten sericeum* и двустворчатых моллюсков *Yoldia hyperborea*, *Macoma calcarea* на абразионных террасах, склонах и вершинах подводных возвышенностей; 3 – сообщество двустворчатых моллюсков *Yoldia hyperborea*, *Macoma calcarea* и *Astarte sp.* плоских аккумулятивных равнин; 4 – сообщество двустворчатых моллюсков *Eunnicula tenuis* и *Macoma calcarea* плоских аккумулятивных равнин; 5 – сообщество двустворчатых моллюсков рода *Nuculana* и офиур *Ophiura sarsi* плоских аккумулятивных равнин; 6 – сообщество двустворчатых моллюсков рода *Nuculana* и многощетинковых червей *Maldane sarsi* илистых равнин днищ замкнутых впадин; 7 – сообщество грунтоедов, с доминированием червей *Golfingia sp.*, *Echiurus sp.*, *Maldanidae var.* и морских звезд *Stenodiscus crispatus* абразионно-аккумулятивных и аккумулятивных склонов.

Диаграмма суммарной численности (рис. 1) и диаграмма суммарной биомассы (рис. 2) макробентоса показывает, что самая высокая его численность отмечается в сообществах 4 (995,0 экз./м<sup>2</sup>) и 3 (910,0 экз./м<sup>2</sup>), представленных двустворчатыми моллюсками и занимающих Южно-Чукотскую равнину, с глубинами 30-50 м и

пелито-алевритовыми, алеврито-пелитовыми и пелитовыми осадками. Сообщество 4, имеющее самую высокую плотность, обладает и самой высокой биомассой (893,0 г/м<sup>2</sup>). Также высокой биомассой (648,0 г/м<sup>2</sup>) обладает сообщество 1, представленное не столь многочисленными, но крупными для бентосных организмов видами – обрастателями, заселяющими прибрежную зону с песчаными и гравийно-галечными осадками. Сообщество 5, обладающее самой низкой численностью, имеет и самую низкую биомассу (81,2 г/м<sup>2</sup>). Относительно невысокой биомассой (138,0 г/м<sup>2</sup>) характеризуются также сообщество 2 с доминированием офиур, расположенное в районе абразионных террас и песчаных банок, и сообщество 6 (137,6 г/м<sup>2</sup>), приуроченное к геоморфологической «ловушке», представленное многощетинковыми червями и двустворчатыми моллюсками. Сравнение результатов исследования макрозообентоса 2006 г. с предыдущими наблюдениями не выявило существенных различий в видовом составе и значениях плотности и биомассы сообществ.

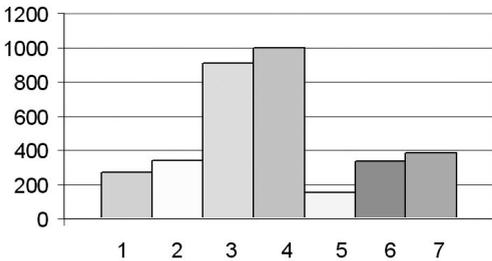


Рис. 1. Суммарная численность макробентоса по сообществам (вертикальная ось – суммарная численность, экз./м<sup>2</sup>; горизонтальная ось – номер сообщества)

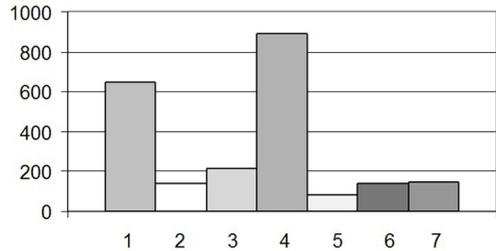


Рис. 2. Суммарная биомасса макробентоса по сообществам (вертикальная ось – суммарная биомасса, г/м<sup>2</sup>; горизонтальная ось – номер сообщества)

Для выявления возможной связи содержания микроэлементов с распределением бентосных организмов были рассчитаны содержания Sr, Co, Ni, Cu, Zr, V, Ba, Cr, Cd, Pb, Zn, Ga, Ti, Mn и Hg внутри сообществ (табл. 2, рис. 3).

Анализ содержаний микроэлементов в донных осадках биогеоценозов (табл. 2) не выявил зависимости распределения бентосных сообществ от распределения тяжелых металлов в донных отложениях. На распределение бентоса основополагающее влияние оказывают рельеф и субстрат.

*Геоэкологическое состояние донной экосистемы Чукотского моря.* Расчёт индекса загрязнения донных осадков показал, что на всей изученной акватории Чукотского моря уровень техногенного загрязнения низкий ( $Z_c < 10$ ). Исключение составил лишь небольшой участок, расположенный между островами Врангеля и Геральда, где суммарный индекс загрязнения донных осадков средний ( $Z_c = 14,32$ ), но здесь решающую роль играет не техногенный фактор, а природный – наличие железомарганцевых конкреций обуславливает высокий коэффициент концентрации Mn. Биота, представленная кораллами, мшанками, двустворчатыми моллюсками и офиурами, способствует высокому содержанию здесь Sr. Что касается высокого значения Cd, то это характерно для донных осадков всего Чукотского моря.

Среднее содержание микроэлементов внутри выделенных бентосных сообществ Чукотского моря, в г/т

Биогеоценоз	Sr	Co	Ni	Cu	Zr	V	Ba
1	100	6,5	41	33	124	62	365
2.1 (вокруг Чукотского п-ов)	150	8	25	31	110	28	550
2.2 (вокруг о. Врангеля)	137	7,27	30	43	86	88	575
3	175	9,22	31	39	101	96	609
4	218	8,82	40	39	107	116	512
6	210	9,6	30	38	116	103	646
7	171	9,42	33	41	104	98	551

Биогеоценоз	Cr	Cd	Pb	Zn	Ga	Ti	Mn	Hg
1	56	0,32	9	50	5	1950	200	0,009
2.1 (вокруг Чукотского п-ов)	38	0,52	18	50	7	1400	80	0,01
2.2 (вокруг о. Врангеля)	85	1,27	10	53	8,18	3227	107	0,008
3	78	1,44	17	74	8	2644	199	0,007
4	66	1,66	14	62	9	3235	259	0,009
6	71	1,4	19	88	8,2	2480	230	0,007
7	85	1,16	13	51	7,95	2982	320	0,006

Вероятность образования скоплений загрязняющих веществ в донных осадках не одинакова. На большей площади она низка. Условия для образования крупных скоплений отмечено в районе Южно-Чукотской котловины, прилегающей к верховьям желоба Геральда. С учетом того, что превышения кларков осадочных пород по данным NASC (1984) локальны (за исключением Sr и Cd) и обусловлены естественными факторами, а вся Российская часть моря относится к малоосвоенным районам, эколого-геологическая обстановка исследуемой акватории может оцениваться как благоприятная.

Содержание Zn, Cu, Pb, Ni, Cd и Hg, в донных осадках биогеоценозов ниже критериев возможного биологического воздействия. Вредное влияние исследованных веществ в данных концентрациях на бентосные сообщества маловероятно.

В результате обобщения вышеизложенных материалов (геоморфологии, геохимии и гранулометрии донных отложений, количественного и качественного состава бентоса) построена геоэкологическая карта-схема Чукотского моря (рис.3).

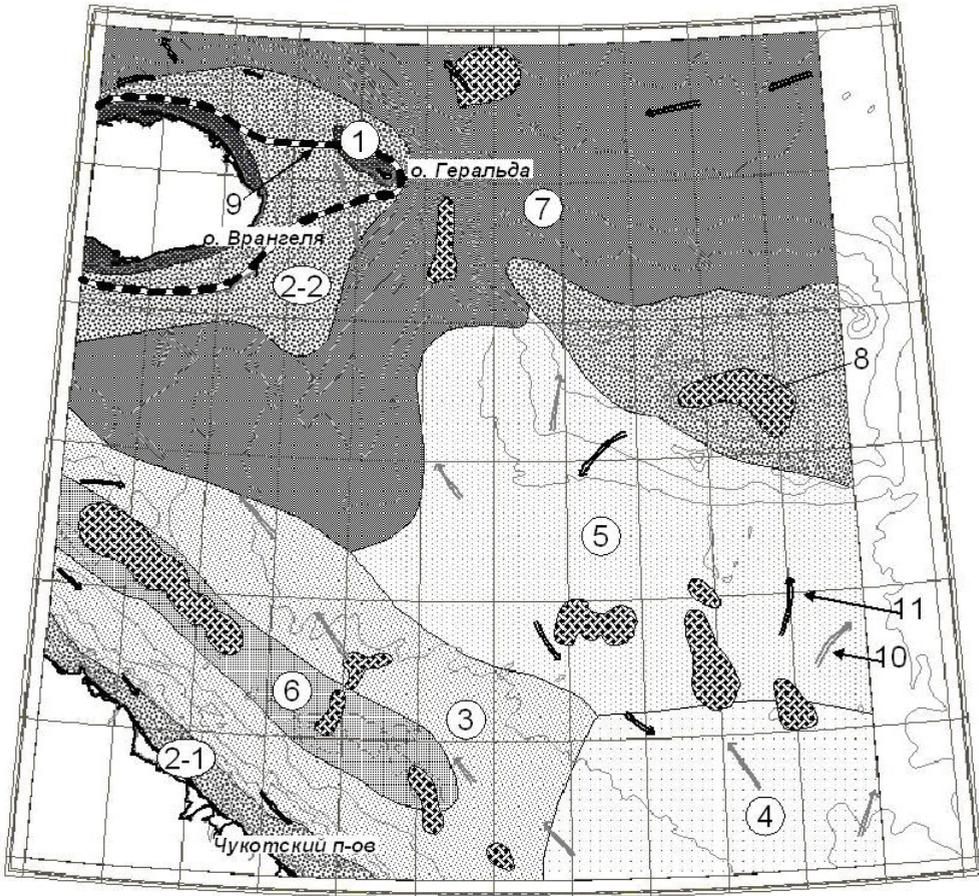


Рис. 3. Геоэкологическая карта-схема донных биоеценозов Чукотского моря  
 Бентосные биоеценозы с 1 – 7: 1 – сообщество видов – обрастателей с доминированием асцидий, мшанок и губок подводного берегового склона в зоне современного волнового воздействия; 2 – сообщество офиур *O. sarsi*, *O. sericeum* и двустворчатых моллюсков *Y. hyperborea*, *M. calcarea* на абразионных террасах, склонах и вершинах подводных возвышенностей; 3 – сообщество двустворчатых моллюсков *Y. hyperborea*, *M. calcarea* и *Astarte sp.* плоских аккумулятивных равнин; 4 – сообщество двустворчатых моллюсков *E. tenuis* и *M. calcarea* плоских аккумулятивных равнин; 5 – сообщество двустворчатых моллюсков рода *Nuculana* и офиур *O. sarsi* плоских аккумулятивных равнин; 6 – сообщество двустворчатых моллюсков рода *Nuculana* и многощетинковых червей *M. sarsi* илистых равнин дниц замкнутых впадин; 7 – сообщество грунтоедов с доминированием червей *Golfingia sp.*, *Echiurus sp.*, *Maldanidae var.* и морских звезд *C. crispatus* абразионно-аккумулятивных и аккумулятивных склонов; 8 – геоморфологические ловушки; 9 – граница государственного природного заповедника «Остров Врангеля»; течения 10 – 11: 10 – теплое течение, 11 – холодное течение.

### Выводы

Эколого-геохимическая обстановка Чукотского моря может быть охарактеризована как благоприятная, что согласуется с данными предыдущих исследований [4].

Положение Чукотского моря между Беринговым морем и Северным Ледовитым океаном определяет смешанный характер его фауны. Современное экологическое состояние биоты Чукотского моря можно считать близким к среднепогодной норме.

По анализу распределения химических элементов в донных отложениях, геоморфологическим и литогеохимическим характеристикам, расчёту суммарного индекса загрязнения донных осадков, оценкам вероятности образования устойчивых концентраций загрязняющих веществ и состоянию бентоса, а также по результатам сопоставления с итогами предыдущих исследований и с данными по другим арктическим морям Чукотское море может быть отнесено к устойчивым к химическому загрязнению. Однако, так как в восточной части моря и вдоль побережья Чукотского п-ва наблюдаются относительно благоприятные условия аккумуляции загрязняющих веществ — устойчивость биоценозов определяется как относительно уязвимая. В ряду устойчивости Арктических морей к химическому загрязнению Чукотское море занимает первое место.

Можно выделить ряд факторов, которые могут серьезно повлиять на состояние донной экосистемы Чукотского моря в будущем:

- разработка шельфа и портостроительство в Чукотском море может привести к увеличению числа геоморфологических ловушек, которые являются местом, где аккумулируются загрязняющие вещества;
- увеличение концентрации подвижных форм тяжелых металлов в донных осадках в результате как изменений климата, так и антропогенных воздействий приведет к их активной миграции в пищевые цепи;
- повышение придонной температуры в результате климатических изменений может привести к перераспределению выделенных бентосных сообществ;
- превышение современного уровня концентрации тяжелых металлов, например в результате возобновления судоходства по Северному морскому пути, создания военных баз, разработки шельфа и др. может стать толчком к деградации изученных донных сообществ.

### Литература

1. Арктика на пороге третьего тысячелетия (ресурсный потенциал и проблемы экологии)/ Гл. ред.: Грамберг И.С., Лаверов Н.П.; Отв. ред. Додин Д.А. — СПб.: Наука, 2000. — 247 с.
2. Арктические моря // Геология и полезные ископаемые России. Т.5. Арктические и Дальневосточные моря. Кн. 1. / Ред. Грамберг И.С., Иванов В.Л., Погребинский Ю.Е. — СПб.: ВСЕГЕИ, 2004. — 468 с.
3. Геохимия окружающей среды / Саев Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П. и др. — М.: Недра, 1990. — 335 с.
4. Исследование экосистем Берингова и Чукотского морей / Под ред. Ю.А. Израэля, А.В. Цыбань. — СПб.: 1992. — 357 с.
5. Макаров В.В. Материалы по количественному учету донной фауны северной части Берингова моря и Чукотского моря // Исслед. дальневост. морей СССР, вып. 25, 1937, с. 260-291.
6. Опекунов А.Ю., Холмянский М.А., Куриленко В.В. Введение в экогеологию шельфа. — СПб., 2000. — 176 с.
7. Петелин В.П. Гранулометрический анализ морских донных осадков. — М.: Наука, 1967. — 128 с.

8. *Погребов В.Б., Шилин М.Б.* Экологический мониторинг прибрежной зоны Арктических морей. – СПб., 2001. – 94 с.
9. *Сиренко Б.И., Гагаев С.Ю.* Изучение бентосной фауны в Чукотском море – история и новые результаты экспедиций по программе «Русалка» в 2004 и 2005 годах [Электронный ресурс] / Russian-American Long-term Census of the Arctic (RUSALCA) 2004-2005 Expedition. – Электрон. дан. – NOAA, 2010. – Режим доступа: [http://www.arctic.noaa.gov/aro/russian-american/2004\\_2005/](http://www.arctic.noaa.gov/aro/russian-american/2004_2005/), свободный. – Загл. с экрана. – Яз., англ.
10. *Gromet, L.P.* The «North American shale composite»: Its compilation, major and trace element characteristics / L.P. Gromet, R.F. Dymek, L.A. Haskin, R.L. Korotev // *Geochimica et Cosmochimica Acta.* – 1986. – Vol. 48. – P. 2469-2482.
11. *Long E.R.* Incidence of adverse biological effects within ranges of chemical concentrations in marine and estuarine sediments / E.R. Long, D.D. Macdonald, L. Sherri, F.D. Smith // *Environmental Management.* – 1995. – Vol. 19. – P. 81-97.
12. Northern Sea Route Dynamic Environmental Atlas./ Editors: O.W. Brude, K.A. Moe, V. Bakken, R. Hansson, L.H. Larsen, S. M. Løvås, J. Thomassen, Ø. Wiig. – Norsk Polarinstitutt Meddelelse – Nr. 147. – 1998. – 58 p.

Авторы признательны Е.А. Гусеву, Е.А. Зыкову, В.Н. Чуруну и А.Г. Зинченко за помощь в проведении исследований.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Германии (грант № OSL-12-13).

*С.А.Комолова, Н.В.Лебедева*

**К ИЗУЧЕНИЮ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ХВОИ  
ЕЛИ ЕВРОПЕЙСКОЙ (PICEA ABIES (L.)KARST) НА ВАЛААМСКОМ  
АРХИПЕЛАГЕ**

*S.A.Komolova, N.V.Lebedeva*

**INVESTIGATION NEEDLES MORPHOMETRIC CHARACTERISTICS OF  
COMMON SPRUCE (PICEA ABIES (L.) KARST) IN VALAAM ARCHIPELAGO**

*Изучены взаимосвязи между морфометрическими характеристиками хвои ели европейской и факторами экотопа и фитоценоза на Валаамском архипелаге. Показано, что в двух исследованных типах леса сухая масса и толщина хвои меньше в нижних ярусах древостоя. Впервые получены значения продолжительности жизни хвои для ели на о. Валаам.*

*Ключевые слова: морфометрические характеристики хвои, продолжительность жизни хвои, ель европейская, еловые и сосново-еловые леса, Валаамский архипелаг, мониторинг*

*Relationships between common spruce morphometric parameters and factors of ecotope and phytocenosis were studied in Valaam archipelago. The decrease needles dry weight and thickness from crown to shrub layer are shown in two forest types. The needles age for spruce was described in Valaam for the first time.*

*Key words: morphometric characteristics of needles, needles age, common spruce (Picea abies (L.)Karst), spruce and pine-spruce forests, Valaam archipelago, monitoring*

Среди процессов, которые определяют строение, динамику и продукционные свойства древостоев, важное значение имеют структурно-функциональные перестройки в кронах деревьев. Это изменения, связанные с сезонной динамикой в лесных сообществах, возрастной динамикой разных видов деревьев. Крона дерева является целостной и сбалансированной системой, которая выполняет функцию продуцирования органического вещества. Непосредственно этот процесс осуществляется в листьях. В таёжной зоне на Северо-западе России, где преобладают ель и сосна, особое внимание должно быть уделено изучению хвои как индикатору важнейших физиологических и биопродукционных процессов. Морфометрические характеристики хвои отражают динамику развития древостоя, в связи с этим, наиболее интересные и важные данные могут быть получены в ходе долговременных мониторинговых исследований на стационарных пробных площадях.

Еловые леса являются одним из наиболее ценных объектов для изучения структуры и динамики наземных экосистем. В отношении ели накоплен наибольший объём научной информации по сравнению с другими древесными породами [Казимиров, 1971; Трескин, 1983; Дыренков, 1984]. На Европейском Севере ельники являются основным, зональным типом растительности и характеризуются наибольшей устой-

чивостью [Толмачёв, 1954]. Обширность ареалов ели европейской и ели сибирской даёт возможность выполнить широкие географические сопоставления результатов исследований и опыта хозяйствования [Дыренков, 1984; Озолинчюс, 1996; Усольцев, 2007]. Для биоиндикации хвойных пород в разных регионах России, Европы часто используют морфологические признаки, которые подразделяют на макрокопические и микрокопические. К макрокопическим изменениям относят изменение окраски хвои, некрозы, опадение хвои, изменение размеров органов, изменение направления роста, ветвления и др.; к микрокопическим изменениям — изменения на тканевом и клеточном уровнях [Sutinen, 1990; Вишнякова, 2009]. На загрязнённых территориях сокращается продолжительность жизни хвои, уменьшается длина и масса ассимилирующих органов хвойных пород [Lehtio at all., 1980, Биоиндикация загрязнений наземных экосистем, 1988; Сухарева, Лукина, 2004; Ots at all, 2011].

На морфометрическую структуру хвои оказывают влияние различные экологические факторы. Среди них можно выделить две большие группы: экотопические и фитоценотические. Экотопический фактор понимается нами как воздействие элемента абиотической среды, независимое от характеристик фитоценоза, на растения. Как экотопический фактор могут выступать свет, вода, кислотность почвенного раствора и т.п. Среда проявляет себя как совокупность экологических факторов. Под фитоценотическими факторами нами подразумеваются воздействия живых организмов друг на друга.

Данное исследование является частью проекта по мониторингу водных и наземных сред, проводимого Учебно-научной станцией «Валаам» РГГМУ на территории природного парка «Валаамский архипелаг» [Степанова, Воякина, 2002; Степанова и др., 2010]. Хвойные леса Валаамского архипелага сохраняют черты девственных таёжных лесов и характеризуются значительным возрастом древостоя (до 300 лет). Во второй половине XX века была выполнена общая характеристика лесов архипелага сотрудниками Института леса Карельского филиала АН СССР [Кучко и др., 1989]. Удалённость от центров атмосферного загрязнения и относительная ненарушенность позволяет использовать леса Валаама как модельные с точки зрения взаимоотношения их продуктивности и других параметров с естественными экологическими факторами. Существует ряд работ, посвящённых исследованию динамики сосновых и сосново-еловых лесов Валаама, разнообразию типов леса архипелага [Герасименко, Комолова, 1993.; Герасименко и др., 1995]. Для интродуцированных видов хвойных на Валааме проводили дендрохронологические исследования [Ловелиус, 1999]. Изучение морфометрических характеристик хвои ели на архипелаге проводится впервые.

Цель данной работы — оценка влияния факторов среды обитания на морфометрические характеристики хвои ели европейской (*Picea abies* (L.) Karst.) на Валаамском архипелаге. В ходе исследования авторы решали следующие задачи:

1. анализ морфометрических параметров хвои и побегов ели на двух выбранных участках
2. выявление воздействия экотопических и фитоценологических факторов среды обитания на морфометрические параметры хвои ели.
3. характеристика продолжительности жизни хвои.

**Объекты и методы исследования**

Исследования проводили в июне и сентябре 2010г. на территории природного парка «Валаамский архипелаг» на двух пробных площадях (Рис.1).



Рис.1 Схема размещения пробных площадей на Валаамском архипелаге.

Первая площадь (№1) является участком для долговременных мониторинговых исследований, она расположена в 20 м от берега Ладожского озера и представляет собой Елово-сосняк разнотравно-вересково-зеленомошный. Названия выделенных типов леса даны по динамической системе типологии [Герасименко и др., 1995]. Почвенный покров в данном типе леса неоднороден и представлен торфянисто-перегнойной почвой на выходах массивно-кристаллических пород и бурозёмом грубогумусированным. Вторая пробная площадь (№2) выбрана для сопоставления результатов исследований, она удалена от берега Ладожского озера и расположена внутри большого лесного массива (Ельник чернично-сфагново-зеленомошный). Почва перегнойная на озёрных песках (Табл.1).

На каждой пробной площади были отобраны почвенные образцы для химических анализов. Определено содержание органического углерода по методу Тюрина

в горизонте  $A_1$ , произведена оценка рН водного и соляного растворов каждого горизонта (Табл.1) [Теория и практика химического анализа почв, 2006].

Для определения возраста у мониторинговых деревьев были взяты керны древесины. Определен бонитет по площади сечения ствола [Ипатов, Мирин, 2008]. На каждом участке было выполнено полное геоботаническое описание. Для древостоя определены высота, состав, сомкнутость крон, окружность и диаметр стволов, сумма площадей поперечных сечений стволов, количественно оценено возобновление древостоя. Был описан подросток, травяно-кустарничковый и моховой ярусы, отмечено количество валежа, особенности микрорельефа и следы антропогенной деятельности.

Для взятия проб хвои на пробных площадях было выбрано по три средних по таксационным показателям дерева первого и второго яруса ели и три средних дерева подростка [Лебедева, Комолова, 2010]. С каждого дерева с помощью секатора для обрезки было взято по три образца с ветвей второго порядка, среднего размера, из средней части кроны в пределах азимута 45 – 315 градусов [Трескин, 1983]. Сбор хвои проводили при относительно одинаковых погодных условиях, каждый сбор сопровождался измерением влажности и температуры воздуха на высоте 50 см и 200 см от земли и измерением скорости ветра (Табл. 1).

Для анализа в лаборатории хвоя была взята за два последних (2008 и 2009) года прироста с ветвей второго порядка. Для каждого года отбирали по 8 хвоинок (хвоя одного витка спирали) [Фрей, Иваск, 1983] из средней части годичного побега. В основном, для анализа была взята хвоя теневого типа. У каждой хвоинки была измерена длина, ширина и толщина, измерен общий вес 8 отобранных хвоинок с каждого года прироста. Всего было проанализировано 1880 хвоинок. Для выяснения значений показателя веса сухого вещества была произведена сушка хвои (режим сушки 24 часа в сушильном шкафу при 200 С), затем взвешивание. В литературе указывается режим сушки при 105 С, нами был выяснен коэффициент усушки. Было произведено взвешивание и сушка 20 образцов при 105 С, а затем в соответствие сырым весам этих образцов были сопоставлены сырые и сухие веса уже имеющихся образцов, высушенных при 200 С. Оказалось, что режим сушки при 200 С и при 105 С практически не сказывается на конечном весе. При пересчете веса при сушке 200 С в вес при 105 С разница получилась в тысячных долях грамма.

Таблица 1

Средние характеристики экотона пробных площадей о. Валаам.

Месяц наблюдения	Микроклиматические				Почвенные (горизонт $A_1$ )					
	t возд*, °С		Влажность воздуха*, %		рН(водный)		рН(соляной)		Содержание С, %	
	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2
июнь	13.6	15.2	64	54	3.8	4.4	2.9	3.3	21.6	31.7
сентябрь	14.5	14.0	87	89	3.7	4.1	2.8	3.1	20.2	26.9

\*измерения проводили на высоте 2 метра

S1 – пробная площадь №1 (Елово-сосняк разнотравно-вересково-зеленомошный);

S2 – пробная площадь №2 (Ельник чернично-сфагново-зеленомошный).

Таблица 2

Средние характеристики елового древостоя на пробных площадях о. Валаам

	Высота, м		Диаметр ствола, см		Возраст, годы		Бонитет, класс*	
	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2
1 ярус	16.5	21	21.2	32.9	136	135	2.35	4.04
2 ярус	12	15	13.1	18.3	66	110	1.39	2.02
подрост	5.5	3	6.1	4.3	30	25	--	--
Сомкнутость крон					0.5	0.8		
Продолжительность жизни хвои, годы					9-12	11-15		

\*бонитет оценен по площади сечения ствола [Ипатов, Мирин, 2008],

S1 - пробная площадь №1;

S2 – пробная площадь №2

### Результаты и обсуждение

По средним значениям полученных в полевых условиях величин, опираясь на литературные данные, были выбраны шесть параметров для последующего математического анализа: сухой вес восьми хвоинок, длина годичного прироста, охвоенность побега (количество хвоинок на единицу прироста), индекс ОГП (охвоенность годового прироста), содержание влаги (в процентах от массы сухой хвои), толщина хвои.

Параметр охвоенности побега в Елово-сосняке разнотравно-вересково-зеленомошном (участок 1) для всех ярусов практически не изменяется и составляет в среднем 15,5 хвоинок на сантиметр прироста побега (Рис.2).

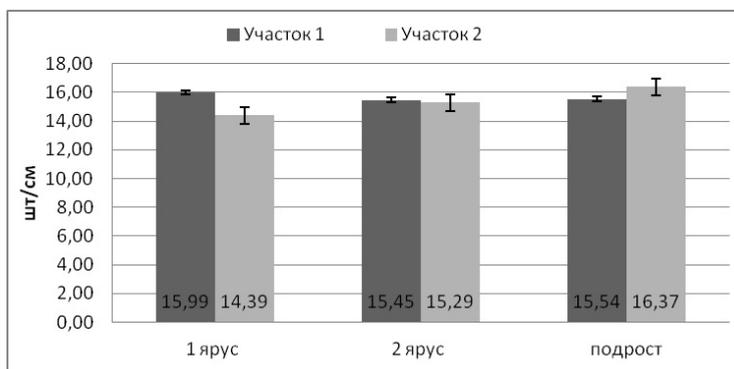


Рис.2. Средняя охвоенность годового прироста ели разных ярусов на двух участках о. Валаам (шт./см).

В Ельнике чернично-сфагново-зеленомошном (участок 2) мы видим некоторое увеличение параметра охвоенности от первого яруса к подросту. По-видимому, это является проявлением особенности биотопа и экотопа второго исследованного участка леса: там в нижних пологах значительно темнее (сомкнутость крон древостоя 0.8),

территория закрыта от сильных ветров с Ладogi. При мониторинговых исследованиях в Вишерском заповеднике Пермского края используют показатель охвоенности побега в течении длительного времени. По данным летописи природы этого заповедника показатель охвоенности побега для ели сибирской составляет 12.4 шт./см. Большая охвоенность годовичного побега в данном случае, вероятно свидетельствует о том, что на Валааме в целом более благоприятные условия для произрастания ели.

Индекс ОГП (Охвоенность годового прироста): Для того чтобы оценить прирост в динамике, т.е. по отношению к предыдущему году прироста, уральскими экологами предложен показатель, названный индексом охвоенности годового прироста:

$$\text{ОГП} = L_{\text{прош}} \cdot N_{\text{тек}} / L_{\text{тек}},$$

где  $L_{\text{прош}}$  — прирост прошлого года,  $N_{\text{тек}}$  — количество хвоинок на приросте текущего года,  $L_{\text{тек}}$  — прирост текущего года [Ворончихина, 2010].

Формирование зачатков хвои на следующий год происходит в конце вегетационного сезона текущего года. Этот показатель хорошо отражает связь предыдущего с текущим годом прироста. Индекс ОГП также используют на Урале для подсчета экономического ущерба от действующих предприятий, поставляющих загрязняющие вещества в атмосферу и со сточными водами [Ворончихина, 2010]. На изучаемых участках был рассчитан индекс ОГП для 2010 года прироста. Средние значения показателя охвоенности годового прироста по разным участкам леса и ярусам представлены на рисунке 3.

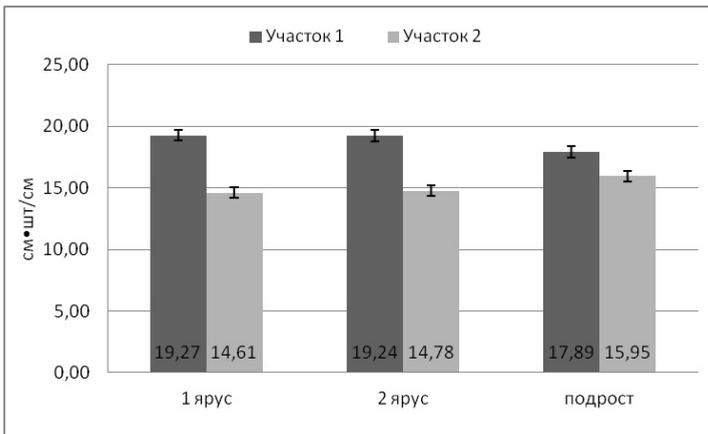


Рис .3. Средняя охвоенность годового прироста ели разных ярусов на двух участках о. Валаам (см • шт/см).

Для первого участка ОГП в среднем составляет 18, а для второго — 16. Отсюда можно заключить, что эффективность образования новой хвои в Елово-сосняке разнотравно-вересково-зеленомошном (участок 1) выше, чем в Ельнике чернично-сфагново-зеленомошном (участок 2).

Удельная листовая поверхность (УЛП). Данный параметр рассчитывали по формуле:

$$S / W_{\text{сух}},$$

где  $S$  - площадь поверхности хвои,  $W$  - сухой вес хвои. [Уткин, Ермолова, Уткина, 2008].

УЛП является экофизиологическим показателем, характеризующим как потенциальную интенсивность фотосинтеза, так и продуктивность фотосинтеза при учете продолжительности ассимиляционного периода и возрастной структуру листвы у вечнозеленых растений. Для определения площади поверхности хвои была использована формула вида:

$$LA_n = 4\pi \left[ (a \cdot b \cdot c) / 8 \right]^{2/3},$$

где  $a, b, c$  – длина, ширина и толщина хвоинки .

Измерения параметров проводили в июне и сентябре. Для большинства из них смена сезона года не сказывается на количественной характеристике параметра. Для выявления наличия или отсутствия достоверных различий между рядами, полученными в июне и сентябре был проведен анализ влияния фактора сезона сбора материала на значения исследуемых параметров (по величине корреляционных отношений, полученных в дисперсионном анализе). Результат анализа представлен в таблице 3.

Корреляционное отношение рассчитывали по формуле:

$$\eta^2 = D_{\text{общ}} / D_{\text{межгрупповая}},$$

где  $D_{\text{общ}}$  – общая дисперсия параметра,  $D_{\text{межгрупповая}}$  – дисперсия между группами, т.е. между массивами данных, полученных в июне и сентябре.

Таблица 3

**Корреляционные отношения внутри параметров хвои ели, полученных в полевых условиях (П1 – первая площадь, П2 – вторая площадь).**

	УЛП	Длина прироста	Охвоенность	Сухой вес	Насыщенность влагой	Толщина
П1 08 09	0.01	0.05	0.02	0.04	0.01	0.01
П2 08 09	0.00	0.04	0.00	0.04	0.04	0.02
П1 08 09S (сентябрь)	0.02	0.07	0.07	0.06	0.09	0.02
П2 08 09S (сентябрь)	0.00	0.00	0.10	0.01	0.01	0.01
П1 Июнь Сентябрь	0.04	0.01	0.01	0.04	0.02	0.01
П2 Июнь Сентябрь	0.06	0.00	0.05	0.19	0.03	0.01

Было выявлено, что роль фактора сезона сбора материала в варьировании исследованных параметров хвои и побегов крайне мала, что позволило объединить данные июньского и сентябрьского сборов в единый массив.

В ходе данного исследования была предпринята попытка количественно оценить влияние экологических и фитоценологических факторов на морфометрическую структуру хвои. Для оценки средних значений величин, полученных в лаборатории, из-за небольшой длины рядов применялся квантильный анализ.

Различия в параметрах хвои между пробными площадями отражают реакцию, в основном, на экологические различия. По-видимому, ведущими в этом случае факторами являются влажность почвы (уровень грунтовых вод), валовое содержание оснований (в первую очередь Са, К, Mg) и средняя скорость ветра над верхушками крон. Для оценки влияния экологических факторов был выбран признак «площадка», а для оценки фитоценологических факторов влияния – положение в системе ярусов.

Для оценки связи выбранных параметров хвои с признаками «ярус» и «площадка» был проведен однофакторный дисперсионный и корреляционный анализы между параметрами хвои и тремя признаками: ярус, в котором находится дерево, год прироста и пробная площадь (тип леса). В данном случае, в качестве результативного признака выступают параметры хвои: длина годичного прироста, удельная площадь поверхности (УЛП), охвоенность годичного побега, насыщенность влагой, сухая масса и толщина хвои, а в качестве контролируемого фактора категории яруса, площадки и года прироста (Табл. 4). Было выявлено, что самыми устойчивыми параметрами хвои ели в нашем исследовании являются длина прироста, охвоенность, сухая масса и толщина хвои.

Таблица 4

Описательная статистика интегральных параметров хвои и побегов ели.

Статистический параметр	УЛП, г/см <sup>2</sup>	Длина прироста, см	Охвоенность побега, шт/см	Сухой вес, г	Влагоемкость, %	Толщина, мм
Среднее	113.1	4.9	15.5	0.019	58.3	0.5
Стандартная ошибка	1.5	0.1	0.2	0.0	0.5	0.0
Медиана	109.9	4.8	15.2	0.018	59.4	0.5
Стандартное отклонение	22.6	1.4	2.8	0.016	8.0	0.1
Дисперсия выборки	512.3	1.9	8.0	0.007	64.0	0.0
Экссесс	1.2	0.3	1.1	0.4	12.3	0.0
Асимметричность	0.8	0.4	0.7	0.8	-2.6	0.7
Интервал	130.2	8.2	17.7	0.035	71.5	0.6
Минимум	62.5	1.4	8.6	0.006	5.6	0.3
Максимум	192.7	9.6	26.3	0.041	77.1	0.9

Результат однофакторного дисперсионного анализа представлен в таблице 5, (недостовверные связи выделены жирным). Наибольшую реакцию среди изученных параметров хвои и побегов ели в этой выборке на исследованные комплексные факторы показали сухая масса и толщина хвоинок. На различиях в сухой массе хвои больше сказываются особенности экотопических условий двух участков, а толщину хвои определяет преимущественно положение особи ели в системе ярусов (прямой фактор – освещенность в средней части кроны ели). Охвоенность побега и влагонасыщенность хвои практически не зависят от исследованных комплексов факторов. Для оценки линейности связи был проведен анализ коэффициента детерминации между параметрами хвои и тремя признаками: ярус, в котором находится дерево, год прироста и разные участки (тип леса) (Табл. 6.).

Таблица 5

**Влияние комплекса факторов, связанных с положением дерева в ярусе, типе леса и возрастом побега, на параметры побега и хвои ели (в числителе –  $\chi^2$ , в знаменателе – уровень значимости).**

Параметр	Ярус	Год	Участок	$\Sigma^*$
УЛП	9/0.00	4/0.01	8/0.00	21
Длина прироста	5/0.01	<b>0/0.68</b>	5/0.00	10
Охвоенность побега	<b>1/0.24</b>	<b>1/0.23</b>	<b>0/0.42</b>	2
Сухая масса	22/0.00	3/0.02	270.00	51
Насыщенность влагой	<b>1/0.33</b>	2/0.04	<b>1/0.23</b>	4
Толщина	45/0.00	<b>0/0.72</b>	20/0.00	64

\* суммарная доля варьирования признака, вызванная изученными факторами

Таблица 6.

**Влияние комплекса факторов, связанных с положением дерева в ярусе, типе леса и возрастом побега, на параметры побега и хвои ели ( $R^2$ ).**

Параметр	Ярус	Год	Участок	$\Sigma^*$
УЛП	8	4	7	19
Длина прироста	4	0	5	9
Охвоенность побега	1	1	0	2
Сухой вес	17	3	21	41
Насыщенность влагой	1	2	1	3
Толщина	30	0	17	46

\* суммарная доля варьирования признака, вызванная изученными факторами

При сопоставлении таблиц видно, что зависимости параметров хвои от исследованных факторов близки к линейным, об этом говорят близкие по уровню значения корреляционное отношение и коэффициент детерминации.

В Елово-сосняке разнотравно-вересково-зеленомошном (участок 1) продолжи-

тельность жизни хвой деревьев первого яруса по всем направлениям кроме северного в среднем равна 10 лет. Северное направление роста характеризуется малой продолжительностью жизни хвой (до трёх лет). Второй ярус этого же участка имеет продолжительность жизни хвой в среднем равную 11 годам по всем направлениям. Подрост на этом участке характеризуется сильным угнетением ветвей с севера и запада. Хвоя у исследованных деревьев на этих направлениях практически отсутствует. В восточном и южном направлениях хвоя держится на ветвях подроста в Елово-сосняке разнотравно-вересково-зеленомошном до девяти лет.

В Ельнике чернично-сфагново-зеленомошном (участок 2) хвоя держится на деревьях первого яруса в целом на два-три года дольше, чем на участке 1. Северное направление, также как и на участке 1 имеет короткую продолжительность жизни хвой и составляет два-три года. Второй ярус на втором участке характеризуется продолжительностью жизни хвой равной 11-12 годам по всем направлениям роста. Продолжительность жизни хвой подроста в Ельнике чернично-сфагново-зеленомошном невысока и по всем направлениям, кроме западного и восточного (хвоя у исследованных деревьев на этих направлениях практически отсутствует) составляет семь-девять лет. В целом, можно говорить о большей продолжительности жизни хвой ели на втором участке, чем на первом. По-видимому, эта разница обусловлена рядом особенностей экотопа, в частности, она может быть в какой-то мере обусловлена разницей в световом режиме. Сомкнутость крон древостоя на первом и втором участке 0.5 и 0.8 соответственно.

По данным многих исследований высокая продолжительность жизни хвой является показателем экологической чистоты территории [Ярмишко, 1990]. По нашим данным, продолжительность жизни хвой ели на Валааме составляет в среднем 9-12 лет, максимальная – 15 лет, при указываемой в литературе характерной продолжительности жизни для ели 11 лет [Онучин, Спицына, 1995].

### **Заключение**

В результате исследования было выявлено, что наиболее устойчивыми параметрами среди изученных являются: длина годового прироста ели, охвоенность побега, сухая масса и толщина хвой. Влияние яруса, условия экотопа и различия между разными годами прироста в большей степени обуславливают варьирование сухого веса и толщины хвой. Выявлено, что такие параметры, как охвоенность побега, длина годового прироста, насыщенность хвой влагой и удельная листовая поверхность хвоинки (УЛП) зависят очень незначительно от изученных экотопических и фитоценологических факторов и от года прироста. Вероятно, что данные параметры зависят от климатических характеристик года закладки хвоинок на побеге, воздействия соседних деревьев на изучаемой территории, особенностей популяции ели на Валааме, других неучтённых факторов.

Впервые установлены для Валаамского архипелага следующие значения параметров хвой ели: в Ельнике чернично-сфагново-зеленомошном при сомкнутости крон 0.8 – толщина хвой 0.5 мм, сухой вес восьми хвоинок 0.016 г; в Елово-сосняке разнотравно-вересково-зеленомошном при сомкнутости 0.5 - толщина хвой 0.59 мм, сухой вес восьми хвоинок 0.022 г. Эти различия подтверждаются и особенностями

возрастной структуры древостоя двух участков и разными средними оценками бонитета ели (Табл.2). В Ельнике чернично-сфагново-зеленомошном средняя жизненность ели выше. Данные характеристики хвои ели могут быть использованы как базовые при мониторинговых исследованиях в лесах Валаама.

Впервые получены значения продолжительности жизни хвои для ели на исследованной территории. Выявлено, что продолжительность жизни хвои ели на Валаамском архипелаге выше приводимых в литературе значений для других районов и составляет в среднем около 11, максимальная выявленная продолжительность жизни хвои составляет 15 лет.

### Выводы

1. В двух исследованных типах леса сухая масса и толщина хвои достоверно меньше в нижних ярусах древостоя, чем в верхних. Положение дерева в ярусе влияет на сухую массу и толщину хвои через различия в освещенности.
2. Экологические условия, в которых развиваются исследуемые сообщества, отражаются на изменении отобранных параметров хвои. На участке с сильно выраженным микрорельефом, с выходом скал, с более кислой и более бедной гумусом почвой в Елово-сосняке разнотравно-вересково-зеленомошном толщина и сухой вес хвоинки выше по сравнению с Ельником чернично-сфагново-зеленомошным, расположенным в пониженной центральной части архипелага.

### Литература

1. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем. — М.: Мир, 1988. — 348 с.
2. Вишнякова С.В. Лесоводственно-экологические особенности видов темнохвойных в посадках г.Екатеринбурга: автореф.дисс.-... канд.с.-х.наук. — Екатеринбург, 2009. — 23 с.
3. Ворончихина Е.А. Рекультивация нарушенных ландшафтов: теория, технологии, региональные аспекты. — Пермь, ЕНИ ПГУ, 2010. — 162 с.
4. Герасименко Г.Г., Комолова С.А. Сосновые леса Валаамского архипелага // Вестн. СПбГУ. 1993, Сер.3, вып.1, с. 45-55.
5. Герасименко Г.Г., Комолова С.А., Прошкина Ю.В. О развитии сосново-еловых лесов Валаамского архипелага // Бот.Журн. 1995, Т.80, №8, с. 19-28.
6. Дыренков С.А. Структура и динамика таёжных ельников. — Л.: Наука, 1984. — 176 с.
7. Ипатов В.С., Мирин Д.М. Описание фитоценоза. Методические рекомендации. — СПб., 2008. — 70 с.
8. Казимиров Н.И. Ельники Карелии. — Л.: Наука, 1971. — 140 с.
9. Кучко А.А. и др. Экосистемы Валаама и их охрана. — Петрозаводск: Карелия, 1989. — 199 с.
10. Лебедева Н.В., Комолова С.А. Мониторинг лесных участков на территории Валаамского архипелага: первый этап программы исследований. В Сб. Географическое изучение территориальных систем. Тез.докл. IV Всероссийской научно-практ. Конференции студентов, аспирантов и молодых учёных. Кн.1.- Пермь, 2010, с. 264-268.
11. Ловелиус Н.В. Дендроиндикация состояния хвойных на о.Валаам // Изв. Рус.геогр. о-ва. 1999, Т.131, вып.5, с.83-90.
12. Озолинчюс Р. Хвойные. Морфогенез и мониторинг. — Каунас, 1996. — 338 с.
13. Онучин А.А., Спицына Н.Т. Закономерности изменения массы хвои в хвойных древостоях // Лесоведение. 1995, №5, с. 48-58.
14. Степанова А.Б., Воякина Е.Ю. Современное состояние акватории Валаамского архипелага, Ладожское озеро. В Сб. Труды IV Международного симпозиума по Ладожскому озеру, 2-6 сентября 2002. — Великий Новгород-СПб., 2003, с.256-259.
15. Степанова А.Б., Шарафутдинова Г.Ф., Воякина Е.Ю. Гидрохимические особенности малых озёр о. Валаам // Учёные записки РГГМУ. 2010, №12, с. 97-110.

16. Сухарева Т.А., Лукина Н.В. Химический состав и морфометрические характеристики хвои ели сибирской на Кольском полуострове в процессе деградиационной сукцессии лесов // Лесоведение. 2004, №2, с. 36-43.
17. Теория и практика химического анализа почв /Л.А.Воробьёвой. – М., 2006. – 299 с.
18. Толмачёв А.И. К истории возникновения и развития темнохвойной тайги. – М.- Л., 1954. – 156 с.
19. Трескин П.П. Анализ структуры ассимиляционного аппарата кроны ели / Факторы регуляции экосистем еловых лесов. – Л.: Наука, 1983, с. 97-111.
20. Усольцев В.А. Биологическая продуктивность лесов Северной Евразии. Методы, база данных и её приложения. – Екатеринбург, 2007. – 635 с.
21. Уткин А.И., Ермолова Л.С., Уткина И.А. Площадь поверхности лесных растений: сущность, параметры, использование. – М.: Наука, 2008. – 291 с.
22. Фрей Д.М., Иваск М.М. Морфологическая изменчивость и калорийность хвоинок ели европейской вдоль годичного побега // Лесоведение. 1983, №, с.63-67.
23. Черненкова Т.В. Реакция лесной растительности на промышленное загрязнение. – М., 2002. – 191 с.
24. Ярмишко В.Т. Состояние ассимиляционного аппарата сосны / Влияние промышленного атмосферного загрязнения на сосновые леса Кольского полуострова., Л., 1990, с. 55-64.
25. Lehtio H., Junttilainen J., Jantunen M. Visible injuries and sulphur contents of the needles of *Pinus sylvestris* and *Picea abies* in the city of Kuopio and around two factories in Central Finland // Ann.Bot.Fennici. 1980, №17, p. 1-6.
26. Ots K., Indriksons A., Varnagiryte-Kabasinskiene I. at all. Changes in the canopies of *Pinus sylvestris* and *Picea abies* under alkaline dust impact in the industrial region of Northeast Estonia // Forest ecology and management. 2011, 262(2), p. 82-87.
27. Sutinen S. Structural changes in needle tissue of spruce trees from a damaged areas in southern Finland // Scand. J. For.Res. 1990, V.5, №3, p. 403-412.

Авторы выражают искреннюю благодарность к.б.н. Мирину Д.М. и к.б.н. Степановой А.Б. за всестороннюю поддержку и консультации при выполнении исследования.

*Т.Л. Харламова*

## МОНИТОРИНГ КАК ИНСТРУМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ МЕГАПОЛИСА

*T.L. Kharlamova*

## MONITORING AS AN INSTRUMENT OF CONTROL THE DEVELOPMENT OF THE MEGACITY

*В статье рассматриваются необходимость активного внедрения мониторинга в организацию процесса управления экономическим развитием мегаполиса. Представленные предложения по созданию целостной системы мониторинга позволяют обеспечить механизм формирования информационного общества с учетом возможностей, обусловленных процессом глобализации.*

*Ключевые слова: государственное управление, экономическое развитие, мегаполисы, мониторинг, информационные ресурсы.*

*The article considers the necessity of active implementation of monitoring. It presented in the process of economic development management of megacity. The proposals associated to the monitoring system provide the mechanism of constructing of the information society with the opportunities of globalization.*

*Key words: state management, economic development, megacities, monitoring, information resources.*

Новые реалии развития глобальной и национальной экономики диктуют необходимость трансформации государственного регулирования. В настоящее время мы являемся свидетелями поиска новой конструкции управления экономикой Европейского Сообщества. Сложные, и даже драматичные, процессы, которые сейчас происходят, оказывают воздействие не только на страны еврозоны, но и на всю мировую экономику.

Для Российской Федерации происходящее также очень важно, и не только из-за торгового партнерства со странами ЕС, но и в связи с формированием единого экономического пространства в рамках Таможенного Союза. Опыт европейских стран интересен для понимания общей конфигурации глобальной экономики. Речь идет о возрастании роли регулирования экономических процессов и явлений, особенно - если они воздействуют на важнейшие подсистемы экономики. В настоящее время такой подсистемой национальной экономики становятся мегаполисы. Рассматривая мегаполисы как субъекты глобализации, следует указать, что 60% мирового ВВП приходится всего

на 600 мегаполисов (так называемые, City 600). Из них 380 находятся в развитых странах и производят 50% мирового ВВП, в то время как 220 мегаполисов развивающихся стран (хотя правильнее их было бы называть крупными городами) – только 10% [2].

В 2009 г. компанией PriceWaterHouseCoopers было проведено исследование, касающееся роли мегаполисов - гиперобразований в мировой экономике. Рассматривались Нью-Йорк, Токио, Сингапур, Шанхай и другие города. Эксперты PriceWaterHouse сделали вывод о том, что роль мегаполисов в будущей мировой экономике будет усиливаться. В них будет концентрироваться наиболее активная творческая часть населения, и будущее мира - за такими гипергородами. В конце 2009 г. в Милане был создан, пока неформальный, клуб таких городов - экономических лидеров, который в будущем, возможно, станет определенным аналогом G20. Среди участников были и Москва, и Санкт-Петербург [4].

Процесс управления экономическим развитием мегаполисов имеет большое значение не только для национальной, но и для глобальной экономики. Его теоретическая основа в ряде положений пересекается с теориями регулирования национальной и мировой экономики, и это закономерно, поскольку мегаполис представляет собой экономически развитую часть национальной и мировой экономики [7, с. 159]. Это позволяет утверждать, что мегаполисы являются центрами роста экономики.

В этих условиях задача государственного управления сводится к определению форм согласованного действия многочисленных субъектов хозяйствования и обеспечению их интересов на всех уровнях национального хозяйства. Известно, что при плановых методах хозяйствования согласование осуществляется с помощью контрольных цифр, лимитов, директивных заданий и экономических нормативов. В рыночном хозяйстве экономические субъекты самостоятельно несут ответственность за результаты своей хозяйственной деятельности. Рынок направляет деятельность непосредственных производителей, а государство выполняет при этом функции регулирования рыночных отношений. Можно сказать, что в рыночной экономике государство регулирует функционирование рынка, а рынок регулирует деятельность хозяйствующих субъектов.

Под воздействием системы управления можно содействовать не только более быстрому развитию, но и переводу мегаполиса на инновационный тип развития, что особенно важно для Российской Федерации. Для организации практической управленческой работы следует понимать, что на различных этапах жизненного цикла мегаполиса цели развития могут трансформироваться, так же, как могут меняться задачи, инструменты и критерии оценки. Кроме того, большое влияние оказывает внешняя и внутренняя среда мегаполиса, а также опыт и знания людей, на которых обществом возложена функция управления мегаполисом, уровень их экономического и политического мышления. Все вместе это указывает на необходимость внедрения системы мониторинга в стратегическое управление мегаполисом.

Процесс управления – это, как известно, последовательное принятие решений. Некоторые из них при этом носят стратегический характер, другие – тактический и оперативный. Следовательно, управленческие действия требуют тщательного анализа всех сторон деятельности мегаполиса, а также изменений, которые происходят во внешней и внутренней среде. Это предполагает необходимость проведения мониторинга. Сегодня предлагается проводить мониторинг по следующим основным направлениям экономического развития и повседневной деятельности мегаполиса:

- производственный мониторинг как средство оценки эффективности внутренней среды хозяйственной деятельности субъектов, находящихся на территории мегаполиса;
- мониторинг информации, полученной в результате анализа внешней среды, для включения в стратегический и оперативный план развития мегаполиса;
- мониторинг инвестиций как средство оценки эффективности инвестиционных проектов (инвестиций) и развития бизнеса;
- финансовый мониторинг как средство оценки эффективности источников финансирования экономического развития мегаполиса;
- мониторинг инноваций и возможности их практического внедрения в деятельность предприятий, находящихся на территории мегаполиса.

Эти пять взаимосвязанных направлений мониторинга следует рассматривать как инструмент, благодаря использованию которого появляется возможность определения исходной точки в движении к реализации поставленной задачи - обеспечению устойчивого и долговременного экономического развития инновационного типа. По существу мониторинг ведет к конвергенции функций всей экономической деятельности с системой управления мегаполисом.

Вместе с тем, построение системы эффективного мониторинга предполагает наличие методических основ, вытекающих из задач, содержания самого процесса мониторинга и его места в системе управления инновационным развитием мегаполиса. Одновременно возникает необходимость в установлении определенного порядка взаимоотношений между функциональными подсистемами в рамках всей экономики мегаполиса. Функциональные действия, такие, как привлечение инвесторов, стимулирование инновационного развития бизнеса, управление финансами, подготовка кадров (система образования), стимулирование научной деятельности и т.д., оказывающая соответствующее воздействие на управляемый объект, требуют общей системы получения и использования исходной информации и обмена ею между различными структурными подразделениями администрации мегаполиса.

Проводимые в процессе мониторинга исследования всех элементов хозяйственной подсистемы мегаполиса обеспечивают выявление причин недостатков и получение совокупной информации для разработки, принятия и реализации управленческих решений. Таким образом, между мониторингом и эффективностью работы большинства подсистемных элементов мегаполиса существуют прямые и обратные связи. Прямые показывают, что мониторинг является начальным, или базовым, этапом таких элементов экономической системы, как планирование, организация, мотивация, учет, контроль, а обратные говорят о том, что мониторинг влияет на указанные элементы экономической системы и является средством выявления и устранения причин недостатков в них [1, с. 94].

Практика показывает, что только там, где построена целостная система мониторинга, имеют место устойчивые темпы роста заданного направления, хорошие финансовые показатели и высокий уровень конкурентоспособности, как на национальном, так и на глобальном рынке. И, наоборот: в большинстве случаев непосредственной причиной низких темпов экономического развития, и даже экономических трудностей, является либо отсутствие мониторинга, либо неумение проводить его

грамотно и полноценно. Поэтому организация мониторинга должна соответствовать требованиям научности и обоснованности распределения обязанностей и работ по его проведению между отдельными исполнителями и структурными подразделениями администрации мегаполиса.

Вместе с тем, организация и проведение мониторинга не сводится только к выполнению вышеперечисленных требований и условий. В ряде случаев необходимо чётко различать объекты и субъекты мониторинга. Для этого в рамках институтов, занимающихся аналитической работой, необходимо предусмотреть взаимозаменяемые и взаимодополняющие секторы инвестиционного, стратегического, оперативного, тактического, кадрового, финансового и др. видов мониторинга. Сегодня, как показывает наш анализ, в российских мегаполисах (да и не только в мегаполисах) каждый отдельный комитет или министерство проводит мониторинг, как правило, только для собственных нужд, далеко не всегда задумываясь о том, смогут ли воспользоваться его результатами другие субъекты исполнительной власти. Что же касается законодательных органов, то сегодня они практически лишены возможности получать информацию, которая необходима им для работы, и вынуждены пользоваться отдельными разрозненными данными.

Мониторинг должен проводиться не только для анализа текущего положения дел в экономике мегаполиса, но и для поиска неиспользованных резервов (потенциала), а также для разработки рекомендаций и методик более детального анализа. Это столь же важно и для бизнеса. Предприниматели на основе мониторинга могут принимать более эффективные управленческие решения, своевременно осуществляя доведение их до конкретных исполнителей и организуя тщательное наблюдение за процессом их реализации [8, с. 39].

В этой связи представляет не только теоретический, но и практический интерес методика организации мониторинга. Предлагаемая методика базируется на выполнении следующих основных действий:

1. Разработка эффективной модели, обеспечивающей развитие мониторинга;
2. Анализ факторов, негативно и позитивно влияющих на формирование системы мониторинга;
3. Формирование действенной организационной системы мониторинга;
4. Сбор и обработка результатов мониторинговых исследований;
5. Обобщение полученных данных по результатам мониторинга для выявления тенденций в исследуемых процессах и явлениях;
6. Подготовка соответствующей методической документации по организации и проведению мониторинга;
7. Определение персонального состава из числа специалистов и руководителей, способных проводить организационно-методические мероприятия в соответствии с методологией и концепцией развития мониторинга.

На основе указанных действий процессы или показатели, определяемые к исследованию, должны оцениваться в начальном периоде/этапе и в интересующий период времени. Также должно рассматриваться определенное прогнозное (целевое) значение, которого они могут достичь в результате управляемых и неуправляемых воздействий со стороны администрации мегаполиса. Кроме того, если это возможно,

оцениваемым процессам следует присваивать промежуточные по времени реализации цикла мониторинга значения (например, подекадные, ежемесячные или ежеквартальные и т.д.). Эти показатели могут приобретать разные веса (баллы) - от нуля до единицы - в зависимости от их значимости для принимаемых решений.

На получение результатов и оценку их эффективности оказывает влияние и то, каким образом построена система мониторинга. В результате проведенного исследования предлагается механизм, который представляет собой совокупность процессов, определяющих порядок организации мониторинга. Их предлагается объединить в пять этапов.

*Этап первый.* Производится обоснование, на основе которого принимается решение о внедрении системы мониторинга. Анализ отечественной и зарубежной практики показал, что благоприятным моментом для начала построения этой системы является появление хотя бы слабых сигналов о возможных рисках для перспектив успешного функционирования системы.

Базовыми факторами, формирующими основу для создания системы мониторинга, выступают:

- неудовлетворительная согласованность различных задач;
- устаревшие, не удовлетворяющие современные требования, методы планирования;
- снижение экономических показателей до уровня, близкого к критическому;
- отсутствие методик учета и анализа, что приводит к недостатку аналитической информации при подготовке и принятии управленческих решений;
- появление новых задач и корректировка цели в сложившихся условиях работы экономики мегаполиса;
- неудовлетворительная координация между отделами/комитетами/министерствами;
- дублирование или отсутствие некоторых функций, наличие конфликтных ситуаций при их выполнении.

*Этап второй.* Модернизация системы управленческого учета. Система управленческого учета является центральным источником информации для проведения внутреннего мониторинга. Она должна быть организована таким образом, чтобы сотрудники, занимающиеся мониторингом, могли оперативно получать полную и достоверную информацию, необходимую для реализации функций анализа.

*Этап третий.* Осуществляется диагностика действующих в настоящее время в мегаполисе элементов и/или инструментов мониторинга, а также систематизация требований к ее реализации. После принятия решения о внедрении полноценной системы мониторинга необходимо провести анализ существующих компонентов: учета, системы информации (информационного обеспечения), контроля, планирования.

На основе результатов проведенной диагностики систематизируются основные проблемы и требования к постановке системы мониторинга, а также факторы, ограничивающие полноценную организацию системы мониторинга.

*Этап четвертый.* Разработка организационной модели и методических рекомендаций по проведению мониторинга, которая позволяет определить его внутреннее содержание, взаимосвязь элементов и принципы их функционирования. Использование системного подхода предопределило процесс формирования системы мониторинга по следующим четырем аспектам:

1. Функциональный аспект:
  - с помощью декомпозиции общей цели определяется цель создания системы мониторинга;
  - определяются задачи, решаемые с помощью мониторинга.
2. Структурный и организационный аспект:
  - определяется внутреннее строение отделов в структуре администрации мегаполиса, сотрудники которых занимаются мониторингом.
  - определяется схема подчинения и ответственность сотрудников, занимающихся проведением мониторинга, за его своевременность и качество.
  - формируются пакеты внутренних документов, регламентирующих функционирование мониторинга.
3. Элементный аспект:
  - в зависимости от возложенных функциональных обязанностей формируются требования и полномочия работника;
  - на основе функционального построения определяется необходимое количество сотрудников, которые будут заниматься мониторингом;
  - однородные по содержанию функции закрепляются за конкретными сотрудниками.
4. Методический аспект:
  - определение основных методов и инструментов реализации сформулированных задач;
  - выбор способа автоматизации получения, обработки и представления информации;
  - адаптация известных или общепринятых методов мониторинга к специфике данного мегаполиса и механизму его инновационного развития.

В связи с этим следует детально рассмотреть используемые информационные ресурсы. В данном случае они должны быть работающими, вовлеченными в хозяйственную деятельность и обеспечивающими получение информации для принятия управленческих решений. Это предполагает классификацию информационных ресурсов.

В Законе Российской Федерации «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» информационные ресурсы разделены по степени доступности для пользователей и форме собственности. Такая классификация указывает на многогранность и многоаспектность информационных ресурсов, однако, не отражает их состава, следовательно, не позволяет определить, кто и как должен вести их учет и управлять ими [3].

Анализ научной литературы позволяет выявить следующие группы информационных ресурсов:

- по способу получения;
- по отражению реалий внешней среды:
  - а) информационно-деятельные (виртуальные аналоги реальных действий);
  - б) информационно-содержательные (традиционные);
- по возможности автоматизированной обработки;
- по роли в управленческом процессе [6, с.12].

Кроме того, информационные ресурсы следует классифицировать, выделяя среди них учитываемые и неучитываемые при подготовке и принятии управленческих решений. Такая классификация вытекает из положения о том, что информационные ресурсы есть знание. Выделение этих двух составляющих основано на том, что знания могут быть выражены вербально и математически, а также существуют знания, которые плохо поддаются формализации.

По мнению автора, представленная здесь классификация информационных ресурсов позволяет с различных позиций отразить их состав, а также возможность учета всех элементов для решения практических задач управления инновационным развитием мегаполисом.

Отражением внешнего проявления информационных ресурсов являются их функции. Исходя из анализа научной литературы по этому вопросу, следует утверждать, что этот вопрос в ней представлен недостаточно полно. Однако удалось выявить, что на сегодняшний день достаточно детально представлена характеристика документов и их деление на общие и специальные, а также на управленческие, учетные, коммуникативные, социальные и культурные.

Исходя из того, что в экономике не существует однозначных процессов и явлений, укажем на наличие факторов, тормозящих процесс вовлечения информационных ресурсов в управленческую деятельность и снижающих скорость принятия управленческих решений.

Во-первых, сегодня имеют место незначительные темпы роста процессов информатизации в большинстве хозяйствующих субъектов (особенно - малого и среднего бизнеса). Несмотря на рост числа персональных компьютеров в расчете на 100 сотрудников, обеспеченность ими в нашей стране намного ниже, чем в ведущих зарубежных странах [5, с. 166].

Во-вторых, продолжается рост информационной нагрузки на персонал. Наличие огромного объема информации и источников ее получения в расчете на одного сотрудника может вызывать психологический эффект противодействия и неэффективное использование получаемой информации. Вследствие этого снижается эффективность использования информационных ресурсов, оцениваемая как доля фактически использованной информации к общему объему, которым располагает сотрудник/сотрудники.

В-третьих, уровень информационной грамотности персонала. Под информационно грамотным человеком понимают личность, способную выявить, оценить, разместить информацию и эффективно использовать ее на практике.

В целях совершенствования управления предлагается дополнить организацию и ведение практической деятельности новым методом создания и осуществления организационно-технического процесса, который формируется в режиме реального времени, проверяется на эффективность и корректируется по мере необходимости. Реализовать эту идею в традиционной линейно-функциональной системе управления не представляется возможным, поэтому используется объектно-функциональное (ОФ) управление.

Для полноценного функционирования системы мониторинга необходимо, в дополнение к представленным выше рекомендациям, создать в каждом департаменте/комитете/министерстве администрации мегаполиса центры мониторинга (ЦМ). Реализация этого предложения связана с проблемой распределения функций между исполнителями, ответственными за получение, хранение, передачу и использование информации.

ЦМ должны быть технически связаны с аналитическим центром, т.е. иметь блоки входной (передача информации) и выходной (получение информации) связи. Результатом функционирования ЦМ должно быть получение в режиме реального времени необходимой управленческой информации.

ЦМ может иметь один или несколько центров ответственности (ЦО) за получение информации и ее мониторинг. При проектировании ЦМ определяются регламенты передачи информации, нормы контроля исполнения отдельных этапов, а также специфика прохождения всех информационных потоков. При построении сети должны быть предусмотрены гибкость вариантов и порядок настройки для разработки и принятия управленческих решений.

Предлагаемый метод заключается в использовании во всех ЦМ унифицированного модуля. Этот модуль может настраиваться на входные и выходные параметры, механизмы передачи данных и управления на любой из выбранных центров ответственности. Унифицированный модуль включается в каждый ЦО для действующих организационно-технических процессов. Результатом функционирования этого модуля должен стать поиск информации в хранилище данных, либо поиск ЦО достаточной компетентности, где возможно получение требуемой информации в процессе мониторинга. Структура организационно-технического процесса формируется в зависимости от времени его исполнения. Состав модуля включает три подсистемы:

- 1) Подсистему описания объекта управления;
- 2) Подсистему описания контроля исполнения организационно-технического процесса;
- 3) Подсистему аналитической обработки данных.

Компоненты иерархической структуры управления определяются составом входящих в нее звеньев, ступеней и характера связей. На высшем уровне формализуются цели, поставленные перед всей системой управления, затем - выполняемые функции и задачи управления, которые могут быть детализированы до отдельных организационно-технических процессов.

Для осуществления организационно-технического процесса выбирается организационная иерархическая структура, на которую накладываются функциональные связи и информационные потоки, сопровождающие организационно-технический процесс. Иерархия ролей и ограничений позволяет смоделировать взаимодействие мониторинга и контроля доступа к различным экономическим ресурсам.

Особенность сетевой структуры организационно-технического процесса заключается в том, что она формируется в момент ее использования, поэтому и алгоритм ее создания и исполнения является рекурсивным. Исходные данные для этого алгоритма представляют собой массивы информационных объектов хранения данных, правила работы с информационным объектом и нормативные значения показателей.

Автором предлагается уточнение технологии разработки системы мониторинга на уровне мегаполиса. Она должна проектироваться именно в виде сети и иметь соответствующую структуру. Исходным здесь должно стать определение организационной структуры экономики мегаполиса и действующей структуры исполнительных органов власти, на основе которой будет строиться система мониторинга. Ее роль в организационной структуре управления определяет уровень доступа и режим работы с информацией.

Каждый этап проектируемого процесса является центром ответственности за информационный ресурс и формирует элемент/подсистему организационной структуры, для которой необходимо выбрать соответствующий информационный объект мониторинга. Также необходимо задать критерий оценки исполнения каждого из этапов при проведении мониторинга. При проектировании определяются регламенты передачи информации, нормы контроля исполнения отдельных этапов, специфика прохождения всех информационных потоков.

На каждом из этапов процесса мониторинга присутствуют информационные ресурсы, которые должны быть представлены информационными объектами, их структурой и наполнением. Каждый информационный объект - это отражение какой-либо реальной сущности того или иного исследуемого процесса. Для его описания и характеристики применяются три метода: временной, числовой и символьный. Все остальные представляют собой производные от этих методов.

Следует отметить аналитическую функцию, которую выполняет мониторинг. Обработка массива данных и представление ее результатов пользователю является одной из основных функций систем оперативного анализа данных в рамках мониторинга развития мегаполиса. Кроме того, модуль поддерживает обработку информации. Это дает возможность сочетать методы обработки каждого информационного объекта с групповыми операциями, что существенно повышает гибкость всей системы обработки данных.

Таким образом, предлагаемая к использованию система мониторинга будет способствовать разработке, принятию и исполнению решений, направленных на достижение устойчивого и эффективного инновационного развития мегаполиса. Одновременно это создает предпосылки для построения единой информационной среды качественного управления хозяйственной системой, не только мегаполиса, регионов, но и страны в целом. Использование предложенных в данной статье теоретических и методических рекомендаций позволит обеспечить решение общей задачи, направленной на устойчивое и долговременное экономическое развитие мегаполиса инновационного типа.

### Литература

1. *Аралбаева Г.Г.* Мониторинг как инструмент исследования региональной социально-экономической системы. // Вестник экономической интеграции. – 2008. – № 5. – с. 91-99.
2. *Галицких М.* Большие города // Ведомости, 2006, 25 декабря. – с. 3.
3. Закон Российской Федерации от 27.07.2006 № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации».
4. Новая цифровая экономика: как она преобразит бизнес / PriceWaterHouseCoopers / [http://www.pwc.ru/ru/technology/publications/The\\_New\\_Digital\\_Economy\\_june2011.jhtml](http://www.pwc.ru/ru/technology/publications/The_New_Digital_Economy_june2011.jhtml).
5. Регионы России. Социально-экономические показатели. Статистический сборник. М.: Федеральная служба государственной статистики, 2010. – 749 с.
6. *Сляднева Н.А.* Информационные ресурсы в информационном обществе: онтологический статус и методология // Информационные ресурсы России. – 2009. – №1. – с. 8-14.
7. *Харламова Т.Л.* Государственное управление процессом экономического развития в условиях глобализации // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. – 2011. – № 19. – с. 158-163.
8. *Харламова Т.Л.* Возможности гармонизации взаимоотношений между предпринимателями и государством // Известия Санкт-Петербургского университета экономики и финансов. – 2011. – № 4. – с. 37-41.

*Е.Е. Петрова*

## ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ

*Е.Е. Petrova*

### ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC ANALYSIS OF INVESTMENT PROJECTS

*В работе дается критика показателей Методических рекомендаций по оценке эффективности инвестиционных проектов и временной типовой методики определения экономической эффективности природоохранных мероприятий и оценки экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды. Предлагается учитывать эколого-экономические показатели при расчете эффективности инвестиционных проектов.*

*Ключевые слова: инвестиционный проект, эколого-экономические показатели; природоохранные мероприятия; экономическая эффективность инвестиционных проектов*

*The paper presents a review of indicators of the Methodical recommendations for the evaluation of efficiency of investment projects and the Temporary typical methodology for the determination of the economic efficiency of environmental protection measures and the assessment of economic damage caused to the national economy by environmental pollution. It is proposed to take into account the environmental and economic indicators when calculating the efficiency of investment projects.*

*Keywords: investment project, environmental and economic indicators; environmental protection measures; economic efficiency of investment projects*

В настоящее время при анализе эффективности Инвестиционных Проектов необходимо учитывать влияние проектов на окружающую среду. Этот важный момент отражается во многих официальных документах. Так, например, в правилах отбора инвестиционных проектов и принципов для предоставления государственных гарантий РФ по кредитам либо облигационным займам, привлекаемым на осуществление инвестиционных проектов, подчеркивается, что структура инвестиционного меморандума проекта должна включать в себя методы контроля воздействия проекта на окружающую среду, соответствие проекта законодательству РФ об охране окружающей среды. Эти методы заключаются в описании технических характеристик проекта, связанных с воздействием на окружающую среду, соответствующих требованиям как местного и регионального, так и федерального законодательства об охране окружающей среды; перечислении экологических преимуществ реализации проекта и экологических рисков проекта с указанием мероприятий, направленных на управление такими рисками и на их снижение; детальном отражении преимуществ и рисков в оценке воздействия проекта на окружающую среду, соответствующей как российским, так и международным критериям и проводимой организацией, имеющей опыт подобных исследований;

кратком описании результатов всех исследований, проведенных по требованию международных финансовых организаций (в случае участия в финансировании проекта международных финансовых организаций или предъявления дополнительных требований к процедуре оценки воздействия проекта на окружающую среду).

Каждый проект изменяет социально-экономическую среду, в которой его реализуют. Нельзя согласиться с тем утверждением, что все решения определяет только доходность инвестиций и риск. Во взаимодействии проекта с различными компонентами среды проявляются его наиболее сильные и слабые стороны, которые определяют и возможность реализации в целом. Часто прогнозируемые негативные экологические или социальные последствия делают невозможным реализацию проекта, несмотря на его выгоду.

Экологические результаты характеризуют важнейшие требования безопасности и современных инвестиционных проектов и их влияние на оздоровление окружающей среды. Современная экономика становится все более зависящей от экологических норм и ограничений, экологически ориентированной.

В настоящее время основным документом, определяющим порядок расчета эффективности инвестиционных проектов, являются Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (вторая редакция). В этом документе говорится о необходимости учета влияния инвестиционных проектов на окружающую среду. Например, при оценке эффективности общественно значимых ИП в проектных материалах рекомендуется приводить дополнительную информацию, содержащую описание количественного или качественного эффекта от реализации проекта для народного хозяйства: об изменении доходности существующих и о возможности создания новых производств за счет появления новой продукции, об изменениях *в области экологии и в социальной сфере* и др.

В расчетах эффективности рекомендуется учитывать также влияние реализации проекта на деятельность сторонних предприятий и населения, в том числе - воздействие осуществления проекта *на здоровье населения*.

При расчете показателей общественной эффективности - в денежных потоках рекомендуется отражать (при наличии информации) стоимостную оценку последствий осуществления данного проекта в других отраслях народного хозяйства, в *социальной и экологической сферах*.

В денежных потоках от инвестиционной деятельности рекомендуется учитывать - затраты, связанные с прекращением проекта (например, *на восстановление окружающей среды*).

Затем отмечается, что показатели общественной эффективности проекта могут существенно отличаться от показателей его коммерческой эффективности и, взятые без учета внешних (*экологических, социальных* и прочих) эффектов, как правило, превышают последние. Однако с учетом последствий *экологического и социального характера* соотношения между величинами общественной и коммерческой эффективности могут изменяться.

Далее подчеркивается, что показатели региональной эффективности отражают финансовую эффективность проекта с точки зрения соответствующего региона с учетом влияния реализации проекта на предприятия региона, *социальную и экологическую обстановку в регионе*, доходы и расходы регионального бюджета. В случае

когда в качестве региона рассматривается страна в целом, эти показатели именуются также показателями *народнохозяйственной эффективности*.

Расчет ведется аналогично расчету общественной эффективности, но при этом - дополнительный эффект в смежных отраслях народного хозяйства, а также *социальные и экологические эффекты* учитываются только в рамках данного региона.

Общественная значимость (масштаб) проекта в методических рекомендациях определяется влиянием результатов его реализации на хотя бы один из (внутренних или внешних) рынков: финансовых, продуктов и услуг, труда и т.д., а также на *экологическую* и социальную обстановку.

В зависимости от значимости (масштаба) проекты рекомендуется подразделять:

- на глобальные, реализация которых существенно влияет на экономическую, социальную или *экологическую* ситуацию на Земле;
- народнохозяйственные, реализация которых существенно влияет на экономическую, социальную или *экологическую* ситуацию в стране, и при их оценке можно ограничиться учетом только этого влияния;
- крупномасштабные, реализация которых существенно влияет на экономическую, социальную или *экологическую* ситуацию в отдельных регионах или отраслях страны, и при их оценке можно не учитывать влияние этих проектов на ситуацию в других регионах или отраслях;
- локальные, реализация которых не оказывает существенного влияния на экономическую, социальную и *экологическую* ситуацию в регионе и не изменяет уровень и структуру цен на товарных рынках.

Из приведенных цитат видно, что довольно часто в методических рекомендациях упоминается о необходимости учета влияния экологических и социальных эффектов, но порядок их расчета не отражен.

Из вышесказанного следует, что в Методических рекомендациях подчеркивается важность учета экологических последствий осуществления инвестиционного проекта, рекомендуется осуществлять их в количественном выражении, а в случае когда это невозможно, использовать экспертные оценки; также отражается необходимость учета воздействия проекта на здоровье населения.

В рекомендациях отсутствует методика расчета экологических последствий (ни в количественном выражении, ни экспертно); не включены экологические факторы и в расчеты показателей эффективности ИП.

В результате можно сделать вывод о необходимости исследований в области расчета влияния экологических факторов на инвестиционные проекты.

Основным руководящим инструментом, в соответствии с которым должны проводиться оценки природоохранных мероприятий, является «Временная типовая методика определения экономической эффективности природоохранных мероприятий и оценки экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды» [1]. Согласно этому документу при оценке эффективности природоохранных мероприятий учитываются такие факторы, как размеры капитальных вложений и эксплуатационных затрат, а также величины предотвращенного ущерба окружающей среде и размеры дополнительного дохода, который получен в результате проведения природоохранных мероприятий.

Экономическое обоснование природоохранных мероприятий требует возможно более полного учета последствий его реализации (различных их вариантов), затрат, связанных с их проведением, а также учет фактора времени. При обосновании природоохранных мероприятий экономический эффект сопоставляется с затратами на его осуществление. При этом используются показатели абсолютной и относительной эффективности.

К положительным моментам при использовании данной методики можно отнести комплексность рассмотрения результатов проводимых мероприятий. Это достигается благодаря использованию в качестве основного критерия для оценки результатов природоохранных мероприятий величины предотвращенного экономического ущерба.

Однако данная методика имеет и недостатки. К основным из них можно отнести значительную укрупненность оценок, сложности в учете фактора времени (учете инфляции), сложности учета отдаленных последствий различных негативных воздействий на окружающую среду. К недостаткам методики следует отнести и то обстоятельство, что показатели эффективности рассчитываются по устаревшей методике. Так, например, затраты на проведение природоохранных мероприятий рассчитываются как сумма величины годовых эксплуатационных затрат и величины капитальных вложений, умноженных на нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений.

В качестве эффекта от проведения природоохранных мероприятий может рассматриваться не только значение предотвращенного ущерба. Также можно использовать сокращение размеров платежей за загрязнение окружающей среды. В отличие от показателя ущерба это реальные денежные суммы, которые любое предприятие обязано вносить, оказывая негативное воздействие на окружающую среду.

По сравнению с показателем предотвращенного экологического ущерба показатель сокращения платежей за загрязнение является менее комплексной характеристикой (еще более укрупнено отражает особенности воздействия на компоненты окружающей среды). Однако именно сокращение размеров платежей может реально отражаться на финансовом состоянии предприятия.

С течением времени вложения и результаты деятельности имеют неравную ценность для хозяйственного субъекта. В связи с этим при необходимости оценки вложений и результатов деятельности в разные годы анализируемого периода в методических рекомендациях по оценке эффективности инвестиционных проектов предлагается осуществлять метод дисконтирования – приведения разновременных затрат (а также и результатов) к определенному (единому) моменту времени.

При расчете показателей экономической эффективности инвестиционных проектов метод дисконтирования применяется широко, однако использовать его следует с осторожностью вследствие ряда причин.

Методология дисконтирования дезориентирует инвесторов и разработчиков проектов, ведет к принятию ими неэффективных и ошибочных инвестиционных решений, вызывающих кризисы, нестабильность и массовые банкротства. В результате ее широкого и массового применения в мире вместо опоры на более надежные секторы реального производства произошло повсеместное диспропорциональное перераспределение инвестиций в сферы рискованных операций с краткосрочными ценными бумагами. Вложения в реальные производства намного надежнее и выгод-

нее операций с ценными бумагами инвесторов. Методы дисконтирования ведут к ошибкам в принятии инвесторами решений, искажают (как правило, резко занижая) реальную оценку эффективности инвестиционных проектов. Применять метод дисконтирования при расчете показателей эффективности следует очень осторожно, используя низкую ставку дисконта. Результаты эколого-экономического анализа должны использоваться при анализе и оценке инвестиционных проектов (в том числе и экологических). Экологический анализ инвестиционного проекта сопровождается финансовым анализом на основе оценок проектно-балансовых ведомостей, отчетов о финансовых результатах, таблиц движения денежных средств и др.

В качестве основных источников информации для эколого-экономического анализа следует назвать сведения первичного учета и статистической отчетности предприятий в области природопользования, а также сведения бухгалтерского учета и отчетности. На основе первичной перечисленной информации для дальнейших исследований должны быть сформированы показатели, которые позволяют наиболее полно и адекватно охарактеризовать инвестиционный проект с эколого-экономических позиций. Основные требования к показателям – актуальность, комплексность, достоверность, достаточная простота расчета.

В результате чего формируется система показателей – набор характеристик, отражающих различные аспекты деятельности предприятия. Система показателей также должна соответствовать ряду требований: соответствию сущности задачи, полноте (наиболее полное представление свойств анализируемого объекта), измеримости.

Под экологизацией инвестиционного процесса понимается неуклонное и последовательное внедрение технических, технологических, организационных мероприятий, позволяющих повышать эффективность использования природных ресурсов (земли, воды, топлива, энергии, минерального сырья и др.), сокращать их потребление на единицу выпускаемой продукции, уменьшая при этом загрязнение окружающей природной среды выбросами, стоками, отходами, физическими излучениями.

Оценка природоемкости и экологичности инвестиционного проекта производится по показателям общего и удельного (отнесенного к единице продукции или прибыли) природопользования и загрязнения природных комплексов выбросами, стоками, отходами, физическими излучениями. В самом общем виде *эта система* показателей распадается на пять групп специальных индикаторов, характеризующих показатели природопользования и экологичности инвестиционного проекта: - ресурсоемкость; - землеемкость; - энергоемкость; - ущербоемкость; - отходоемкость.

Показатель удельного потребления природных ресурсов (ресурсоемкость) рассчитывается как отношение расхода определенного вида ресурсов на производство продукции к объему валовой продукции:

$$R_{\text{пр}} = \frac{B_{\text{п}}}{P}, \quad (1)$$

где  $R_{\text{пр}}$  - удельное потребление данного вида природного ресурса на единицу готовой продукции для большинства видов готовой продукции имеет нормативный характер, (т/т, т/шт. и т.д.);  $B_{\text{п}}$  - расход данного вида ресурсов на производство продукции, (г, кг, т и др.);  $P$  – объем валовой продукции, (т, шт, м и т.д.).

Степень извлечения полезных компонентов из природного сырья в процентах рассчитывается как отношение числа компонентов, извлеченных из природного сырья к числу компонентов, содержащихся в нем:

$$C_{\text{и}} = \frac{K_{\text{и}}}{K_{\text{п}}}, \quad (2)$$

где  $K_{\text{и}}$  и  $K_{\text{п}}$  - соответственно число компонентов, извлеченных из природного сырья и содержащихся в нем.

С учетом ценности извлекаемых компонентов приведенная формула преобразуется в следующий вид:

$$C_{\text{и}} = \frac{\sum_{i=1}^m K_i P_i}{\sum_{i=1}^n K_i P_i}, \quad (3)$$

где  $K_i$  - компоненты, извлекаемые из сырья;  $P_i$  - ценность полезного компонента в сырье;  $n$  и  $m$  - число полезных компонент, соответственно содержащихся в сырье и извлекаемых из него.

Показатель выхода конечной продукции на единицу природного ресурса определяется соотношением объема валовой продукции к базовому природному ресурсу, используемому для производства основного продукта:

$$П_{\text{в}} = \frac{Д_{\text{п}}}{P_{\text{п}}}, \quad (4)$$

где  $Д_{\text{п}}$  - объем валовой продукции, (т, шт.);  $P_{\text{п}}$  - базовый природный ресурс, используемый для производства основного продукта.

Показатель степени восстановления (воспроизводства) природных ресурсов, которые изменены за счет антропогенного воздействия, рассчитывается путем соотношения числа восстановленных ресурсов к общему числу природных ресурсов, подвергающихся воздействию:

$$C_{\text{в}} = \frac{P_{\text{в}}}{P_{\text{а}}}, \quad (5)$$

где  $P_{\text{в}}$  - число восстановленных ресурсов;  $P_{\text{а}}$  - общее число природных ресурсов, подвергающихся воздействию.

Показатель экономии первичных природных ресурсов на основе применения технологий рассчитывается как разность между объемом потребляемых ресурсов при базисной технологии и базисном уровне использования вторичных ресурсов и между объемом потребления ресурсов при использовании новой (малоотходной) технологии и дополнительном вовлечении вторичных ресурсов:

$$P_{\text{э}} = P_1 - P_2, \quad (6)$$

где  $P_1$  - объем потребляемых ресурсов при базисной технологии и базисном уровне использования вторичных ресурсов;  $P_2$  - объем потребления ресурсов при использовании новой (малоотходной) технологии и дополнительном вовлечении вторичных ресурсов.

Показатель землеемкости производства актуален на глобальном, региональном, а также локальном уровнях в некоторых отраслях промышленности, например, в горнодобывающей, вследствие больших объемов изымаемых из пользования земель. Кроме того, показателем получения полезной продукции в ц/га пользуются в сельском хозяйстве (урожайность) и в лесной отрасли (запасы отдельных видов древесины). Также показатель землеемкости становится актуальным в связи с проводимыми преобразованиями и введением денежной оценки земельных ресурсов, ренты и налога. Он определяется отношением земельной площади, занимаемой производством, комплексом или отраслью к объему продукции:

$$З = \frac{S}{V_{\text{пр}}}, \quad (7)$$

где  $S$  - земельная площадь, занимаемая производством, комплексом или отраслью;  $V_{\text{пр}}$  - объем продукции.

Аналогично показателю землеемкости рассчитывается энергоемкость как отношение объемов затрачиваемой энергии к объемам производства. Такие расчеты проводятся как в натуральных показателях (кВт/т, шт.), так и в денежном выражении с учетом меняющейся стоимости электроэнергии.

Кроме перечисленных показателей экологичности используют оценки экономических ущербов компонентам окружающей среды и результирующий, удельный экономический ущерб, приходящийся на 1 т конечной продукции (ущербоемкость):

$$У = \frac{Y_{\text{общ}}}{(MT)}, \quad (8)$$

где  $M$  – производственная мощность предприятия, т/год;  $T$  – время существования предприятий (годы).

Иногда удельный ущерб оценивается по отношению к прибыли или величине оборотных средств производства. Рассматриваемая величина общего ущерба складывается из ущербов, наносимых производством атмосфере, водным объектам (поверхностным и подземным), земельным, лесным ресурсам, недрам (руб.). Кроме того, рассчитываются экономические ущербы, наносимые здоровью, различным отраслям промышленности и транспорта, сельскому, рыбному, жилищно-коммунальному хозяйству, рекреационным ресурсам и др.

Отходоёмкость производства ( $Q_{\text{пр}}$ ) в общем случае определяется отношением объема образующихся отходов ( $V_{\text{отх}}$ ) к существующему объему производств ( $V_{\text{пр}}$ ):

$$Q_{\text{пр}} = \frac{V_{\text{отх}}}{V_{\text{пр}}}. \quad (9)$$

Вышеуказанные показатели экологичности должны учитываться при расчете эффективности инвестиционных проектов. Они позволят учесть влияние экологических факторов при проектировании производства, обогатят методику анализа инвестиционных проектов. Такое развитие исследований перспективно и имеет важное значение для научного обоснования методов управления инвестиционными проектами по критериям эффективности.

### ***Литература***

1. Временная типовая методика определения экономической эффективности природоохранных мероприятий и оценки экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды. – М.: Экономика, 1986. – 210 с.
2. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (вторая редакция). Официальное издание. Утверждено Министерством экономики РФ, Министерством финансов РФ, Государственным комитетом РФ по строительной, архитектурной и жилищной политике № ВК 477 от 21.06.1999 г. – М.: Экономика, 2000. – 421 с.
3. Правила отбора инвестиционных проектов и принципалов для предоставления государственных гарантий Российской Федерации по кредитам либо облигационным займам, привлекаемым на осуществление инвестиционных проектов. Утверждены Постановлением Правительства Российской Федерации от 14 декабря 2010 г. № 1016.
4. Экономика природопользования. Практикум: Учебное пособие / М.М. Редина, А.П. Хаустов. – М.: Высшая школа, 2006. – 271 с.

# ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

*В.М. Шаймарданов, П.С. Лобачев*

## МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ЕСИМО

*V.M. Shaymardanov, P.S. Lobachev*

## MONITORING THE STATE OF THE ELEMENTS OF THE INFORMATION SYSTEM ESIMO

*Разработка и развитие информационных технологий во ВНИИГМИ-МЦД привело к созданию разветвленной и сложной инфраструктуры телекоммуникаций на базе не однородного оборудования, которая связывает различные информационные системы (ЕСИМО, Claware, Омега и т.д.). Для обеспечения непрерывного функционирования информационных систем необходимо иметь доступ к информации о статусе всех элементов ИТ-инфраструктуры. Это требуется для отслеживания их состояния, с целью устранения неисправности в кратчайшие сроки. В этих условиях задача мониторинга состояния элементов ИТ-инфраструктуры выходит на первый план.*

*Ключевые слова: информационные технологии, ЕСИМО, мониторинг.*

*Elaboration and development of information technologies in RIIHMI-WDC has led to the creation of a branched and complex telecommunication infrastructure based on non-uniform equipment connecting various information systems (ESIMO, Claware, Omega, etc.). To ensure continuous functioning of information systems an access is needed to information about the status of all IT infrastructure elements. It is needed to monitor their state in order to correct faults as soon as possible. Under these circumstances, the task of monitoring of IT infrastructure elements comes to the fore*

*Key words: Information technologies, ESIMO, monitoring*

Одна из основных и приоритетных задач возлагаемых на Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных (ВНИИГМИ-МЦД) - это сбор, архивация и долговременное хранение глобальных данных гидрометеорологических наблюдений и продукции, полученной на их основе, а также обслуживание потребителей этой информацией. Для выполнения этих задач разработаны соответствующие системы, обеспечивающие:

- сбор, обработку, архивацию, бессрочное хранение и пополнение данными наблюдений, по возможности, со всего земного шара, включая акваторию мирового океана, диагностической и прогностической продукцией различного временного и пространственного разрешения и заблаговременности;
- ведение и постоянное обновление каталогов информационных ресурсов, массивов баз данных и продукции, их предоставление по запросам;
- подготовку и распространение на регулярной основе необходимой, в соответствии с регламентом, информационной продукции, в том числе, относящейся к климату;

Обеспечение этих задач невозможно без хорошо развитой инфраструктуры телекоммуникаций, которую на сегодняшний день составляет транспортная корпоративная компьютерная среда. Она выполняет функции передачи пакетов данных и информации по протоколам TCP/IP между пользователями с помощью, например, следующих систем:

- системой Omega, которая обеспечивает сбор и обработку оперативных данных наблюдения с каналов связи;
- единой системы информации в мировом океане (ЕСИМО), используемой для представления и обслуживания океанографической информацией с использованием web-технологий;
- системой Cliware, обеспечивающей управление оперативными и климатическими гидрометеорологическими данными и производящей обслуживание на их основе;
- архивной системой хранения данных метеорологических сводок и наблюдений;
- сетевых услуг (MAIL, WWW, FTP-серверы, серверы обработки данных).

На сегодняшний день инфраструктуру телекоммуникаций, в основном, составляют коммутаторы CISCO серии 28XX, 29XX, 36XX, а так же оборудование фирмы 3com, StoneSoft, IBM и др. **Вследствие большой разветвленности и сложности инфраструктуры** основной проблемой становится недостаточный уровень контроля и управления для своевременного обнаружения и устранения сбоев.

Опыт развития информационной инфраструктуры крупных отечественных и международных компаний показывает, что мониторинг сети предприятия, в том числе сетевых ресурсов и сервисов, является важной частью успешного функционирования самого предприятия. Однако, существующие мониторинги, предлагаемые многими компаниями, работающими в этой области, не обеспечивают необходимого уровня сервиса и доступности. Поэтому требуется создание и внедрение системы мониторинга, которая позволяет в режиме реального времени отслеживать состояние составляющих инфраструктуры телекоммуникаций, контролировать использование и загрузку программных и аппаратных - ресурсов.

В качестве предпосылок внедрения системы мониторинга можно выделить следующее:

- Сложная и разветвленная инфраструктура телекоммуникаций.
- Потребители и пользователи услуг узнают о проблемах раньше, чем ИТ-подразделения.
- Отсутствие оперативной информации о состоянии информационных систем, работают ли они в штатном режиме.
- Отсутствие мониторинга загрузки информационных систем.

- Большие временные затраты на изучение информации о сбоях в лог-файлах.
- Длительные простои сервисов, вызванные сложностью локализации проблем.

Таким образом, для полноценного мониторинга информационных систем необходимо использование системы, которая позволяет отслеживать состояние, как аппаратных, так и программных составляющих.

Среди фирм производящих полнофункциональный продукт в области мониторинга выделяется компания IBM с продуктом — IBM Tivoli Monitoring (ITM). Выбор данного продукта для создания системы мониторинга обусловлен тем, что в ITM наиболее удачно реализованы эффективные, надежные и полностью автоматизированные методы для построения комплексной системы, обеспечивающей функции централизованного мониторинга и управления разнородными объектами ИТ–инфраструктуры и в большей степени удовлетворяют потребностям. Кроме этого, выбор в пользу ITM основан, на том, что в ИТ–инфраструктуре института преобладает оборудование компании IBM, а, как известно, каждая из систем, представленных на рынке лучше всего приспособлена для управления оборудованием именно своей фирмы.

Представленное решение обладает рядом особенностей, которые делают его полнофункциональным и масштабируемым:

- имеет модульную архитектуру, которая позволяет наращивать функционал последовательно;
- хорошо адаптируется к распределенным и неоднородным средам;
- предоставляет инструменты автоматического поиска корневой причины проблемы;
- использует промышленные стандарты.

Это решение содержит универсальные инструменты для мониторинга производных систем и приложений, используя для получения данных одного из поставщика данных:

- API Data Provider — обеспечивает сбор данных, используя интерфейс прикладного программирования.
- File Data Provider — осуществляет мониторинг данных, находящихся в текстовых файлах.
- TCP/IP Socket Data Provider — отвечает за сбор данных, который осуществляется с использованием сокета протокола TCP/IP.
- ODBC Data Provider — обеспечивает получение данных через интерфейс открытого доступа к базам данных.
- SNMP Data Provider — отвечает за сбор данных, используя протокол управления сетями связи.
- Post Data Provider — отвечает за сбор данных с помощью отправки специального сообщения.
- HTTP Data Provider — отвечает за сбор данных с помощью протокола прикладного уровня передачи данных.
- SCRIPT Data Provider — отвечает за сбор данных с помощью выполнения скрипта или программы.

Набор инструментов и механизмов входящих в архитектуру ITM позволяет осуществлять мониторинг ИТ–инфраструктуры института, а так же удаленных центров

«ЕСИМО», связанных между собой виртуальной телекоммуникационной сетью, на базе каналов общего пользования.

Развернутый комплекс мониторинга состоит из нескольких необходимых компонентов, которые выбраны для организации эффективной работы системы (Рис.1):

- **IBM Tivoli Enterprise Monitoring Server (TEMS)** – сервер мониторинга – основной модуль системы, фактически является ядром всей системы; обеспечивает сбор, анализ и хранение информации о параметрах функционирования всех компонентов ИТ–инфраструктуры;
- **IBM Tivoli Enterprise Portal Server (TEPS)** – сервер портала с централизованным хранилищем пользовательских данных. Являясь посредником между сервером TEMS и клиентом системы мониторинга, сервер портала формирует и отображает данные о параметрах функционирования компонентов информационной инфраструктуры в графическом виде.

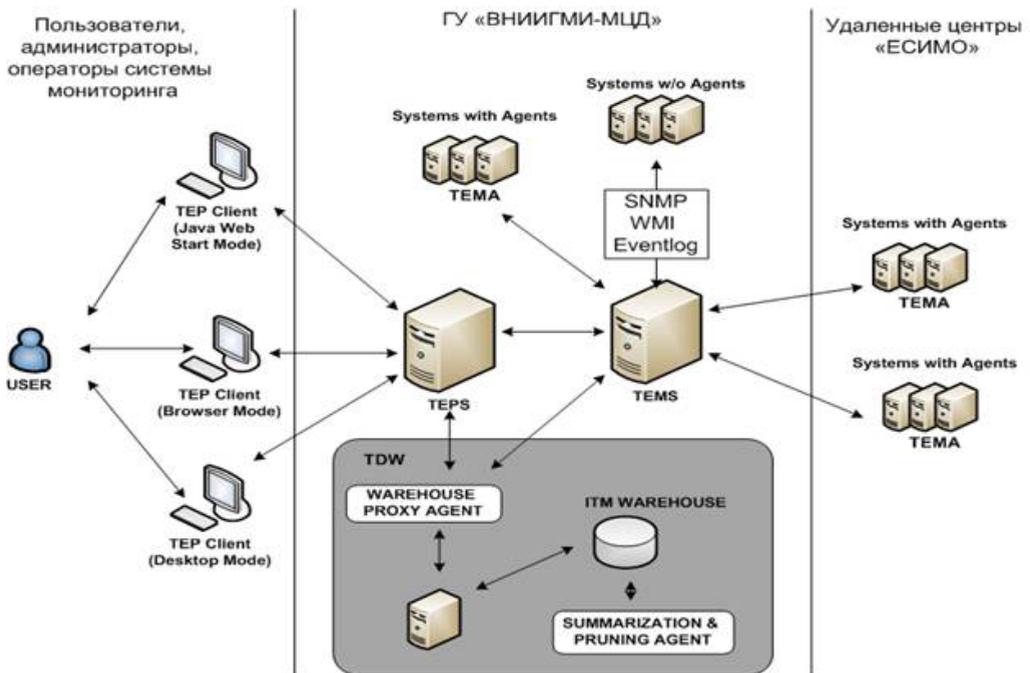


Рис.1. Архитектура системы мониторинга

- **IBM Tivoli Data Warehouse (TDW)** - совокупность компонентов, реализующих функции сбора, обработки и предоставления исторической информации о параметрах функционирования объектов ИТ–инфраструктуры:
  - Warehouse Proxy Agent – специализированный агент, выполняющий задачи сбора данных с агентов мониторинга, передачи их на хранение в базу данных исторической информации о параметрах функционирования объектов ИТ-инфраструктуры и выбора информации из БД;

- Summarization and Pruning Agent – специализированный агент, выполняющий обработку данных, находящихся в базе исторических данных о параметрах функционирования объектов ИТ-инфраструктуры, с целью предотвращения неконтролируемого роста хранимой информации;
- База данных ITM Warehouse - база данных, в которой хранятся исторические данные о параметрах функционирования объектов ИТ-инфраструктуры;
- **IBM Tivoli Enterprise Portal Client (TEP Client)** - клиент портала – графический пользовательский интерфейс подключаемый к серверу TEPS в одном из режимов:
  - Browser mode – посредством веб-браузера;
  - Desktop mode - посредством резидентного приложения, устанавливаемого на рабочую станцию пользователя;
  - Java Web Start TEP Client – посредством Java-приложения.

TEP Client это компонент, который служит для представления и отображения данных мониторинга, нацеленный на взаимодействие с пользователем. Отображение данных мониторинга производится в едином окне, что позволяет увидеть не корректно работающие элементы ИТ-инфраструктуры.

- **IBM Tivoli Enterprise Monitoring Agent (ТЕМА)** - агент мониторинга -устанавливаются на элементах ИТ-инфраструктуры и осуществляют сбор данных о критичных параметрах функционирования элемента, а так же дальнейшую передачу этих данных на сервер мониторинга TEMS.

Логическая архитектура системы мониторинга представлена в виде 2-х взаимосвязанных уровней (Рис. 2):

- уровень оперативного мониторинга;
- уровень консолидации и обработки событийной информации.



Рис.2. Логическую архитектуру системы мониторинга.

**Уровень оперативного мониторинга** (мониторинг с помощью агентов ТЕМА или с использованием протокола сетевого управления) - обеспечивает получение в режиме реального времени данных о функционировании элементов ИТ–инфраструктуры: сети, каналов связи, серверного оборудования, ОС прикладного ПО.

В свою очередь уровень оперативного мониторинга разделяется на два функциональных модуля:

- модуль мониторинга серверного оборудования и приложений;
- модуль мониторинга сетевой инфраструктуры.

*Модуль мониторинга серверного оборудования и приложений* реализует контроль работоспособности, доступности, производительности серверного оборудования и операционных систем, а также обеспечивает мониторинг доступности и производительности прикладного ПО.

*Модуль мониторинга сетевой инфраструктуры* осуществляет контроль работоспособности, доступности и производительности сетевого оборудования. В рамках оперативного мониторинга сетевой инфраструктуры осуществляется построение и отображение карты сетевой топологии, прием и распознавания сигналов (SNMP-прерываний) от сетевого оборудования, контроль состояния критичных характеристик сетевого оборудования (MIB-переменных).

**Уровень консолидации событийной информации** - обеспечивает прием и обработку событийной информации оперативного мониторинга. На уровне консолидации событийной информации обеспечивается решение важных задач, включая:

- обработку событийной информации, в т. ч. группировку и фильтрацию событий;
- корреляционный анализ с целью выявления взаимосвязи событий и выявления корневой причины;
- выполнение автоматических реакций на критичные события;
- передачу обработанной информации о событиях на уровень представления информации мониторинга.

**На сегодняшний день на основе комплексной системы мониторинга ИТМ реализованы следующие задачи:**

- Сбор, обработка и хранение метрик доступности и производительности компонентов ИТ–инфраструктуры полученных от агентов мониторинга (Рис. 3) позволяет наблюдать за текущим состоянием элементов ИТ. Данные от агентов мониторинга поступают на сервер TEMS, где информация обрабатывается и подготавливается для отображения.
- Формирование уведомлений и оповещений, связанных с достижением пороговых или критических значений метрик доступности и производительности (Рис. 4) позволяет спрогнозировать дальнейшую работу элемента ИТ.
- Визуализация данных состояния компонентов ИТ–инфраструктуры (Рис. 5) отображает в графическом виде некорректно работающие элементы ИТ.
- Для незамедлительного принятия мер по восстановлению элемента ИТ, а так же снижению ущерба реализована система оповещений администраторов при наступлении определенных событий, путем визуального отображения на основном интерфейсе системы мониторинга и рассылкой сообщений по электронной почте.

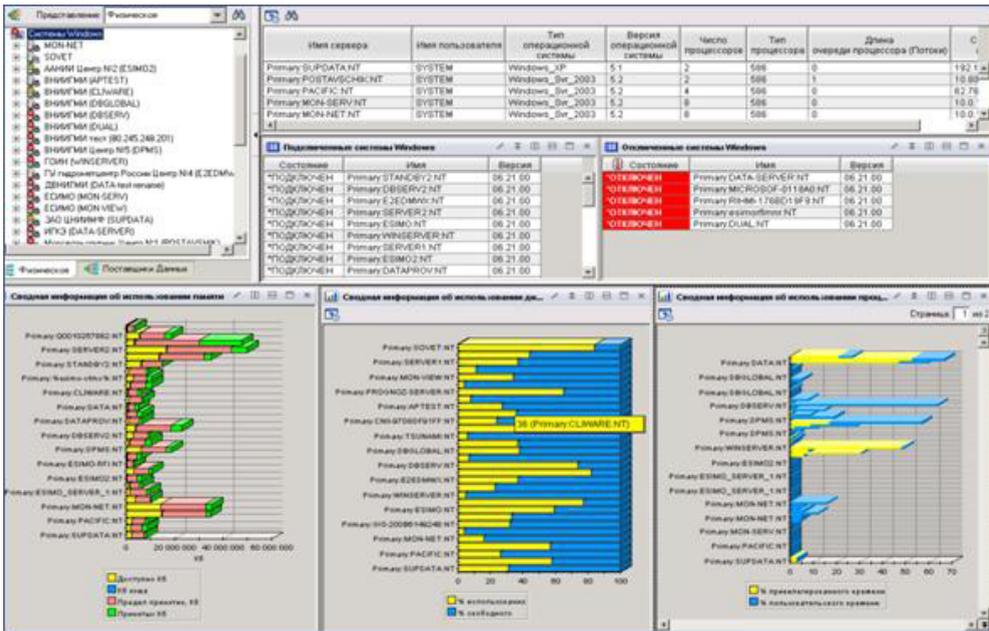


Рис.3. Интерфейс модуля сбора, обработки и хранения собранной информации.

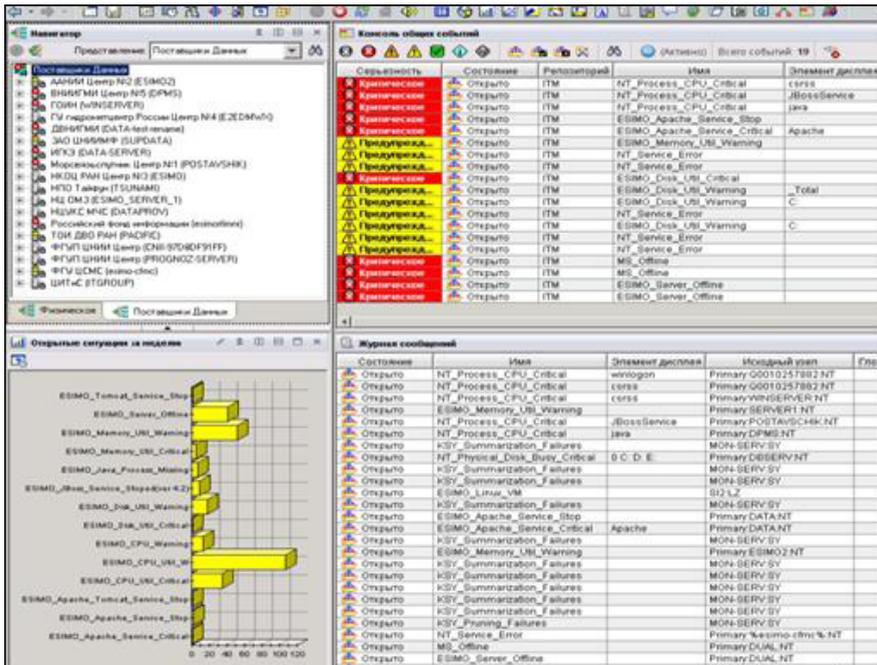


Рис.4. Интерфейс контроля нарушений пороговых значений по заданным показателям

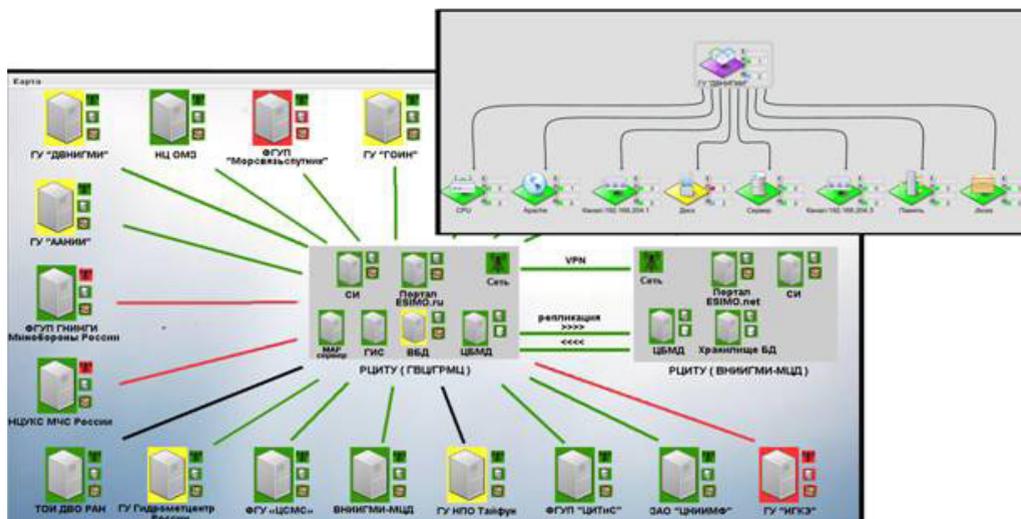


Рис.5. Интерфейс визуализации состояния ИТ-ресурсов системы «ЕСИМО»

## Литература

1. *Николаев Е.А., Шаймарданов В.М.* Развитие архивной системы Росгидромета. Труды ВНИИГМИ – МЦД, 2010, вып.174, с. 3 -10
2. *Шаймарданов В.М.* Развитие архивной системы данных о состоянии окружающей природной среды на базе современных технических средств // Труды ГГО, 2011, вып 563, с.179 - 190
3. *Шаймарданов М.З., Веселов В.М., Стерин А.М. Шаймарданов В.М.* Концепция модернизации архивной системы Мирового Метеорологического Центра // Труды ВНИИГМИ – МЦД, 2007, вып. 174, с.3 -37

*В.М. Виноградов*

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОЦЕДУР ПРОТОКОЛА X.25/2 ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ СКОРОСТИ И ДОСТОВЕРНОСТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В СОВРЕМЕННЫХ СЕТЯХ НАБЛЮДАТЕЛЬНЫХ СТАНЦИЙ НАУК О ЗЕМЛЕ**

*V.M. Vinogradov*

**THE USAGE OF X.25/2 PROTOCOL PROCEDURES TO INCREASE SPEED AND RELIABILITY OF DATA TRANSMISSION PROCESS IN MODERN NETWORKS OF OBSERVATION STATIONS IN EARTH SCIENCES**

*В данной статье обосновывается возможность использования процедур X.25/2 для повышения скорости и достоверности процесса передачи данных по каналам низкого качества в условиях отсутствия каких-либо аппаратных и программных средств его улучшения. Даются общие рекомендации использования этой технологии для повышения качества сбора и анализа данных в распределенных информационных системах, использующих измерительные станции и пункты мониторинга состояния окружающей среды.*

*Ключевые слова: сбор данных, качество канала связи, процедуры передачи данных, достоверность передачи данных, стек протоколов*

*In this article the possibility of using the X.25/2 procedures is justified for increasing speed and reliability of data transfer process through the channels of low quality in the absence of any hardware and software to improve it. The basic recommendations are given for use of this technology to improve quality of data collection and analysis in distributed information systems, which use measuring stations and centers of environmental monitoring.*

*Keywords: data collection, data transmission channel quality, data transmission procedures, data transmission validity, protocol stack*

Известно, что наблюдения являются одним из важнейших составляющих любой современной науки о земле. Каждая из них – гидрология, экология, океанология, метеорология, геология получает необходимые данные для исследований и решения текущих задач через специализированную сеть наблюдательных станций. Специфика накопления статистики предполагает размещение большого количества наблюдательных станций и постов на обширной территории.

Такая наблюдательная система (или сеть) иерархически упорядочена, и в общем случае состоит из наблюдательных постов и станций, как обслуживаемых людьми, так и полностью автономных, с которых непосредственно получают информацию о состоянии среды посредством организованной системы наблюдений и измерений, и центров обработки, куда стекается полученные данные. В нашей стране центры обработки данных чаще всего размещаются в областных и районных центрах. Кроме того, система наблюдений часто объединяет в себе и базу данных. Центры обработки систематизируют данные и используют их в различных целях. Например, по данным, полученным с метеостанций, делаются прогнозы погоды.

Одним из ярких примеров такой системы является Единая система информации о Мировом океане (ЕСИМО). В нее, помимо наблюдательной сети, входит также и базы данных, в которых хранится статистика многолетних наблюдений и результаты исследований.

Современный этап развития технологий сборки, доставки и анализа данных в наблюдательных сетях наук о земле характеризуется повышением точности и оперативности измерений, связанными с совершенствованием измерительных методик и оборудования, значительным увеличением получаемых и анализируемых объемов информации и ростом количества и плотности измерительных станций. Все эти тенденции являются прямым следствием повышения требований к достоверности прогнозов с использованием этой информации. В нашей стране эти тенденции выражены особенно ярко после периода застоя, длившегося с 1991 г. [gis-lab.info].

Однако развитие наблюдательных сетей наук о земле в России имеет свои проблемы. Данные наблюдений с постов и станций передаются в центры обработки различными способами. Чаще всего связь организуется посредством кабельных линий или по радио, менее популярна спутниковая связь. Как правило, используются уже существующие каналы имеющихся телекоммуникационных систем (ТКС). Разные линии связи обеспечивают неодинаковую достоверность доставки информации.

Самой дешевой, популярной и доступной в любом уголке России линией связи были и остаются обычные телефонные линии (в некоторых местах - ТЧ-каналы). Значительная часть парка государственной телефонной сети общего пользования (ТфОП) сильно изношена, что снижает и без того не блестящие характеристики с точки зрения передачи данных (ПД).

В труднодоступных районах в условиях отсутствия телефонных линий, ввиду нецелесообразности или невозможности их прокладки, используются еще более плохие по своему качеству радиоканалы, преимущественно коротковолнового диапазона – (КВ-каналы). Скорость передачи данных по таким каналам существенно ниже, чем по телефонным линиям. В таких случаях передача данных осуществляется через КВ-модем (при его наличии) с корректирующими кодами, повышающий качество канала связи примерно на порядок.

Сегодня для ПД широко используется стек протоколов TCP/IP (сетевой и транспортный уровень эталонной 7-уровневой модели OSI/ISO), что является следствием повсеместного распространения вычислительной техники (в особенности компьютеров) как в конструкции измерительных средств, так и средств анализа со встроенной поддержкой этого протокола. Однако, как показывает практика, использование «голого» протокола TCP/IP (без средств повышения качества канала) в каналах низкого качества неэффективно. Значительный объем «кванта» информации, – блока TCP/IP - становится ненужной роскошью. А большой объем служебной информации в заголовке увеличивает вероятность её искажения. Итогом является невозможность передачи информации посредством TCP/IP по таким каналам без применения специальных средств. Складывается парадоксальная ситуация – канал есть, но передать по нему что-либо практически невозможно. Часто осложняет ситуацию и то, что современные импортные измерительные комплексы просто не рассчитаны на работу с такими каналами. Качество каналов в Западной Европе и Америке на порядок-два

превосходит отечественные. По подсчетам специалистов только в ТфОП России лишь чуть больше 10% нового современного каналообразующего оборудования [Зубовский, 1997], так что улучшения качества наших каналов связи в ближайшем будущем ожидать не приходится.

Наиболее очевидным выходом из данной ситуации, при использовании для ПД стека протоколов ТСП/IP, может быть дополнительное использование средств повышения качества канала. Но реализация алгоритмов в такой аппаратуре осуществляется на аппаратном уровне, что делает такие устройства довольно дорогими.

Ещё одним способом повышения качества ПД представляется использование протокола, обладающего меньшей избыточностью.

Одним из известных и хорошо проработанных протоколов ПД является протокол X.25/2. Анализ процедур протоколов, использующих методы восстановления информационного потока (X.25/2 и ТСП/IP) **показал схожесть их алгоритма восстановления**. И для ТСП, и для X.25 можно выделить несколько аналогичных состояний, образованных всевозможными сочетаниями двух независимых процессов: передающего («Передача» (П), «Временная выдержка» (В), «Приостанов» (Пр)) и приемного («Прием» (Пм), «Блокировка» (Б), «Занято» (З)) [Давыдов, 1990а].

Состояние П передающего процесса процедуры X.25 **характеризуется либо передачей** блоков с «новой» информацией от источника, либо повторной передачей «старых» блоков с вероятностью либо готовностью передачи при отсутствии входного потока. [Давыдов, 1990а] В ТСП аналогом выступает подсостояние основного состояния ESTABLISHED, когда ТСП ведет обмен данными через соединение [Малых, 1981б].

Состояние В передающего процесса процедуры X.25 **характеризуется действиями** по устранению неопределенности, возникшей в результате неприема команды подтверждения или команды запроса информационного блока в течение некоторого времени (тайм-аут  $T_1$ ). В этом состоянии передача информационных блоков не производится. Оно возникает в результате воздействия ошибок на блоки в канале связи [Давыдов, 1990а]. Одно из подсостояний основного состояния ESTABLISHED ТСП предусматривает аналогичные процедуры по устранению неопределенности и вызывается такими же причинами [Малых, 1981б].

Состояние Пр передающего процесса процедуры X.25 и его аналог - подсостояние состояния ESTABLISHED для ТСП **характеризуются также отсутствием передачи** информационных блоков в результате приема блока остановки передачи. Пр возникает в результате дефицита памяти на удаленной станции звена ПД [Давыдов, 1990а; Малых, 1981б].

Состояние Пм приемного процесса характеризуется действиями по обработке и выдаче информационной области принятого без ошибок из канала связи блока получателю либо готовности к такой выдаче при отсутствии входного потока на удаленной станции [Давыдов, 1990а]. Одно из подсостояний ESTABLISHED предусматривает такие действия [Малых, 1981б].

Состояние Б приемного процесса процедуры характеризуется действиями по инициации повторения информационных блоков, принятых с ошибками. В состоянии Б выдача получателю информационных областей других правильно принятых блоков не разрешается. Следует отметить, что факт приема информационного блока с ошибками определяется в результате приема без ошибок информационного блока

с номером, не равным ожидаемому [Давыдов, 1990а]. В случае односторонней передачи, приемный ТСР в состоянии ESTABLISHED также посылает служебный блок передающему ТСР, инициирующий повторную передачу [Малых, 1981б].

Состояние 3 характеризуется также запретом выдачи информационной области блока, принятого без ошибок, в результате внутренних ограничений на станции (например, при дефиците памяти). [Давыдов, 1990а] При дефиците памяти на приемной стороне передающий ТСР тоже останавливает передачу и повторяет ее периодически через определенное время. Дефицит памяти на передающей стороне блокирует передачу с помощью ТСР/IP полностью [Малых, 1981б].

Исходя из идентичности состояний для процедур X.25 и ТСР/IP можно сделать вывод о применимости в отношении последнего выражений для относительной эффективной скорости процедур синхронного протокола, основанных на математической модели процедур протокола X.25.

С целью выявления возможностей осуществления ПД на каналах низкого качества с помощью процедур X.25/2 (далее X.25) канального уровня и ТСР/IP (далее ТСР/IP) сетевого и транспортного уровня модели OSI проведем оценку эффективности процесса ПД.

Достоверность информации является одной из важнейших характеристик, определяющих качество информационного обмена по данному каналу. Для её оценки чаще всего используется коэффициент ошибок по единичным элементам (кодовым комбинациям). Однако его применение целесообразно лишь на каналах с распределением ошибок, близким к независимому. В то же время, анализ распределения ошибок в каналах показывает наличие группирования ошибок, что является следствием взаимосвязи искажений отдельных элементов. Поэтому использование только коэффициента ошибок по единичным элементам ведет к значительным ошибкам контроля [Морозов, 1977]. С целью учета группирования ошибок в канале связи воспользуемся моделью, предложенной Пуртовым [Пуртов, 1972], в которой наряду с вероятностью ошибки  $P_{\text{ош}}$  на бит введен коэффициент группирования ошибок  $\alpha$ . Чем качественнее канал, тем меньше  $P_{\text{ош}}$ ; при  $\alpha=0$  распределение ошибок случайно, при  $\alpha=1$  всегда наблюдается несколько следующих друг за другом искаженных бит (пакетные ошибки).

Для оценки эффективности передачи информации будем использовать понятие относительной эффективной скорости передачи. Под *относительной эффективной скоростью* понимается отношение средней скорости выдачи информации потребителю (эффективная скорость) к скорости передачи данных по каналу [Малых, 1981а]. Относительная эффективная скорость определяет отношение количества бит, принятых от источника данных и переданных получателю данных, к общему количеству бит, потребовавшихся для успешной передачи (включая и повторные передачи).

Как протокол ТСР/IP, так и X.25 передает информацию в канал блоками (сегментами) разной длины. С целью обнаружения ошибок используются циклические коды, обнаруживающие хотя бы одну ошибку в блоке. Осуществляется повторение блоков с обнаруженными ошибками, тем самым сохраняется достоверность передаваемой информации [Малых, 1981б].

Вероятность обнаружения ошибки  $P_{\text{оо}}$  в блоке (кадре) длиной  $\bar{V}$  в канале связи с вероятностью ошибки  $P_{\text{ош}}$  на бит и коэффициентом группирования  $\alpha$  согласно модели Пуртова определяется из выражения:

$$P_{oo} = \begin{cases} P_{ош} \overline{V^{1-\alpha}}, P_{ош} \overline{V^{1-\alpha}} < 1, \\ \rightarrow 1, P_{ош} \overline{V^{1-\alpha}} \geq 1. \end{cases}$$

При повторении искаженных блоков увеличивается задержка передачи или, что то же самое, снижается эффективная скорость.

Определены следующее выражение для относительной эффективной скорости для процедур синхронного протокола, основанное на математической модели процедур протокола X.25 [Давыдов, 1990а, с.38]:

$$R_K = \frac{K_H P_{II} (\lambda_3)}{(KO+1)(1-P_{oo})^2 - KO} + K_H (1-P_{oo})(1-P_{II}) P_{II} (\lambda_3),$$

где  $P_{II} = \frac{P_{обс}}{1 + \eta_{II} P_{обс}}$  - вероятность передачи новых кадров в состоянии «Передача» (II) [Давыдов, 1990в, с.64];

$P_{II} = \frac{P_{обс}}{1 + \eta_{II} P_{обс}}$  - вероятностью приема кадра без ошибки в состоянии «Приём» (II),

$KO$  – количество блоков данных, повторяемых по сигналу запроса;

$K_H$  – коэффициент избыточности.

В свою очередь, коэффициенты  $\eta_{II}$  и  $\eta_{II}$ :

$$\eta_{II} = \frac{P_{oo} e^{-\lambda(T_1-t_u)}}{(1-P_{оок})(1-P_{оок}^K)}; \quad \eta_{II} = \frac{P_{oo} (1-P_{oo}) [1 - e^{-\lambda(T_1-t_u)}]}{1 - (P_{oo} + P_{оок} - P_{oo} P_{оок})^K},$$

где  $\lambda_3$  – интенсивность входного потока пакетов;

$P_{оок}$  – вероятность искажения супервизорного блока;

$t_u$  – время распространения сигнала по кабелю, в худшем случае  $\approx 0,6$  сек.

$$K = \frac{T_1}{T_2},$$

где  $T_1$  – тайм-аут ожидания ответа;

$T_2$  – тайм-аут допустимого перерыва в процессе передачи данных.

Вероятность обслуживания входящего блока  $P_{обс}$ :

$$P_{обс} = \frac{(1-\rho)\rho^{m+1}}{1-\rho^{m+2}},$$

где  $m$  – количество мест в очереди ожидания обработки блока (СМО типа M|M|1|m) [Давыдов, 1990б];

$\rho = \lambda_3 / \mu$  - интенсивность обслуживания;

$$\mu = \frac{\bar{V}}{C},$$

где  $C$  — скорость передачи информации по каналу связи, входящему в состав звена передачи данных.

Коэффициент  $K_{и}$  в выражении для  $R_k$  определяет степень снижения эффективности передачи за счет избыточности, формируемой в блоке (служебная информация протокола или заголовок блока). Для процедуры X.25 эта избыточность составляет 64 бита, поэтому:

$$K_{и} = 1 - \frac{64}{\bar{V}}.$$

Для процедуры TCP/IP эта избыточность в среднем будет равна длине заголовка IP плюс заголовок TCP - 320 бит [Малых, 1990а; Малых, 1990б]. Кроме того, избыточность передачи увеличивается в среднем на 112 бит при использовании на канальном уровне протоколов PPP или Ethernet. Таким образом,  $K_{и}$  окончательно определяется выражением:

$$K_{и} = 1 - \frac{432}{\bar{V}}.$$

Примем следующие упрощения:

- 1) данный канал связи полностью характеризуется величинами  $P_{ош}$  на бит и  $\alpha$  и однороден по свойствам по всей длине;
- 2) средняя длина пакета варьируется  $V=0..10000$  бит (от 0 до  $\approx 1500$  байт);
- 3) количество блоков, повторяемых по сигналу запроса для обоих протоколов  $KO=7$ ;
- 4) скорость ПД по данному каналу  $C=9600$  бит/с;
- 5) минимальный размер буфера как у передатчика, так и у приемника  $K3=3$ ;
- 6)  $K = T_2 / T_1 = 3$ ;
- 7) максимальный размер заголовка блока для X.25 составляет 64 бита, для TCP/IP - 432 бита;
- 8)  $m=1$ .

Выберем такую интенсивность входного потока пакетов  $\lambda_3$ , при которой вероятность ожидания передачи блоков при отсутствии потока пакетов  $P_o \rightarrow 0$ . В этом случае в среднем канал связи будет загружен полностью, тогда:

$$\lambda_3 = \frac{C}{\bar{V}},$$

где  $\bar{V}$ —средняя длина пакета (блока), бит.

Графики зависимости относительной эффективной скорости от средней длины блока при различной вероятности ошибки в канале связи и коэффициенте группирования приведены на рисунках.

Условные обозначения:

-  X.25 · график для процедуры X.25
-  TCP/IP · график для процедуры TCP/IP



Рис.1. Относительная эффективная скорость в каналах с  $\alpha=0,3$  и  $Roш=5 \cdot 10^{-2}$



Рис.2. Относительная эффективная скорость в каналах с  $\alpha=0,3$  и  $Roш=10^{-2}$

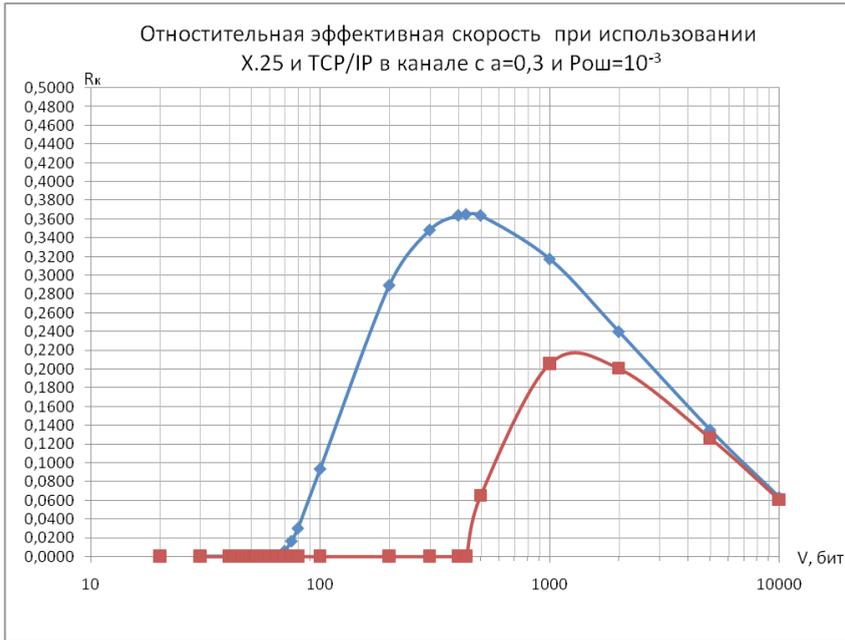


Рис.3. Относительная эффективная скорость в каналах с  $\alpha=0,3$  и  $Roш=10^{-3}$

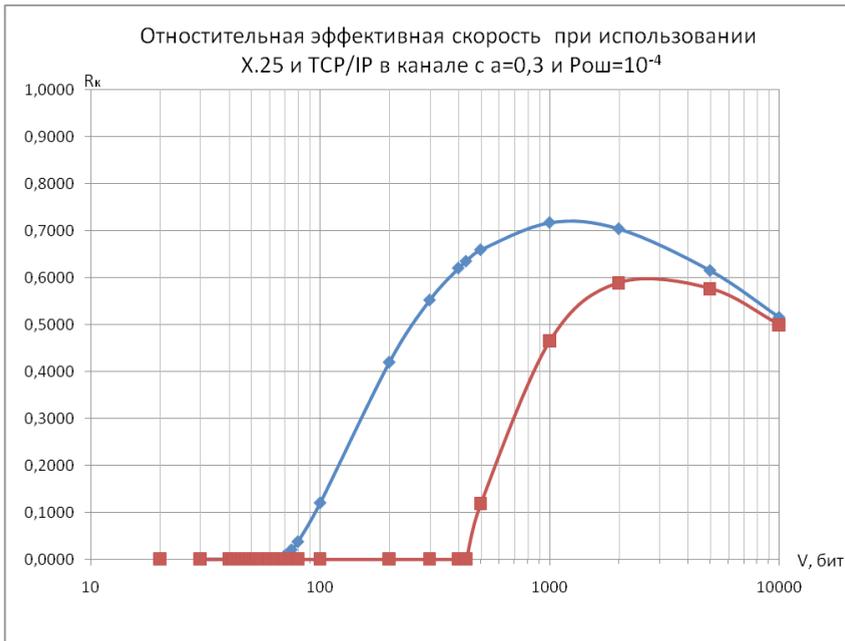


Рис.4. Относительная эффективная скорость в каналах с  $\alpha=0,3$  и  $Roш=10^{-4}$

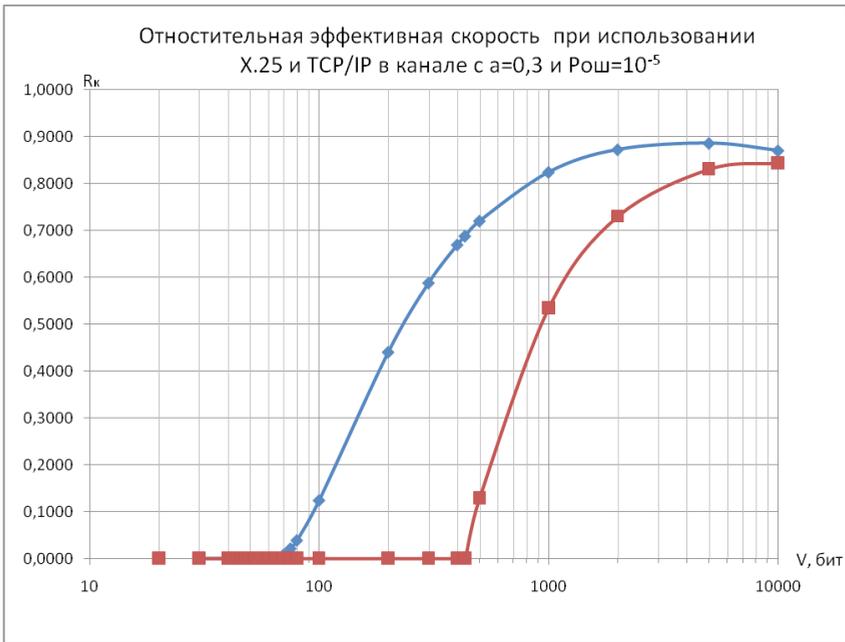


Рис.5. Относительная эффективная скорость в каналах с  $\alpha=0,3$  и  $Roш=10^{-5}$

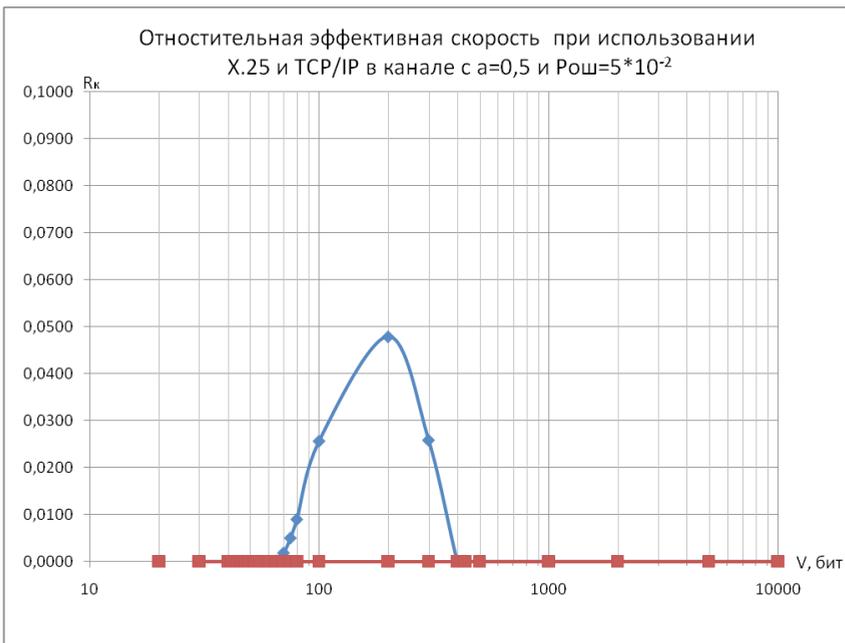


Рис.6. Относительная эффективная скорость в каналах с  $\alpha=0,5$  и  $Roш=5 \cdot 10^{-2}$

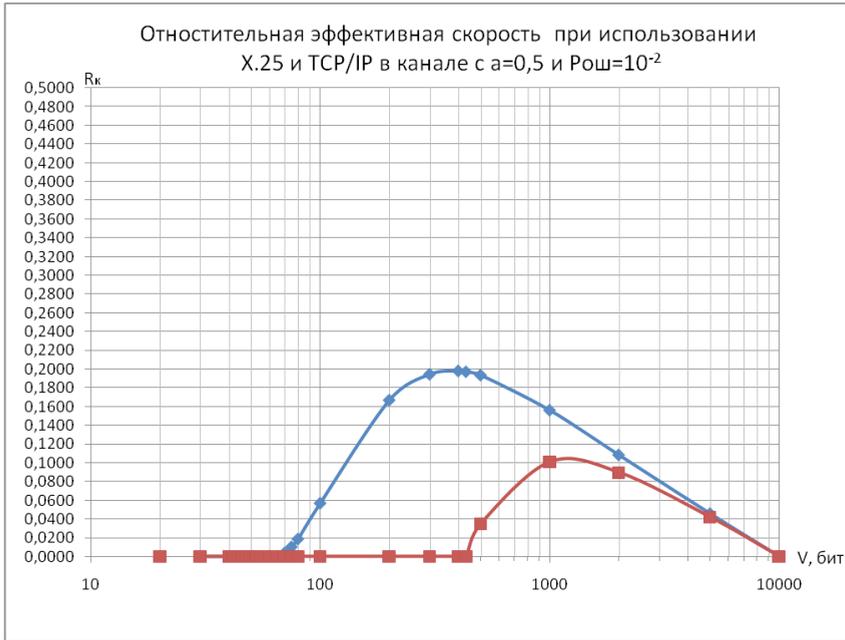


Рис.7. Относительная эффективная скорость в каналах с  $\alpha=0,5$  и  $\text{Рош}=10^{-2}$

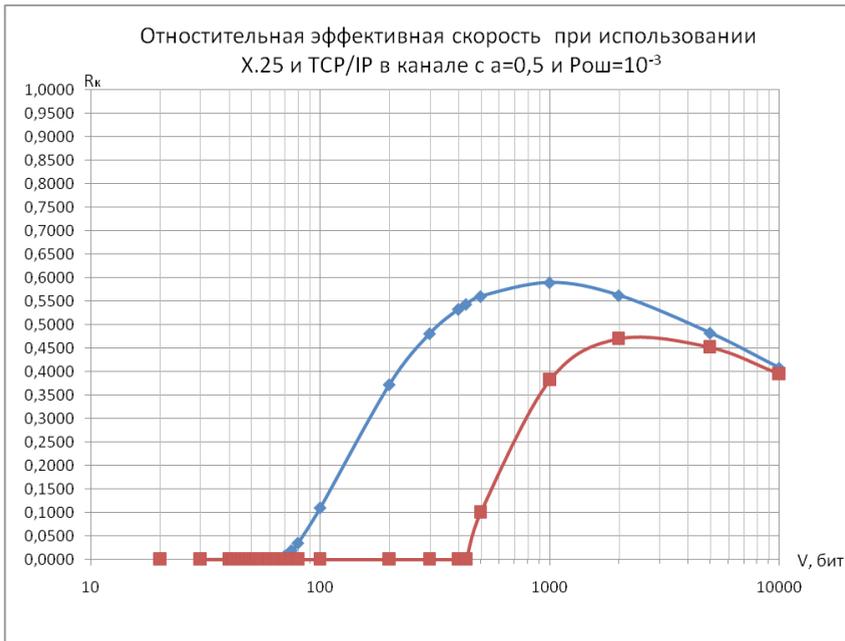


Рис.8. Относительная эффективная скорость в каналах с  $\alpha=0,5$  и  $\text{Рош}=10^{-3}$

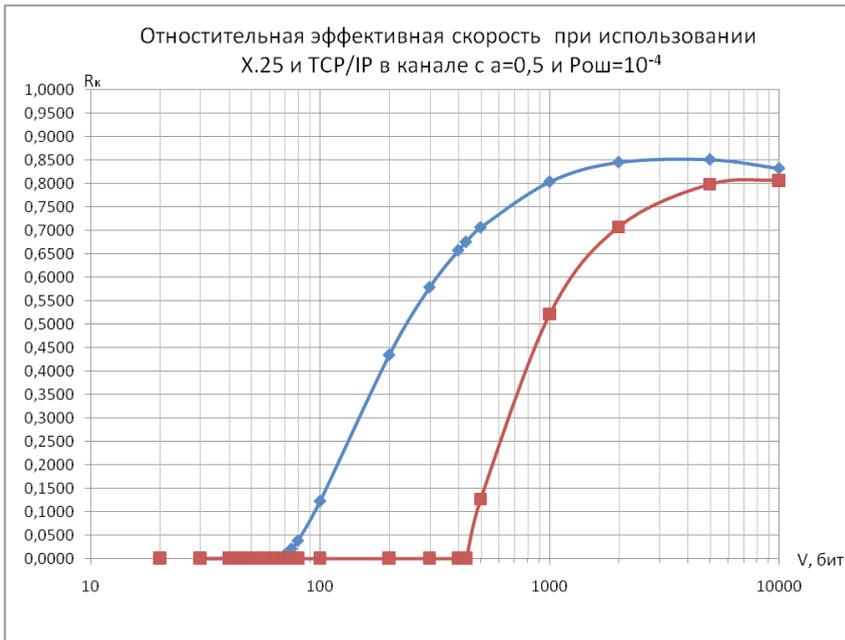


Рис.9. Относительная эффективная скорость в каналах с  $\alpha=0,5$  и  $Roш=10^{-4}$

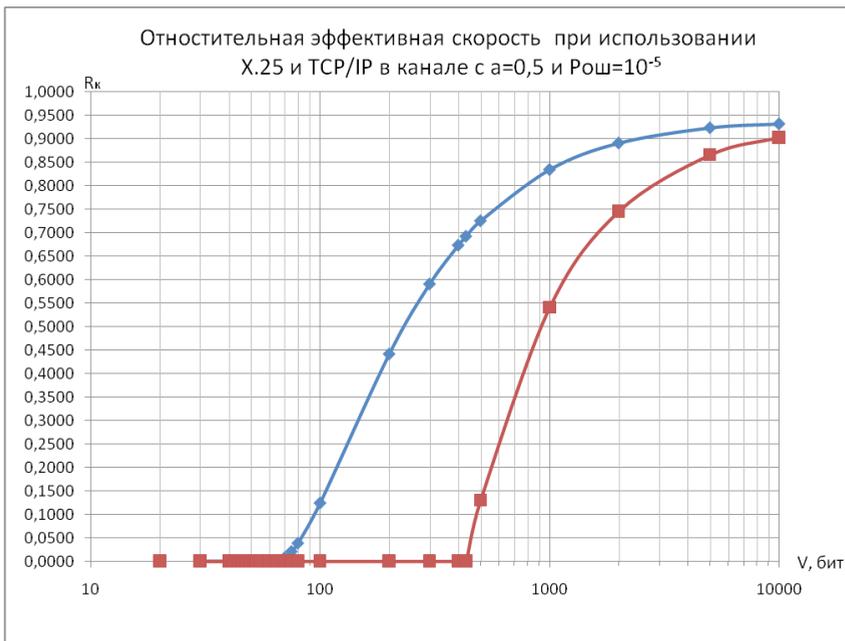


Рис.10. Относительная эффективная скорость в каналах с  $\alpha=0,5$  и  $Roш=10^{-5}$

Анализ графиков показывает, что зависимость относительной эффективной скорости  $R_k$  от длины блока данных  $V$  представляет собой куполообразную форму, имеющую выраженный максимум. Качественно такую форму зависимости  $R_k$  от  $V$  можно пояснить следующим образом. Эффективность передачи определяется двумя основными факторами: наличием в блоке служебной информации и поражением блоков ошибками, приводящим к повторной передаче. В случае первого фактора, чем больше длина блока, тем эффективнее передача (т.к. меньше доля служебной информации в блоке). Для второго фактора — с увеличением длины блока увеличивается вероятность ошибки в нем (и, следовательно, вероятность повторной передачи), что приводит к снижению эффективности передачи. В диапазоне малых длин блока эффективность передачи снижается за счет первого фактора, в диапазоне больших — за счет второго фактора.

Максимум графика определяет некоторую оптимальную длину блока протокола, обеспечивающую наивысшую эффективность и наилучшую достоверность передачи информации в данном канале связи.

Анализ графиков также показывает, что:

- чем ниже качество канала связи, тем меньше максимальная эффективность передачи;
- чем ниже качество канала связи, тем меньше оптимальная длина блока и тем меньше диапазон длин блоков, при которой может быть вообще осуществлена передача какой-либо информации;
- чем больше коэффициент группирования ошибок  $\alpha$  при одной и той же вероятности ошибки в канале связи, тем выше эффективность передачи и больше оптимальная длина блока.

Для каналов с вероятностью ошибки  $P_{\text{ош}} = 5 \cdot 10^{-2}$  и коэффициентом группирования ошибок  $\alpha = 0,3$  вероятность успешной передачи при использовании процедуры X.25 практически равна нулю (рис. 1). При той же вероятности ошибки и  $\alpha = 0,5$  относительная эффективность процедуры X.25 значительно увеличивается (рис. 6), но все еще очень мала. Это объясняется тем, что оптимальная длина блока (кадра) при таких условиях почти равна минимальной длине его заголовка — 3 байта и передача даже заголовка блока процедуры X.25 становится невозможной.

Для каналов с  $P_{\text{ош}} = 10^{-2}$  и  $\alpha = 0,3$  относительная эффективная скорость передачи очень низка и при скорости ПД, равной 9600 бит/с, составляет около 0,09 (860 бит/с), а оптимальная длина блока — чуть больше 25 байт (рис. 2). Более половины длины блока приходится на заголовок.

При той же вероятности ошибки, но  $\alpha = 0,5$  эффективность процесса ПД с использованием X.25 увеличивается и составляет уже около 0,2 (1920 бит/с), а оптимальная длина блока достигает 63 байт (рис. 7).

Следует заметить, что передача посредством TCP/IP на каналах такого качества невозможна в принципе. Для любых  $\alpha$ , эффективность достоверной передачи для TCP/IP равна нулю (рис. 1, 2 и 6). Это объясняется тем, что в таких каналах ошибками поражаются служебные области почти всех блоков, отправленных в канал, не говоря уже об информации пользователя в таких блоках. Механизм восстановления TCP, использующий повторную передачу искаженных блоков, в таких условиях неэффективен. Очевидно, что при таком качестве канала связи практическое использование для передачи информации процедур стека TCP/IP невозможно.

Только для каналов с  $P_{\text{ош}} = 10^{-2}$  и  $\alpha = 0,5$  эффективность достоверной передачи при использовании ТСР/IP составляет лишь чуть больше 0,1 при оптимальной длине блока более 125 байт (рис. 7).

Для каналов с  $P_{\text{ош}} = 10^{-3}$  в принципе возможно использование для передачи информации с помощью процедур стека ТСР/IP при любом  $\alpha$ . Однако эффективная скорость все ещё довольно низкая. X.25 показывает хорошую скорость - в среднем на треть выше (рис. 3, 8).

Только для каналов с вероятностью ошибки  $P_{\text{ош}} = 10^{-4}$  и ниже возможно относительно комфортное использование для передачи информации процедур стека ТСР/IP. Эффективная скорость ПД при этом становится выше 0,5. Хотя и здесь процедура протокола X.25 показывает свое преимущество (рис. 4, 5, 9, 10).

На основании приведенных результатов можно сделать вывод о возможности использования процедур X.25 на каналах с вероятностью ошибки на бит не более  $10^{-2}$  и практически при любом коэффициенте группирования ошибок.

Использование процедур X.25 на каналах с вероятностью ошибки больше  $10^{-2}$  теоретически возможно, однако нуждается в дополнительной экспериментальной проверке с использованием соответствующего аппаратного имитатора каналов или непосредственной передачи по таким каналам (КВ-радиоканалы).

Оценка также подтверждает возможность более выгодного использования процедур X.25 по сравнению с ТСР/IP на КВ-каналах с вероятностью ошибки больше  $10^{-3}$  с использованием специальных средств, уменьшающих вероятность ошибок или их коэффициент группирования. Например, КВ-модемов, повышающих качество канала связи с  $5 \cdot 10^{-2}$  до  $10^{-3}$  на бит применением кодов, исправляющих ошибки.

### Вывод

Все вышесказанное позволяет сделать вывод о возможности передачи информации по участкам ТКС с каналами связи низкого качества ( $P_{\text{ош}} = 10^{-2}$  и  $\alpha = 0,3$ ) путем использования методов инкапсуляции информации пользователя из сегментов IP в блоки X.25/2, и дальнейшей ее передачи в блоках X.25/2 по участку. Размещение таких средств предполагается на границах участков с каналами разного качества (рис. 11).

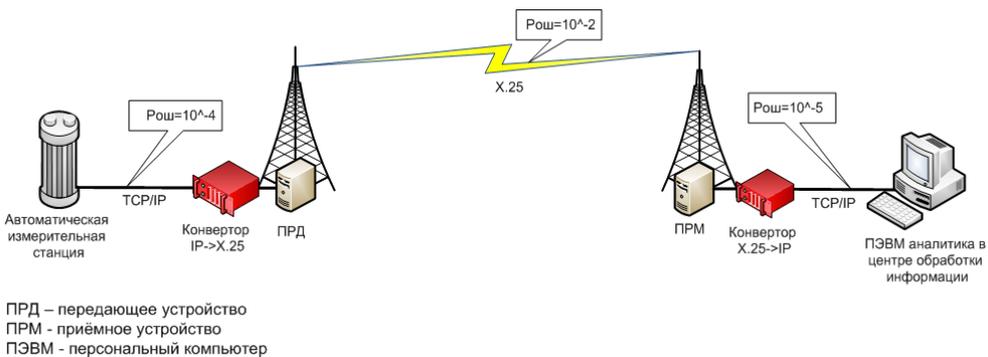


Рис. 11. Пример размещения средств инкапсуляции ТСР/IP в X.25

Использование протоколов стека ТСР/IP для ПД без дополнительной инкапсуляции возможно только на каналах с  $P_{\text{ош}}$  менее  $10^{-3}$ , и путем настройки длины протокольного блока в соответствии с качеством имеющегося канала передачи. Этот путь представляется более экономичным. К сожалению, как показывает вышеприведенная оценка, этот путь не годится для каналов с  $P_{\text{ош}}$  более  $10^{-3}$ , т.к. по ним передача посредством ТСР/IP невозможна в принципе.

Предлагаемая технология передачи информации по участкам ТКС с каналами связи низкого качества может быть использована для повышения качества сбора информации, и для повышения достоверности их передачи как в государственных сетях наблюдательных станций (например, метеорологических, океанологических, геологических), так и в распределенных информационных системах государственных структур (например, МЧС). Достоинством технологии является возможность использования для передачи информации практически любых имеющихся на месте каналов связи, за счет чего технология позволяет увеличить число используемых измерительных станций и, следовательно, повысить достоверность прогноза.

### **Литература:**

1. *Гуров В.С., Емельянов Г.А., Етрухин Н.Н., Осипов В.Г.* Передача дискретной информации и телеграфия - М.: Связь, 1974. — 526 с.
2. *Давыдов Б.М.* Математическая модель процедуры уровня звена данных // Техника средств связи, сер. ТПС, 1990, №1, с 36 – 47.
3. *Давыдов Б.М.* Математическая модель процедур сетевого уровня центра коммутации пакетов // Техника средств связи, сер. ТПС, 1990, №1, с 49 – 60.
4. *Давыдов Б.М.* Анализ временных характеристик процедуры уровня звена данных, // Техника средств связи, сер. ТПС, 1990, №1, с 61 – 68.
5. *Зубовский Л.И., Пасковатый А.О.* Нормирование и система измерений качества коммутируемых телефонных каналов, 1997, <http://greenobl.analytic.ru/library/arxiv/>
6. *Малых Н.* Перевод спецификации стандарта Министерства обороны США для протокола IP (RFC-791), 1981. — 16 с.
7. *Малых Н.* Перевод стандарта Министерства обороны США для протокола управления передачей ТСР (RFC-793), 1981. — 33 с.
8. *Морозов В.Г.* и др. Метод и средства натурно-машинного исследования характеристик каналов передачи данных // РИПОРТ, Деп. рук. №3-5014, 1977, №6.
9. *Пуртов Л.И.* и др. Элементы теории передачи дискретной информации. - М.: Связь, 1972. — 232 с.
10. Российская сеть метеостанций и их отчетность, [gis-lab.info](http://gis-lab.info)

*С. Малик, А.П. Седова, Н.Н. Ткаченко*

**ТЕХНОЛОГИИ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ УПРАВЛЕНИЯ  
БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИЕЙ ГАЗОПРОВОДОВ В  
ГИДРОМЕТЕОУСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ ПАКИСТАН**

*S. Malik, A.P. Sedova, N.N. Tkachenko*

**INFORMATION TECHNOLOGY MANAGEMENT SUPPORT SAFE OPERATION  
OF GAS PIPELINES IN THE HYDRO-METEOROLOGICAL CONDITIONS  
REPUBLIC OF PAKISTAN**

Обсуждаются результаты исследований, выполненных в Российском государственном гидрометеорологическом университете в области новой информационной технологии – логико-вероятностного метода для мониторинга, прогнозирования и управления качеством функционирования систем жизнедеятельности социума различного масштаба, которые относятся к классу структурно сложных систем. Даются схемы анализа и управления качеством функционирования на примере реальных систем медицинского обеспечения в Ямало-Ненецком автономном округе и безопасной эксплуатации газопроводов в гидрометеоусловиях Республики Пакистан.

*Ключевые слова:* информационные технологии, безопасность жизнедеятельности, логико-вероятностный метод, структурно-сложная система, риск некачественного медицинского обслуживания, безопасность газоснабжения

*There are discussing the research results, fulfilled in Russian State Hydrometeorological University in field of the new information technology – logic probability methods for monitoring, forecasting and controlling quality of acting life-being systems of different scale socium, that relate to structure complex systems. It is presenting plans of real systems analysis on example of real systems of medical providing in Jamal-Nenets autonomous okrug and safety of gas pipeline exploitation in hydrometeoconditions of Pakistan Republic.*

*Key words:* information technologies, life-being, logic-probability method, structure complex system, risk of non-quality medical providing, pipeline exploitation safety

**Введение**

Проблема устойчивого развития неразрывно связана с обеспечением всех видов безопасности социума – от продовольственной до военной. В выполняемой программе «Актуальные проблемы безопасности социума» секции Геополитики и безопасности Российской академии естественных наук предусмотрена разработка более тридцати научно-исследовательских работ по различным направлениям безопасности. Обеспечение безопасности социума является базовым понятием устойчивого развития и определяет способность общества управлять процессом обеспечения качества жизни урбанистического сообщества различного масштаба. Хотя трудно найти универсальный метод принятия решений для обеспечения безопасной эксплуатации

различных систем жизнеобеспечения социума для такого этапа, как оценка рисков, задачи могут быть формализованы и абстрагированы от их физической сущности. В выполненных исследованиях в качестве некоторого универсального метода применялся общий логико-вероятностный метод, а в качестве систем жизнеобеспечения рассматривались системы медицинского обеспечения на примере Ямало-Ненецкого автономного округа и газоснабжения на примере Республики Пакистан.

В обоих случаях основной платформой являлась геоинформационная система с базой данных по основным геофизическим характеристикам региона и структурой соответствующих систем жизнеобеспечения. База знаний включает в первом случае алгоритмы оптимизации структуры системы медицинского обеспечения, включая методы интеллектуализации системы для диспетчеризации пространственных процессов [2, 5], во втором случае основными являются алгоритмы оценки рисков безопасного газоснабжения при различных характеристиках системы [3,4].

### **Краткая характеристика системы газоснабжения Республики Пакистан**

В 1952 г. в ходе геологоразведочных работ, проводимых компаниями Pakistan Petroleum Limited (PPL) и Pakistan Oilfields Limited (POL), было обнаружено гигантское месторождение газа в Белуджистане. Тогда же был заложен первый трубопровод «Суй – Карачи». Он был введен в эксплуатацию в 1955 г. Общая длина трубопровода составила 558 км, а диаметр – 40,64 см. Это открытие вызвало огромный интерес и подтолкнуло пять крупных иностранных нефтяных компаний вступить в концессионное соглашение с правительством. В 50-х гг. прошлого века, эти компании провели обширные геологические и геофизические исследования и пробурили 47 разведочных скважин. В результате были обнаружены несколько небольших газовых месторождений. Но, несмотря на положительные результаты, объем выполняемых геологоразведочных работ был сокращен к концу пятидесятых годов. Это может быть объяснено стремлением компаний к получению максимальной прибыли без вложения денежных средств в разработку газовых месторождений и развитие инфраструктуры. С целью возобновления геологоразведочных работ, 04 марта 1961 г. между правительством Пакистана и СССР было подписано долгосрочное соглашение по привлечению советских специалистов и технологий для разработки газовых месторождений. В его рамках была создана Корпорации Развития Нефти и Газа (OGDC). В настоящее время в Пакистане исследованы и разработаны 54 газовых месторождения. За их развитие отвечают 15 местных и международных компаний. Основными Пакистанскими компаниями, участвующими в очищении, передаче и распределении природного газа на территории страны, являются Sui Northern Gas Pipelines Limited (SNGPL) и Sui Southern Gas Company Limited (SSGCL). На рис. 1 показана общая схема рассматриваемой газопроводной системы.

Территория охвата компании SSGCL простирается от Суй в Белуджистане до Карачи в провинции Синд и составляет более 3220 км трубопровода высокого давления и обеспечивает более 1200 городов. В 2009-2010 гг. было продано 388 млн кубических футов газа 2,2 миллионам потребителей этих регионов через дистрибьюторскую сеть протяженностью более 37000 км. SNGPL является крупнейшей газовой компанией, обслуживающей более 3,4 миллиона потребителей в северной и центральной частях Пакистана. Она

обеспечивает территории от Суи в Белуджистане до Пешавар в Хайберский Пахтунский Хва. Протяженность основной магистрали составляет 7347 км, что позволяет обеспечить 1624 города. Распределенная система состоит из 67449 км трубопроводов.

Применение общего логико-вероятностного метода для оценки рисков в системе газоснабжения предполагает в качестве первого этапа научно обоснованное построение схемы функциональной целостности системы [6], т.е. представление структуры на рис. 1 в формализованном виде для последующего применения стандартных процедур [ 3 ].

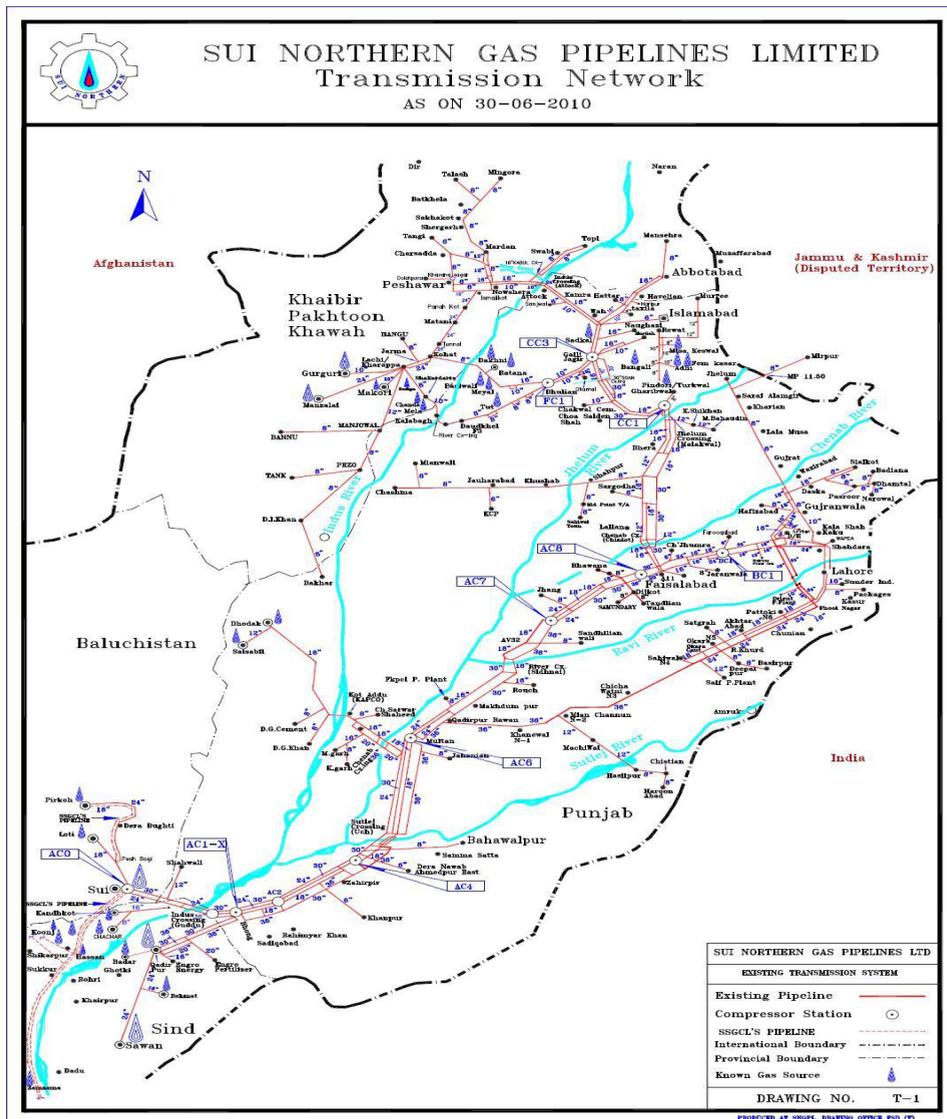


Рис.1. Общая схема газопроводной системы Республики Пакистан

Для построения схемы функциональной целостности системы (СФЦ) необходимо на основе статистического анализа влияния различных факторов оценить вероятностные, логические и ситуационные характеристики системы: физические и пространственные характеристики газопроводов в геоинформационной системе, пространственное распределение влияющих гидрометеоусловий, статистику террористических актов и их масштаб, форсмажорные природные и антропогенные факторы.

**Физические характеристики газопроводов**

Сеть трубопроводов расположена вдоль основных дорог страны и состоит из труб большого диаметра, предназначенных для транспортировки газа под большим давлением. Диаметр труб варьируется от 8 до 92 см, а длина отдельных участков достигает 288 км. На рис.2, 3 в качестве примера приводятся статистические характеристики длин и диаметров газопроводных труб.

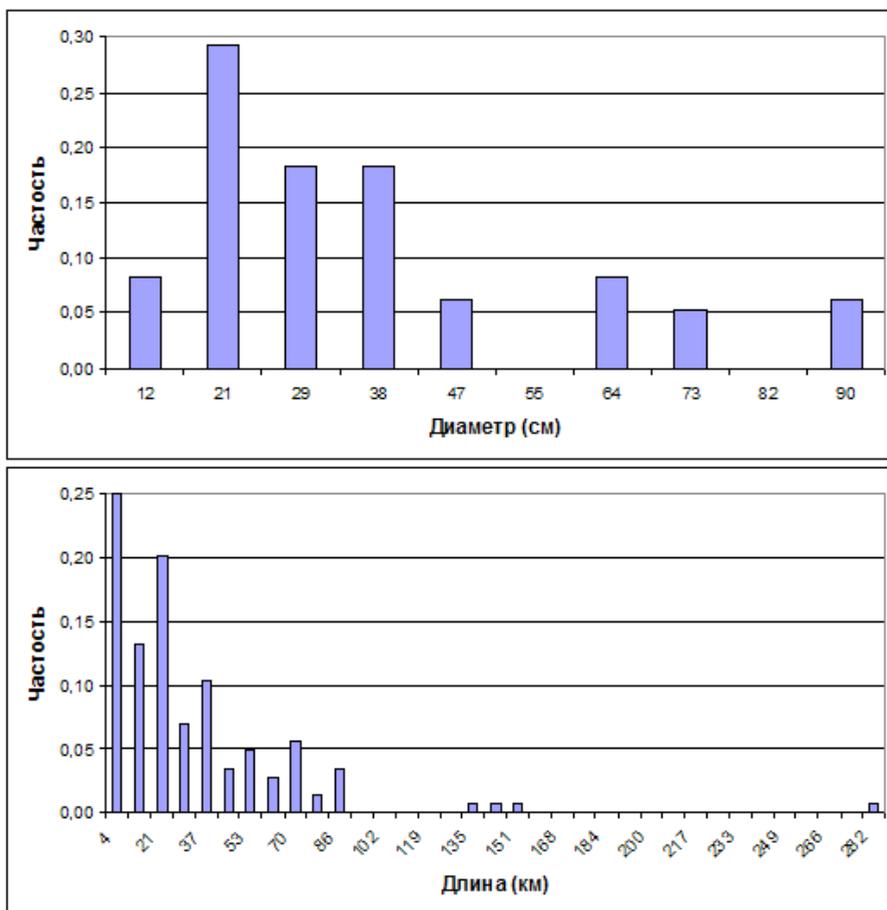


Рис.2. Статистические характеристики диаметров и длин газопроводных труб

Как видно из представленных выше графиков, большая часть газопроводной инфраструктуры состоит из участков, протяженностью не более 30 км с диаметром от 15 до 40 см. Аналогичным образом производится анализ срока эксплуатации труб, статистика природных и техногенных влияний, что позволяет оценить вероятностные и логические характеристики для применения логико-вероятностных методов оценки рисков в системе и выработки соответствующих рекомендаций. Проблемы безопасной эксплуатации газопроводов заключаются в том, что большая часть информации о трубопроводах компаний SSGC и SNGPL имеется только в виде традиционных печатных карт и лишь незначительная часть была оцифрована. Сами же карты и техническая информация о магистралях хранятся в региональных отделениях компании. Централизованная система мониторинга, заблаговременного выявления неисправностей на трассе, а также интеллектуальная система принятия решений при устранении техногенных катастроф в Пакистане отсутствуют. Статистический анализ позволяет заключить, что основными причинами аварий на магистралях газопровода являются:

- коррозия труб в результате износа, а также воздействия погодных явлений, что не только создает пожароопасную ситуацию, но и является причиной увеличения доли неучтенного природного газа, в 2008 г.; неучтенный природный газ только для региона Карачи составил 3,8% от общего объема и уже в 2009 г. вырос до 4,9%;
- утечки в суставах, которые возникают в результате неправильного монтажа конструкций и заводских дефектов труб;
- одной из самых распространенных и крайне трудных для обнаружения причин разрушения подземной части трубопровода является давление грунта;
- нередки случаи человеческого вмешательства при проведении строительных работ близ трубопроводов;
- наводнения приводят к разрушительным последствиям, например, в результате разрушительного наводнения в 2010 г. было выведено из строя 900 км газопровода, что привело к потерям в размере 270 млн долл;
- землетрясения, обусловленные расположением Республики Пакистан на двух континентальных плитах, движения которых приводят к геодинамической активности в регионе, а сейсмическая активность выше 3-х баллов по шкале Рихтера способна вызвать деформацию и повреждение трубопровода;
- террористические акты, которым наиболее подвержены магистрали газопровода, находящиеся на западе и юге страны; только в 2010 г. было совершено более 300 нападений.

Утечки газа могут быть обнаружены вследствие: отсутствия давления на последующих компрессорных станциях; организации диспетчерского контроля и сбора данных (SCADA); жалобы клиентов.

Статистический анализ влияния перечисленных факторов позволяет оценить риски и выработать рекомендации в геоинформационной системе по прогнозированию, предотвращению и оптимизации структуры газоснабжения. Некоторые элементы пространственного анализа приведены в таблице.

### Анализ приоритетности факторов влияния на аварии газопроводов в провинциях Пакистана

Причины аварий	Провинции			
	1	2	3	4
Наводнения	Пенджаб	Синд	Хайбер-Пахтунхва	Белуджистан
Землетрясения	Хайбер-Пахтунхва	Белуджистан	Пенджаб	Синд
Террористические акты	Белуджистан	Хайбер-Пахтунхва	Синд	Пенджаб
Ущерб от строительных работ	Пенджаб	Синд	Хайбер-Пахтунхва	Белуджистан

### Заключение

Для вычисления вероятностей риска необходимо учитывать как особенности местности, так и геополитические условия страны. Для этого необходимо смоделировать факторы риска для каждого региона. В таблице представлены распространенные причины аварии и вероятность их появления в четырех провинциях (1 – максимальная вероятность, 4 – минимальная). Например, наводнение может представлять угрозу для газопроводов только в определенных частях страны, таких как Пенджаб и Синд. Это же касается и землетрясений – вся территория республики может быть разделена на зоны с различными вероятностями геодинамической активности. Наиболее сейсмоопасными районами являются Хайбер-Пахтунхва и Белуджистан. Также анализ ситуации в отношении четырех регионов Пакистана может быть сделан на основе исторических свидетельств, таких как количество терактов в регионе, частота выхода из строя магистралей из-за определенных событий и т.д.

В качестве одного из основных выводов можно указать на целесообразность регионализации системы газоснабжения по сравнению с существующей единой системой, подтвердив возможность существенного повышения безопасности эксплуатации систем газоснабжения за счёт внедрения современных информационных технологий в базе знаний геоинформационной системы газоснабжения Республики Пакистан.

### Литература:

1. *Митько В.Б., Минина М.В.* Прогнозирование рисков в системе реагирования на чрезвычайные ситуации. Труды сем. «Проблемы риска в техногенной и социальной сферах», СПб, 2004, с.57-59
2. *Ивакин Я.А.* Методы интеллектуализации промышленных геоинформационных систем для диспетчеризации пространственных процессов. // Под ред. Р.М. Юсупова.-СПб.: СПИИРАН, 240 с.
3. *Можжаев А.С.* Универсальный графоаналитический метод, алгоритм и программный модуль построения монотонных и немонотонных логических функций работоспособности систем. // Труды международной научной школы «Моделирование и анализ безопасности и риска в сложных системах.-СПб.: Изд СПбГУАП, 2003, с. 28-34
4. *Рябинин И.А.* Надёжность и безопасность структурно-сложных систем.-СПб.: Изд-во С.-Петербургского Ун-та, 2007, 276 с.
5. *Яковлев В.В.* Экологическая безопасность, оценка риска.- СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2008, 398 с.
6. *Малик С., Минина М.В., Соболева К.В.* Технологии информационной поддержки экологического менеджмента водопользования. Известия ЮФУ; №9, Технические науки. 2011, с. 200-206.

# СОЦИАЛЬНО-ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

*В.В. Небредовская*

## КОНСТИТУЦИОННЫЕ ГАРАНТИИ РЕАЛИЗАЦИИ АКТИВНОГО И ПАССИВНОГО ИЗБИРАТЕЛЬНОГО ПРАВА ПРИ ВЫБОРАХ ДЕПУТАТОВ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ДУМЫ ФЕДЕРАЛЬНОГО СОБРАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ 2011 ГОДА

*V.V. Nebredovskaya*

## CONSTITUTIONAL GUARANTEES OF THE REALIZATION OF ACTIVE AND PASSIVE SUFFRAGE IN ELECTIONS TO THE STATE DUMA OF THE RUSSIAN FEDERATION IN 2011

Демократия не может стать выше уровня  
того человеческого материала,  
из которого составлены её избиратели.  
Бернард Шоу

*В статье рассматриваются порядок формирования Государственной Думы Федерального Собрания Российской Федерации, основные гарантии реализации конституционного права избирать и быть избранным в органы государственной власти и в процессе исследования, представлены рекомендации по совершенствованию избирательного законодательства, регулирующего выборы высшего Законодательного органа России. Особое место в работе занимает формирование у студентов современных демократических представлений об избирательном праве и избирательном законодательстве.*

*Ключевые слова: избирательная система и избирательное законодательство, выборы депутатов Государственной Думы Федерального Собрания Российской Федерации*

*The article reviews the procedure of formation of the the State Duma of the Federal Assembly of the Russian Federation, covering the main guarantees of the realization of the constitutional right to elect and be elected to the state authorities, and in the process of research gives recommendations on the improvement of the election legislation, which regulates the Elections to the Supreme Legislature of the Russian Federation. The special part of the article is aimed at creating the students' contemporary democratic views on electoral right and electoral process.*

*Key words: legal culture, electoral system and electoral right, elections to the State Duma of the Federal Assembly of the Russian Federation*

Социально-экономическое развитие Российской Федерации зависит от выбора курса развития страны органами представительной власти, которые должны избираться на основе равного всеобщего избирательного права гражданами. В Российской Федерации на федеральном уровне прямым способом избирается одна палата Федерального Собрания, Государственная Дума и глава государства – Президент Российской Федерации. Именно в них воплощается высшая властеобразующая воля народа и от них дается главный импульс формированию всей исполнительной и судебной власти на федеральном уровне. Отсюда вытекает исключительно высокая роль выборов. Становление и развитие правового пространства в Российской Федерации одним из существенных условий имеют юридическое обеспечение императивного проведения выборов как единственного допустимого легитимного способа делегирования власти народа представительным государственным органам.

В декабре 2011 г. на территории России прошли выборы в высший законодательный орган – Государственную Думу шестого созыва, а в марте 2012 – Президента Российской Федерации, отшумели предвыборные дебаты, в жизни российского общества началась новая точка отсчета. На основании вышеизложенного, считаем, что выработка мер по преодолению безразличности граждан к институту выборов, их информирование об основных понятиях избирательного права и процесса, о личных, политических и социально-экономических вопросах, формирование электоральной культуры граждан являются приоритетным направлением.

Данная статья посвящена развитию правовых знаний студентов Российского Гидрометеорологического Университета в сфере избирательного законодательства. Полагаем, что в рамках одной публикации невозможно полноценно проанализировать достаточно объемные нормативно-правовые акты, регулирующие выборы представительных органов федерального, региональных и муниципальных уровней, а также роль и участие граждан в формировании дееспособного развитого государства. Поэтому автор попытается в рамках данного исследования осветить порядок формирования Государственной Думы Федерального Собрания Российской Федерации.

Избирательное право, регулирующее порядок проведения выборов, последние 18 лет является самым нестабильным, динамично развивающимся, постоянно изменяющимся институтом конституционного права Российской Федерации. Проведению выборов депутатов Государственной Думы Федерального Собрания РФ каждого созыва предшествовало принятие соответствующих нормативных правовых актов. Федеральные законы о выборах в Государственную Думу основываются на принятой 12 декабря 1993 г. Конституции Российской Федерации. В ней установлены принципы избирательного законодательства, содержатся конституционные гарантии реализации права российских граждан избирать и быть избранными в выборные органы, определен численный состав Государственной Думы.

Определяющее значение для избирательного права Российской Федерации приобрел Федеральный закон от 12 июня 2002 г. № 67-ФЗ «Об основных гарантиях избирательных прав и права на участие в референдуме граждан Российской Федерации» [1, с. 3]. В соответствии со статьей 3 Закона участие гражданина в выборах является свободным и добровольным. Никто не вправе оказывать воздействие на гражданина Российской Федерации с целью побудить его к участию или неучастию в выборах

и референдуме либо воспрепятствовать его свободному волеизъявлению. Таким образом, гражданин свободен в решении вопроса об участии или неучастии в выборах, чем достигается добровольность участия. Соответственно органы государственной власти, органы местного самоуправления, иные структуры и лица не вправе принуждать избирателей к участию или неучастию в выборах. Исходные начала данного принципа сформулированы в Международном пакте о гражданских и политических правах от 16 декабря 1966 г., в соответствии с которым гражданин имеет право голосовать и быть избранным на подлинных периодических выборах, производимых на основе всеобщего и равного избирательного права при тайном голосовании и обеспечивающих свободное волеизъявление избирателей [2, с. 8].

Основным законодательным актом, регулирующим выборы высшего законодательного органа России, является Федеральный закон от 18 мая 2005 г. № 51-ФЗ «О выборах депутатов Государственной Думы Федерального Собрания Российской Федерации» [3] (далее Закон о выборах депутатов) в редакции от 24 июля 2007 г. № 214-ФЗ [4]. Основной концепцией Федерального закона от 18 мая 2005 г. стала отмена смешанной избирательной системы, минимального порога явки избирателей, протестного голосования, а также повышение «заградительного барьера» с 5 до 7%. Одним из положений Федерального закона от 18 мая 2005 г. стала отмена смешанной избирательной системы и закрепление избрания депутатов Государственной Думы исключительно на основе пропорциональной избирательной системы. Тем самым, доступ в Государственную Думу стал открытым только для представителей политических партий. Это порождает новые проблемы конституционности реализации пассивного избирательного права. В свете проводимых преобразований избирательной системы Российской Федерации возникает далеко не риторический вопрос представительной природы данного института законодательной власти. Против партийной монополизации Государственной Думы высказались также Ю. Голик и Л. Карапетян. Они полагают, что такая тенденция развития политической системы идет вразрез с положениями Конституции Российской Федерации, объективными потребностями формирования в нашей стране гражданского общества [5, с. 18].

Пропорциональная система порождает новые проблемы конституционности реализации пассивного избирательного права. А это является нарушением ряда статей Конституции Российской Федерации. В их числе:

- статья 19 Конституции Российской Федерации, согласно которой все равны перед законом и судом. Государство гарантирует равенство прав и свобод человека и гражданина независимо от принадлежности к общественным объединениям;
- статья 32 Конституции РФ, провозглашающая, что граждане Российской Федерации имеют право избирать и быть избранными в органы государственной власти;
- статья 30 Конституции РФ, закрепляющая, что никто не может быть принужден к вступлению в какое-либо объединение или пребыванию в нем;
- статья 55 ч. 2 Конституции РФ, в соответствии с которой в Российской Федерации не должны издаваться законы, отменяющие или умаляющие права человека и гражданина.

При переходе к формированию Государственной Думы полностью по пропорциональной избирательной системе необходимо принять в расчет требования п. 4 ст.

3 и п. 3 ст. 10 Конвенции о стандартах демократических выборов, избирательных прав и свобод в государствах-участниках СНГ (ратифицирована Россией 2 июля 2003 г., вступила в силу 11 ноября 2003 г.) [6, с. 18-34], закрепляющих право граждан избираться в представительные органы не только в составе партийных списков, но и в порядке самовыдвижения.

Осознание возможности постановки вопроса о соответствии отказа от мажоритарной избирательной системы Конституции РФ побудило предусмотреть в Законе о выборах депутатов институт выдвижения кандидатов в порядке включения в партийный список. Политическая партия является единственным видом общественного объединения, которое обладает правом выдвигать кандидатов (списки кандидатов) в депутаты Государственной Думы Федерального Собрания Российской Федерации и на иные выборные должности в органах государственной власти. Новелла избирательного законодательства состоит в том, что гражданин Российской Федерации уже не может выдвинуться в депутаты Государственной Думы Федерального Собрания РФ, минуя партию и обратившись к избирателям напрямую. Теперь гражданин РФ может стать депутатом Государственной Думы только в том случае, если:

- политическая партия решила выдвинуть данного гражданина в депутаты (включила в свой партийный список под определенным номером);
- список данной партии набрал достаточное число голосов, чтобы гражданин получил мандат.

Конечно, проведение выборов законодательного органа по партийным спискам имеет ряд положительных факторов и преимуществ. А отмена мажоритарных выборов устранил административный и финансовый беспредел во время избирательных кампаний по одномандатным округам и обеспечит экономию бюджетных средств. Однако у выборов по избирательным округам тоже есть свои положительные факторы. Иными словами, плюсы и минусы есть у обеих систем [7, с. 38-42]. Поэтому всегда наиболее приемлема смешанная система выборов, нивелирующая недостатки каждой из составных частей. Именно по этой системе смешанного типа решено проводить выборы региональных парламентов - депутатов законодательных органов субъектов Российской Федерации. Проведение же выборов депутатов Государственной Думы исключительно по партийным спискам вряд ли способно обеспечить безусловное развитие парламентаризма и партийной системы в России.

По нашему мнению, смешанная избирательная система с механизмом компенсации отклонений от пропорционального представительства делает возможным строительство правового государства, чем система с простым сочетанием мажоритарной и пропорциональной системы.

Следующим существенным аспектом российской избирательной системы является установление так называемого «заградительного порога», то есть установленного Федеральным законом от 18 мая 2005 г. минимального процента голосов от общего числа проголосовавших избирателей, который должен набрать список кандидатов для того, чтобы быть допущенным к распределению депутатских мандатов. Это приводит к тому, что значительное количество партий, получивших достаточно большое количество голосов избирателей, оказываются не представленными в парламенте, что, безусловно, искажает принципы пропорционального представительства.

Конституционный Суд Российской Федерации признал конституционность процентного барьера, отметил, что введение так называемого заградительного пункта позволяет избежать раздробления депутатского корпуса на множество мелких групп с тем, чтобы обеспечить нормальное функционирование парламента, стабильность законодательной власти и конституционного строя в целом [8]. Высокие «заградительные барьеры» приводят к тому, что значительное количество партий, получивших достаточно большое количество голосов избирателей, оказываются не представленными в парламенте, что, безусловно, искажает принципы пропорционального представительства.

По мнению автора, наиболее оптимальным является установление применявшегося на выборах 1993–2003 гг. 5%-ного барьера, хотя и он, во всяком случае, по меркам западных демократических стран, является достаточно высоким. Увеличение заградительного барьера при переходе на пропорциональную избирательную систему снижает возможность более глубокой дифференциации структуры общественных интересов и их представительства в парламенте.

Еще одной новеллой Федерального закона от 18 мая 2005 г. является отмена нижнего порога явки избирателей. Вплоть до недавнего времени, согласно п. «а» ч. 2 ст. 70 Федерального закона от 12 июня 2002 г. № 67-ФЗ «Об основных гарантиях избирательных прав и права на участие в референдуме граждан Российской Федерации» [1], выборы признавались несостоявшимися в случае, если в них приняло участие менее 25 % от числа внесенных в списки избирателей. В новой редакции Федерального закона отменен минимальный порог явки избирателей, фактически власть может быть избрана любым количеством проголосовавших.

В литературе высказываются различные мнения по поводу отмены минимального порога явки избирателей. Согласно первой позиции, в выборах участвуют только те, кто действительно заинтересован в их определенных результатах. Предполагается, что эти избиратели и являются подлинными выразителями воли народа, принимающими решения от его имени. Тем же, кто не явился, результат безразличен, и, соответственно, никакую волю они не выражают. Однако, по мнению А.В. Зиновьева и И.С. Поляшовой, с данными выводами трудно согласиться. Закон не должен провоцировать и поощрять политическую индифферентность граждан [9, с. 99].

С другой стороны, неучастие в выборах может иметь значение определенного политического решения, т.е. бойкота. Если пришло и выразило свою волю путем голосования меньшинство, то и большинство самим фактом неявки на выборы (бойкота) также выразило свою волю и определенную (негативную) позицию как по отношению к существующему политическому режиму, так и по отношению к представленным кандидатам, и в условиях демократии мнение этого большинства должно оказаться решающим.

Предлагаемое некоторыми авторами введение обязательного голосования, конечно, резко изменит современную картину, приведет к большому увеличению числа голосующих. Там, где оно вводилось, явка избирателей иногда возрастала до 90%, ибо неучастие в выборах зарегистрированных избирателей наказуемо [10, с. 12–14]. Необходимость выработки мер по преодолению пассивности, апатичности граждан сегодня очевидна. Ведь от итогов выборов во многом зависит выбор курса развития.

Теперь обратимся к не менее конституционно значимому и спорному элементу механизма выборов – в Государственную Думу. Серьезную проблему составляет то, что в настоящее время, как для федеральных, так и для региональных выборов отменена возможность так называемого протестного голосования. В декабре 2007 г. избиратели уже не нашли в избирательных бюллетенях графу «против всех». Она исключена. Законодатели решили, что кандидат «против всех» мешает осознанному волеизъявлению избирателей.

Стоит заметить, что конституционная значимость данного института предопределяется фактической конституционной практикой. Согласно правовой позиции, сформулированной Конституционным Судом Российской Федерации применительно к проблеме признания выборов не состоявшимися в Постановлении от 10 июня 1998 г. № 17-П, каждый избиратель имеет право выражать свою волю в любой из юридически возможных форм голосования в соответствии с установленными процедурами, с тем чтобы при этом исключалась возможность искажения существа волеизъявления избирателей; воля избирателей может быть выражена голосованием не только за или против отдельных кандидатов, но и в форме голосования против всех внесенных в избирательный бюллетень кандидатов [12]. Другими словами, социально-политический смысл протестного голосования заключается в том, что избиратели стремятся сократить представительство в высшем выборном органе государственной власти тех политических сил, лидеры и программные установки которых не вызывают доверия и не соответствуют интересам данной части избирателей.

Несомненно, что проблемы совершенствования избирательных систем и избирательного права должны рассматриваться в плоскости теории и практики реализации народного суверенитета. Закончить мне бы хотелось цитатой из обращения Президента Российской Федерации Д. А. Медведева к Федеральному Собранию, лидера списка «Единая Россия»: «Мы обновляем страну, обновляем общество, меняем нашу жизнь, меняемся сами. И по большому счету все, что мы делаем, мы делаем для тех, кого любим сильнее всего - для наших детей, потому что мы хотим, чтобы они жили лучше нас, чтобы они были лучше, чем мы, чтобы смогли сделать то, что, может быть, не успеем сделать мы, чтобы из их успехов сложилось успешное будущее нашей великой России. И я уверен, так и будет» [13].

Именно этим целям должны служить все процессы, происходящие в жизни государства, в том числе и политические. От того, какую страну сегодняшнее поколение передаст своим детям и внукам, зависит их будущее. И с этой точки зрения выбор органов представительной власти перестает быть формальной процедурой, предписанной Конституцией Российской Федерации. Ибо выборы - это инструмент по обеспечению достойной жизни людей.

Осветив лишь отдельные вопросы избирательной системы, используемой при выборах депутатов Государственной Думы, считаем, что в рамках лишь одной публикации невозможно сформировать у студентов Российского Гидрометеорологического Университета устойчивое представление о выборах, решающем значении каждого голоса. По нашему мнению, необходимо поднимать электоральную культуру и правосознание учащихся путем освещения этих вопросов избирательного права и процесса в дальнейших изданиях.

**Литература**

1. Федеральный закон «Об основных гарантиях избирательных прав и права на участие в референдуме граждан Российской Федерации» от 12 июня 2002 г. № 67-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации, 17.06.2002, № 24, ст. 2253..
2. Международный пакт об экономических, социальных и культурных правах от 19 декабря 1966 г. // Права человека: Сборник международных документов, с. 17-27.
3. Федеральный закон «О выборах депутатов Государственной Думы Федерального Собрания Российской Федерации» от 18 мая 2005 г. № 51-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации, 23.05.2005, N 21, ст. 1919.
4. Федеральный закон «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с принятием Федерального закона «О внесении изменений в уголовно-процессуальный кодекс Российской Федерации» и Федеральный закон «О прокуратуре Российской Федерации» от 24 июля 2007 г. № 214-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации, 30.07.2007, N 31, ст. 4011.
5. *Голик Ю., Карапетян Л.* Не борьба за власть, а участие во власти // Парламентская газета, 2004, 24 ноября.
6. Конвенция о стандартах демократических выборов, избирательных прав и свобод в государствах – участниках Содружества Независимых Государств (Кишинев, 7 октября 2002г.) // Бюллетень международных договоров, 2006, № 2.
7. *Скосаренко Е.Е.* Некоторые особенности применения пропорциональных избирательных систем // Журнал о выборах. 2004, № 4.
8. Постановление Конституционного Суда РФ от 16 февраля 2007 г. № 11-П «По делу о проверке конституционности отдельных положений статей 3, 18 и 41 Федерального Закона «О политических партиях» в связи с жалобой политической партии «Российская коммунистическая рабочая партия – Российская партия коммунистов» // Собрание законодательства Российской Федерации, 23.07.2007, № 30, ст. 3989.
9. *Зиновьев А.В., Поляшова И.С.* Избирательная система Российской Федерации. СПб, 2003, с. 99.
10. Становление новой российской государственности: реальность и перспективы: Открытый доклад. М., 2000.
11. Постановление Конституционного Суда РФ от 10.06.1998 № 17-П «О проверке конституционности положений пункта 6 статьи 4, подпункта «а» пункта 3 и пункта 4 статьи 13, пункта 3 статьи 19 и пункта 2 статьи 58 Федерального закона от 19 сентября 1997 года «Об основных гарантиях избирательных прав и права на участие в референдуме граждан Российской Федерации» // Вестник Конституционного Суда РФ, 1998, № 5.
12. Ежегодное послание Президента Российской Федерации Федеральному Собранию от 30 ноября 2010 г. Официальный сайт Президента Российской Федерации, <http://www.kremlin.ru>.

*С.В. Шендерова*

**ПРЕДПОСЫЛКИ ФОРМИРОВАНИЯ ИНСТИТУЦИОНАЛЬНОГО  
МЕХАНИЗМА МНОГОУРОВНЕВОГО ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ В  
ЗАПАДНОЙ ЕВРОПЕ**

*S.V. Shenderova*

**PRECONDITIONS OF MULTI-LEVEL HIGHER EDUCATION INSTITUTIONAL  
ARRANGEMENT FORMATION IN WESTERN EUROPE**

*В статье раскрываются предпосылки формирования институционального механизма многоуровневого высшего образования в Западной Европе. Рассматривается исторический, политический, экономический контекст развития внешней институциональной среды внутривузовских механизмов управления академической деятельностью.*

*Ключевые слова: многоуровневое высшее образование, институциональный механизм, управление университетом, Болонский процесс, институциональная среда.*

*The Preconditions of Formation of multi-level higher education institutional arrangement in Western Europe are revealed in the article. The historical, political and economic context of the external institutional environment for internal university arrangements and academic activities management are considered.*

*Key words: multi-level higher education, institutional arrangement, university management, Bologna Process, institutional environment.*

Университет (вуз) имеет двоякую природу: как учреждение высшего образования он является экономическим агентом и, как участник воспроизводства знания как общественного, мериторного и доверительного блага, обладающий развитой системой собственных внутренних регуляторов и правил, является институтом [Шендерова, 2011, С. 19-20.]. Великая Хартия Университетов 1988 г. определяет **университет как автономный институт** (*institution*) в основе обществ, различно организованных в силу географических или исторических причин. Университет производит, изучает, оценивает и передает из поколения в поколение культуру посредством научного исследования и преподавания [Magna Charta, 1988].

Каждый вуз взаимодействует с внешней для него институциональной средой и так или иначе участвует в формировании институционального механизма высшего образования, которое на определенном этапе развития становится многоуровневым. Эта функция университета направлена не только вовне; она институционализована прежде всего внутри него. Внутренняя институциональная среда вуза (далее внутривузовская институциональная среда) является одним из мощнейших факторов формирования культуры выпускников и, как следствие, тех сфер общественной и экономической жизни, где они действуют в дальнейшем.

Во внутривузовской институциональной среде действуют ее основные стейкхолдеры: обучающиеся, преподаватели, исследователи, административно-управленческий,

технический персонал и топ-менеджмент университета. Эта среда образует рамки правил, формальных и неформальных регуляторов, традиций, в рамках которых формируются внутренние для вуза механизмы управления, способствующие либо препятствующие совместной научно-образовательной деятельности стейкхолдеров, т.е. основной деятельности вуза.

В старинных университетах Европы внутривузовские механизмы управления формировались «по горизонтали». Для средневекового европейского университета в пору его становления институционализация была условием выживания и встраивания в систему общественных и экономических отношений феодального общества. Академические свободы, т.е. право самостоятельно внутри себя определять содержание, процедуры освоения и подтверждения квалификации того или иного уровня, а также их спектр в целом являлись аналогичными праву средневековой гильдии, например, ставить свое клеймо на изделиях.

То., право присвоения собственных ученых степеней, автономная юрисдикция, а также право на забастовку и уход являлись основными. Именно эти академические, правовые и экономические рычаги влияния университет в первую очередь стремился зафиксировать указом верховного сюзерена, который гарантировал их уже существующей и доказавшей свой институциональный характер корпорации, производящей знание. Университет получал **свое право**, как феодалы и города, разве что не чеканя собственную монету. Указ государя наиболее крупного политического конгломерата неизменно производил впечатление на менее значительных, но территориально более близких к университету феодалов, на независимые в вопросах внутреннего самоуправления города и коммуны: конфликты с университетом становились для них чреватые суровой карой.

Гипотеза автора о том, что институционализация университета изнутри позволяет ему добиваться подтверждения своей автономии как корпорации извне подтверждается и историей обретения независимости Оксфордом. В 1201 г. уже более чем столетний и имеющий международные связи университет возглавляется Магистром (*Master scolarium Oxonie*). Вооруженный конфликт 1209 г. между университетом и горожанами носил явно институциональный характер: последние вмешались в права администрации университета судить собственных студентов. В 1214 г. Оксфорд добился первых привилегий, и именно тогда Магистр стал называться менее эксклюзивным для понимания «стейкхолдеров» внешней среды того времени титулом канцлера (*Chancellor*). В 1230-1240 гг. университет оборачивает в свою пользу противостояние короля и папы: с одной стороны, епископы по поручению папы защищают университет от короля; с другой стороны, канцлер быстро становится выборным руководителем, представляющим уже не епископа, а университет как *корпорацию мастеров*. Наличие изначальной средневековой терминологии в современном словаре и структуре управления университета также подтверждает длительность и институционализированность традиций управления и саморегулирования всех направлений деятельности в этом университете как корпорации, а, следовательно – сформулированную автором гипотезу об институционализации европейского университета как условия его существования.

Как бы не менялась центральная власть в университете, церкви и стране, прямое столкновение с постоянно усложняющейся по собственным традициям системой poste-

пенно делало невозможным построение жесткой вертикали тривиально административного типа. Именно поэтому, как показано в табл. 1, несмотря на разнообразие наименований руководителей подразделений или их совокупностей, число должностных лиц, являющихся прямыми заместителями главного управленца университета (как бы он не назывался), даже в наиболее старинных университетах варьирует в среднем от 5 до 8.

Таблица 1.

### Количество заместителей ректора в наиболее старинных университетах Европы\* и России

Город размещения университета	Год первого упоминания	Кол-во обучающихся**	Кол-во проректоров
Болонья	1088	100 000***	6
Оксфорд	1096	21 000	5
Саламанка	1134	28 000	8
Кембридж	1209	19 000	5
Гейдельберг	1386	27 000	5
Мюнхен (LMU)	1472	40 000	5
Санкт-Петербург (СПбГУ)	1724	30 000	19
Москва (МГУ)	1755	53 450	14

\* Парижский университет (Сорбонна) не включен, т.к. расформирован в середине XX в. на несколько университетов.

\*\* по данным официальных сайтов университетов на момент обследования (август 2011 г.).

\*\*\* включая филиал в Буэнос-Айресе

Автор выделяет основные свойства их внутривузовской институциональной среды, которые представляются наиболее значимыми в ходе дальнейшего сравнительного анализа с эволюцией внутривузовского управления российских университетов. Это:

- институционализированность процедур назначения и/или выбора на должность;
- институционализированность процедур исполнения должностных обязанностей в основополагающих университетских документах;
- система сдержек и противовесов, зафиксированная в основных документах университета;
- подотчетность центральной администрации высшим коллективным органам управления университетом;
- подотчетность каждого отдельного должностного лица тем или иным органам внутреннего самоуправления университета;
- ограниченность количества прямых заместителей первого должностного лица, в т.ч. в основополагающих университетских документах (в среднем от 5 до 8) независимо от размера университета и числа обучающихся.

Контроль центральной администрации университета извне и изнутри может осуществляться разными способами. В старинных университетах существуют различные коллективные совещательные органы, заседания которых часто ритуализированы и

формальны, но, тем не менее, предполагает публичный отчет топ-менеджмента вуза по меньшей мере перед несколькими советами, являющимися правящими органами университета. В коллегиальных университетах их число может достигать трех, и зачастую они очень похожи на многопалатный парламент и монархии, где канцлер «царствует, но не правит», пожизненно неся церемониальные функции.

Эти советы, а особенно то общество, что в старинных университетах их несколько, также несут на себе следы средневековых «сделок» со стейкхолдерами. Такие советы, громоздкие и ритуализированные, будучи по сути университетскими парламентами, представляют его как институт, закрепляя церемонией не административные решения, но саму институциональную суть университета, соединяя тем самым внешнюю и внутривузовскую институциональные среды. Одни из них несут церемониальные функции выбора или утверждения кандидатуры канцлера как номинального главы университета; другие представляют университетский коллектив сотрудников и руководителей всех, в т.ч. технических подразделений. Ученые советы факультетов и/или колледжей и/или центров представляют собой институционализованные по подразделениям группы интересов.

Университетский Совет (*University Council*) несет ответственность за определение целей академической политики, научно-образовательную стратегию университета и их реализацию, а также стратегические решения в области финансов и собственности университета. Этот совет, в отличие от охарактеризованных выше, имеет важные управленческие функции, воплощаемые прежде всего в работе его постоянных комиссий. Чаще всего это комиссии по образованию, исследованиям, планированию и ресурсам, кадровой политике в области образования и научных исследований и т.п. Такие комиссии могут возглавляться соответствующими проректорами, либо проректоры могут входить в них в качестве рядовых членов и регулярно отчитываться перед комиссиями о ходе своей деятельности; в такие комиссии могут входить деканы, бывшие деканы, бывшие проректоры и т.п., в т.ч. возглавляя их.

То, контролируя центральную административную вертикаль изнутри, постоянные комиссии Университетского совета выполняют функции:

- обратной связи управленческой вертикали и университетского ППС по наиболее важным направлениям деятельности университета и их текущей реализации;
- противовесов, уравнивающих жесткость центральной вертикали топ-менеджмента коллегиальным рассмотрением и оценкой работы каждого ее представителя;
- инструмента кадровой политики и средства смягчения отставок, а также кадровой преемственности.

Студенческий совет, который на центральном уровне тоже может быть не один, также институционализирован и также контролирует центральную администрацию. В Средние века она была вынуждена поддерживать диалог со стихийно создававшимися органами студенческого самоуправления, в ином случае рискуя оказаться между неуправляемой толпой студентов и антиуниверситетски настроенными горожанами. Администрация вуза не столько контролировала появление таких организаций, сколько ритуализировала и институционализировала их деятельность в университетских уставах. Это фиксировало права студенческих советов в самых разных областях

академической и иной деятельности на много столетий вперед, возводя их из подконтрольной функции в обязанность как студентов, так и администрации. Именно на этом основании современные студенческие советы выдвигают своих представителей в администрацию вузов и включают их в аккредитационные комиссии, оценивающие процедуры, обеспечивающих следование ориентирам качества образования.

Институциональная сущность студенческих организаций и традиций их деятельности, зафиксированных в университетских уставах, состоит в том, что студенчество и его различные сегменты предстают как стейкхолдеры внутривузовской институциональной среды, формулирующие свои интересы не менее четко, чем ППС и руководители подразделений, присутствующие в комиссиях большого Университетского совета.

Итак, сложные управленческие механизмы европейских университетов, сохраняемые и развиваемые в течение тысячелетия, с одной стороны, подтверждают права университета на управленческую и академическую автономию перед основными группами интересов внешней институциональной среды, а, с другой стороны, защищают и замыкают внутривузовскую институциональную среду, стараясь максимально учесть и уравновесить интересы всех ее стейкхолдеров.

Включение крупных церковных и светских феодалов в высшие университетские советы или назначение представителя королевской семьи номинальным главой университета делало университетскую корпорацию равным партнером правящих кругов Средневековья, давало возможность диалога для расширения привилегий, отстаивания университетской независимости. Институционализация для внешней среды и изнутри позволила европейским университетам не только выжить, но и встроиться в механизмы феодального общества как корпорации. Но закрытости такой формы противоречила специфика содержания деятельности университета, само развитие образования, науки и тех, кто их создает, как *academia*, внесловного сообщества мыслителей. Расширенное воспроизводство знания и обновление университета учениками есть условие его развития, предполагающее открытость внешней среде и другим университетам.

С развитием капитализма университет превращался в «башню из слоновой кости», все более изолирующуюся от реалий эволюционировавшей экономики, процессов формирования национальных государств и рынков, кадрового обеспечения их развития. Между тем капитализм неотвратимо делал образование все более разветвленной отраслью экономики. К началу XX в. стало формироваться высшее образование, понимаемое как следующее, «третичное» (*tertiary education*), после начального и среднего. Поэтому современные западные институты высшего образования (*higher education institutions, HEI*) являются аналогом российского понятия «вуз» лишь отчасти: в их число входят и политехникумы, и ряд колледжей, не ведущих научной работы, обучение в которых позволяет овладеть профессией и иметь документ о квалификации, научно-исследовательские институты (далее НИИ), реализующие образовательные программы для магистров и/или аспирантов, и бизнес-школы, реализующие программы MBA и их разновидности, и иные учреждения дополнительного образования, и университеты прикладных наук и т.п.

Университеты и принадлежат к сообществу вузов, и возвышаются над ними как институты, основанные на фундаментальной науке и воспроизводящие ее, институционально оформляя вклад каждого ученого в этот процесс как присуждение

*собственных* ученых степеней и званий. В пору разработки первых образовательных программ не существовало ни «образца» диплома, ни стандартов образования, ни государства, которое бы смогло бы их установить и контролировать единообразие учебных степеней и уровней высшего образования; каждый университет ранжировал их по своему. Столетиями присваивая собственные ученые степени и звания, вуз вкладывает в них свое уникальное содержание; качество образования и исследований обеспечивается адекватной традициям и вызовам времени внутривузовской институциональной средой, позволяющей контролировать и совершенствовать университетский менеджмент, и прежде всего, управление академической деятельностью.

Именно поддержание традиций и развитие внутривузовской институциональной среды, способствующей коллективному интеллектуальному труду преподавателей-исследователей и их учеников — основа репутации, бренда современного университета с богатой историей. Конкурентоспособность диплома обеспечивается коллективным трудом топ-менеджеров, преподавателей, исследователей, технического персонала, студентов и университетом в целом как институтом, способствующим развитию науки, образования и общества, в т.ч. благодаря интеллектуальному вкладу конкретного обладателя квалификации. Совершенствуясь, университет, способный расширенно воспроизводить не знающее границ научное знание и культуру, выживает не как закрытая корпорация, стремящаяся к автаркии, превращающая своих членов в сословие и обслуживающая статусные интересы властных элит, но как институт современной экономики и общества, способный приспособиться к изменениям институциональной среды, не спекулируя правом присвоения собственных ученых степеней и званий.

Экономикой становилась все больше востребована единая природа науки. По мере того как «капитализм становился на свои собственные ноги», открытия фундаментальной науки внедрялись в быт, а прикладное знание все больше систематизировалось на научной основе; наука становилась непосредственной производительной силой, а информация — ресурсом, фактором производства, наравне с землей, трудом, капиталом и предпринимательскими способностями. Многократно возрастал спрос не просто на готовые высококвалифицированные кадры, но и на образовательные программы, способные совершенствовать компетенции уже работающего персонала. Именно такой потребности внешней институциональной среды в совершенствовании отвечал механизм последовательных квалификаций/ ученых степеней как подтверждающих повышение уровня компетенций личности, которая уже не могла основываться на однажды полученном «базовом» высшем образовании. Рос спрос и на дополнительные образовательные программы, так сказать, «инструментального» характера, все более актуализировавший их сочетаемость с квалификациями высшего образования.

Все это сформировало спрос бизнеса и науки, промышленности и сферы услуг и самого академического сектора не просто на высшее образование, но на обучение в течение всей жизни. В наибольшей степени этот спрос удовлетворяло именно многоуровневое высшее образование, где последовательные и непротиворечивые уровни квалификаций сочетались бы с дополнительными образовательными программами таким образом, чтобы становилось возможным выстраивать индивидуальную образовательную траекторию.

То., становящиеся все более разнообразными предпочтения стороны спроса предполагали не столько наличие рынка высшего образования как такового, сколько ряд рынков ООП различных уровней и дополняющих их краткосрочных и среднесрочных программ повышения квалификации. Вместе с тем квалификации, относимые в той или иной стране к категории *tertiary education*, как и присваивавшие их вузы, были настолько разнообразны, что бизнес затруднялся формулировать ориентиры для отрасли; приоритет оставался за опытом работы.

Итак, проблема построения системы многоуровневых и непротиворечивых квалификаций все острее вставала перед европейским образовательным, прежде всего, университетским сообществом: удовлетворение спроса, предъявляемого реальным сектором экономики, напрямую определяло перспективы финансирования вузов, попавших в 1980-х в полосу жесткого секвестра, равно как и количество обучающихся в них студентов [Shattock M., 2003, P. 2].

Между тем индустриальные общества в странах Западной Европы, пройдя две мировые войны, становились постиндустриальными, а экономики из рыночных становились смешанными, социально-ориентированными. Цели социальной стабильности, соображения равенства возможностей, увеличение финансовых возможностей государства и его активное участие в формировании благоприятной для развития образования и науки институциональной среды также стали важными предпосылками формирования институционального механизма многоуровневого высшего образования: требования элитарности предъявляются прежде всего к уровню производимых в вузе знаний, а не к способностям вуза ограничить приток желающих получить образование и подтверждающие его квалификации/ученые степени их социальным происхождением и статусом.

Граждане получают возможности удовлетворить свои потребности в образовании и, тем самым, обзавестись знанием как ресурсом, наукой как производительной силой, а государство предоставляет им для этого необходимые финансовые механизмы и институциональную среду как для обретения новых компетенций, так и для их дальнейшего развития и использования с целью повышения собственного благосостояния и, по П. Самуэльсону, суммарного благосостояния общества [Samuelson P.A., 1954]. Тем самым спрос на высшее образование и сопряженные с ним образовательные программы многократно расширяется. Академический сектор благодаря социально-ориентированной политике большинства европейских государств столкнулся с качественным и количественным ростом потребностей в массовом высшем образовании, их дифференциацией и возможностью развитых экономик поддержать этот спрос. И это еще одно обстоятельство, обуславливающее необходимость формирования институционального механизма многоуровневого высшего образования.

Университет уже не может быть *camera obscura*: чтобы подтвердить права на признание собственных ученых степеней обществу, все большая часть которого интересуется его возможностями, он должен открыть ему свою внутреннюю институциональную среду, причем не просто так, а демонстрируя свои конкурентные преимущества по сравнению с другими институтами высшего образования. Институционально преимущество университетов состоит именно в традициях многоуровневых образовательных программ, основанных на научных исследованиях, тогда как их «прикладные» конкуренты опережают их в открытости и активности взаимодействия с бизнесом.

Однако для сравнения образовательных программ и выбора не только дисциплинарной области, но и уровня образовательной программы, как потребителям образовательных услуг и кадров, так и самим вузам необходимы ориентиры для сопоставления ученых степеней, присваиваемых разными университетами по разным правилам. Университеты могли взаимообразно при приеме, допустим, на докторские программы признавать магистерские степени, а могли не признавать; многое зависело от межвузовских договоренностей, репутации университета или даже одного его представителя в академической среде.

Число ассоциаций, в которые объединялись между собой на добровольной основе вузы, могло быть значительным, а принципы объединения самыми разнообразными: по отраслевому признаку, по дате основания, по типу университета ит.п. Все эти объединения не решали главной задачи: сопоставимости и признания дипломов между вузами и работодателями даже в рамках одной страны. Т.о., взаимодействие стороны спроса и стороны предложения на рынках отрасли было чрезвычайно затруднено из-за институциональной несогласованности в высшей школе. Возникла потребность в централизованной руководящей структуре, которая бы определила и согласовала пучки квалификационных уровней ориентиров со всеми стейкхолдерами отрасли.

Наконец, решающее ускорение процессу формированию Европейского пространства высшего образования, в котором стало бы возможно согласование уровней квалификаций высшего образования, было придано падением Берлинской стены (1989), расширением Шенгенской зоны (1995-1997), вступлением в силу Маастрихтского договора (1993-1995). К рубежу тысячелетий завершалось формирование общего рынка труда, что многократно упрощало мобильность высококвалифицированных кадров, способы их оплаты и найма. Ответ на этот вызов внешней институциональной среды определял возможности выживания и развития каждого отдельно взятого вуза и академического сообщества в целом в новых политико-экономических условиях. В 1999 г. состоялось подписание Болонской декларации, провозгласившей создание ЕВПО и в первую очередь системы последовательных, непротиворечивых и взаимно признаваемых квалификаций высшего образования.

Таковы были исторические и политико-экономические основы формирования внешней институциональной среды для институционального механизма многоуровневого высшего образования в Европе как совокупности компонентов, снижающей транзакционные издержки сотрудничества и конкуренции институтов высшего образования и способствующей адаптации к новым ограничениям институциональной среды и их трансформации с целью увеличения каналов и источников финансирования.

### Литература

1. *Шендерова С.В.* Институциональный механизм многоуровневого высшего образования в Российской Федерации: формирование и развитие. — СПб: Изд-во СПбГУЭФ, 2011. — 211 с.
2. *Magna Charta Universitatum.* — Bologna, Bologna University, 1988.
3. *Shattock M.* Managing Successful Universities. SRHE & Open University Press, 2003.
4. *Samuelson P.A.* The Pure Theory of Public Expenditures // The Review of Economics and Statistics. 1954. Vol. 36. № 4. November. p. 387-389.

*А.Ю. Гусева*

**ОБ АКТУАЛЬНОСТИ И ПРОТИВОРЕЧИВОСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УТОПИЙ**

*A.Y.Guseva*

**THE RELEVANCE AND CONTROVERSIAL ECOLOGICAL UTOPIAS**

*Автор статьи рассматривает в философско-эстетическом аспекте экологическую составляющую классических утопий, современные эколого-утопические проекты, представленные в произведениях философии и литературы, а также концепты экологической катастрофы и дистопии; анализируется соответствие этих проектов идеям концепции устойчивого развития. Продемонстрирована внутренняя противоречивость гуманитарного экологического проекта.*

*Ключевые слова: экотопия, экологическая утопия, экологическая гармония, аксиология устойчивого развития, экологическая катастрофа, экологическая фантастика, дистопия, гуманитарный экологический проект, гуманитарный экологический дискурс.*

*Author examines the philosophical and aesthetic aspect of the environmental aspect of classical utopias, modern eco-utopian projects presented in the works of philosophy and literature, as well as the concepts of environmental catastrophe and dystopia, analyzes these projects, according to the ideas of sustainable development. Demonstrated an internal inconsistency of environmental humanitarian project.*

*Keywords: ecotopia, an ecological utopia, an environmental utopia, ecological harmony, a sustainable development axiology, ecological accident, an ecological fantasy, a dystopia, the humanitarian ecological project, a humanitarian ecological discourse.*

Концепция устойчивого развития имеет определенную традицию понимания трех практических стратегий, создающих ее – экономической, социальной и экологической. Экономическая составляющая предполагает, что ограниченные ресурсы используются максимально эффективно и устойчиво сохраняется совокупный капитал. Социальная составляющая предполагает сохранение стабильности социальных и культурных систем. Экологическая составляющая требует поддержания целостности и стабильности экосистем. Таким образом, концепция устойчивого развития представляет собой попытку обоснования рационально-дружественного отношения к природе, и практики такого отношения.

Если рассматривать концепцию устойчивого развития в ракурсе утопического мышления, тогда она должна быть признана практопией. «Практопия» - термин, предложенный Э. Тоффлером в книге «Третья волна», - означает описание общества, которое лучше существующего в данный момент, но в то же время не является идеальным, то есть в его изображении признается наличие проблем и сложностей [Тоффлер, 2004]. Иначе говоря, это практически возможное будущее, где именно от конкретных людей и их конкретных действий по достижению устойчивого развития зависит его достижимость. Тоффлер называет «первой волной» процессы развития

традиционного общества, в основе которого аграрная экономика; «второй волной» - развитие индустриального общества, технологии которого требуют использования невозобновляемых углеводородных источников энергии; «третьей волной» назван переход к постиндустриальному обществу, где энергетическая база радикально изменяется, источниками энергии служат возобновляемые ресурсы, вполне в духе концепции устойчивого развития. Если учесть, что книга была написана уже более четверти века назад, прогнозы американского исследователя можно считать частично реализовавшимися. Но движение третьей волны зачастую замедляется: «защитников Третьей волны публично запутывают в словесных кружевах те, кого лучше всего называть силами Первой волны, - люди, которые призывают не к продвижению к новой, более разумной, более ресурсосберегающей и научно обоснованной системе, а к возврату в доиндустриальное прошлое. В крайней форме их политика приведет к уничтожению большей части техники, ограничению передвижения, что сделает города бесполезными и приведет к их умиранию, к навязыванию культуры аскетизма во имя охраны природы» [Тоффлер, 2004, с. 101].

Из приведенного фрагмента понятно, что ценностные структуры, мировоззренческие составляющие устойчивого развития противоречивы, и выявить это противоречие важно для определения дальнейшей перспективы. В самом общем виде оно может быть обозначено как вечное философское противопоставление идеальных личностных концептов-ценностей, и практики - как «универсального способа отношения человека к миру, который предполагает волю, усилия ума, ориентацию на будущее в целеполагании, в замыслении и в создании проекта, технологическом проектировании, в расчете средств, адекватных цели и необходимых для получения желаемого результата» [Огурцов].

Ключевые международные документы по проблемам и стратегиям устойчивого развития (Рио-де-Жанейрская Декларация и Повестка дня (1992), Йоханнесбургский план выполнения решений (2002), Киотский протокол (1997), не слишком успешные документы саммита в Копенгагене (2009), и другие) появились уже после того, как в современное массовое сознание вошли художественные тексты, авторы которых пытались рассказать, насколько хороша будет жизнь человечества, если все люди на практике реализуют экологически дружественное поведение.

Отметим, что в конце XX – начале XXI вв. известными стали те произведения, в которых осмыслены последствия нещадной эксплуатации ресурсов природы. Иначе говоря, чаще появлялись антиутопии. Именно на этой идее страшных последствий для человечества построен фильм «Неудобная правда» (2006), и появившийся по его мотивам художественный фильм «Век глупцов» (2009).

Хотя понятие «антиутопия» возникло в XIX в. благодаря Дж. С. Миллю, ее расцвет пришелся на век XX. Как отмечает специалист, антиутопия исторически восходит к сатирической традиции Дж. Свифта, Вольтера, Г.К.Честертона, но является сатирой на демократические и гуманистические идеалы, а не критикой существующей социальной действительности [Араб-Оглы]. Но если в произведении предлагается некий идеальный образец, описание общественного устройства, в котором установлена гармония социальных структур, природы и экономики, то его с полным правом можно отнести к утопиям.

Утопия и утопическое сознание многократно изучены в социально-гуманитарных исследованиях, но аспект экологических представлений в утопическом идеале исследован, как представляется, недостаточно. В задачу автора данной статьи входит, насколько возможно, рассмотрение взаимовлияний экологических утопий и экологической практики, с опорой на историю утопии и экоутопии и экскурсом (по необходимости) в философскую и фантастическую литературу. Помимо желания показать наличие экологических идей в истории утопических представлений, дополнительным мотивом стала странная ситуация с дипломным исследованием на тему экоселений, автор которого, молодой специалист-эколог, не понимал различия между экологическими поселениями и коттеджной застройкой вблизи мегаполиса.

Тонкий анализ гуманитарного экологического «проекта» с философских позиций провел А.М. Пятигорский в статье «Является ли будущее «зеленым» розовым?». Пятигорский показал, что современное экологическое мировоззрение неоднородно, и его границы определяются двумя основными течениями: «Первое (абстрактно-гуманистическое, научно-редукционистское и футурологическое, т. е. рассматривающее настоящее с точки зрения будущего) связано с именами Ж. Моно, И. Пригожина и ряда других ученых. Второе (антиредукционистское и по сути антигуманистское, если понимать гуманизм в традиционном либеральном смысле) ассоциируется прежде всего со взглядами Дж. Лавлока, и хотя оно также футурологично, но в нем человечество рассматривается как *составная часть* общего - природы и космоса» [Пятигорский, 1996, с. 370]. Также Пятигорский, полемизируя с Э.Р.Д. Голдсмитом, указал на тот факт, что экологические проекты имеют существенное сходство с утопическими построениями.

Э.Р.Д. Голдсмит (1928-2009), англо-французский писатель, журналист и эколог (редактировал журнал «The Ecologist»), был одним из первых сторонников теории Геи (Гайи) Дж. Лавлока. Пятигорский вкратце излагает идеи, высказанные Голдсмитом в книге «Путь»: 1) признание того, что устойчивость общества важнее, чем прогресс (следовательно, переход к отказу от технологического и потребительского образа жизни и разрушение мирового рынка); 2) появление новых структур политики (они санкционируют уничтожение рынка и остановку научно-технического прогресса, помогая организации новых социально-экологических условий). Существенно для Пятигорского (как для философа и человека, прожившего часть жизни в СССР и эмигрировавшего в 1973): отказ от прогресса, о котором пишет Голдсмит, должен быть добровольным. Призывы ограничивать рождаемость для сокращения численности человечества – не реализация мечты о светлом будущем, а проект следования необходимости, поскольку задача человечества в новой экологической ситуации - не достичь счастья, а просто выжить.

По мнению Пятигорского, проект Лавлока и Голдсмита, с одной стороны, не утопичен, так как представляет собой программу необходимых действий. Но, с другой стороны, он является утопией, поскольку «отменяет *политику*, как отменяют ее Платон в «Государстве», Гегель в «Феноменологии», Маркс и Энгельс в «Коммунистическом манифесте», Ленин в «Государстве и революции» и т. д.» [Пятигорский, 1996, с. 371]. Политика - столкновение частных интересов, а экологический проект заменяет их идеей родового выживания. Тут и происходит странное «превращение» идеи и действия. Если идея родового выживания человечества, благодаря экологическому движению, станет универсальной идеей человечества, любая другая идея ав-

томатически окажется ей противопоставляемой, и тогда «идеология обратным путем воспроизведет политику, и вся история опять пойдет с начала».

Кроме того, следует учитывать, что история культуры основана на тенденции выделения индивидуального в ущерб родовому началу, вытеснения и даже ликвидации рода в сознании человека; поэтому принять идею выживания всего человечества — идею рода, — не просто сложно, а практически невозможно для современного человека. Таким образом, экологический проект, в сущности, стремится к отмене культуры «по вертикали». В таком случае, своеобразным аргументом против идеи общеродового выживания в современном мире оказывается движение трансгуманистов, для которых важно именно индивидуальное продление жизни и потенциальное бессмертие личности. Представляется, что анализ экологических утопий позволяет обнаружить это противоречие, высказанное в образно-художественной форме; если же авторы экологических утопий не артикулируют такие моменты специально, то у читателей и зрителей возникают вопросы о логичности и убедительности текстов.

Если изучить историю европейских утопий, то выяснится, что экологический проект имеет весьма глубокие корни, в силу того, что европейская культурная традиция «по определению» предполагает преобразование природы человеком. Экологические моменты наличествуют уже в первой европейской утопии — платоновском «Государстве»; сюжет об Атлантиде из «Крития» и «Тимея» также может быть истолкован в экологическом ключе. Так, в «Критии» рассказывается о первоначальном природном изобилии и правильной земледелии в Аттике: «Плодородием же здешняя земля превосходила любую другую <...> даже нынешний остаток этой земли не хуже какой-либо другой производит различные плоды и питает всевозможных животных <...> за девять тысяч лет случилось много великих наводнений <...> земля не накапливалась в виде сколько-нибудь значительной отмели, как в других местах, но смывалась волнами и потом исчезала в пучине. И вот остался, как бывает с малыми островами, сравнительно с прежним состоянием лишь скелет истощенного недугом тела, когда вся мягкая и тучная земля оказалась смытой и только один остов ещё перед нами. Но в те времена еще неповрежденный край имел и высокие многохолмные горы, и равнины, которые ныне зовутся каменистыми, а тогда были покрыты тучной почвой, и обильные леса в горах. <...> среди наших гор есть такие, которые ныне возвращают разве только пчел, а ведь целы еще крыши из кровельных деревьев, срубленных в этих горах для самых больших строений. Много было и высоких деревьев из числа тех, что выращены рукой человека, а для скота были готовы необъятные пажити <...> Доселе существующие священные остатки прежних родников свидетельствуют о том, что наш теперешний рассказ об этой стране правдив. Таким был весь наш край от природы, и возделывался он так, как можно ожидать от истинных, знающих свое дело, преданных прекрасному и наделенных способностями землепашцев, когда им дана отличная земля, обильное орошение и умеренный климат» [Платон, 1994а, с. 505-506].

С одной стороны, мысль о разрушении экологической гармонии, подобная современным представлениям, объяснима присутствием в платоновском мировоззрении традиционной мифологемы золотого века и всеобщего ухудшения мира с течением времени, но, с другой стороны, попытки относительно рационального объяснения этого ухудшения свидетельствуют о «вечности» экологической проблематики.

Не менее интересен и рассказ об Атлантиде. Ее жители первоначально пребывают в состоянии не просто экологического благополучия – в состоянии изобилия, ресурсы которого они активно применяют для улучшения собственной жизни: «...большую часть потребного для жизни давал сам остров, прежде всего любые виды ископаемых твердых и плавких металлов <...> Лес в изобилии доставлял все, что нужно для работы строителям, а равно и для прокормления домашних и диких животных. Даже слонов на острове водилось великое множество, ибо корму хватало не только для всех прочих живых существ, населяющих болота, озера и реки, горы или равнины, но и для этого зверя, из всех зверей самого большого и прожорливого <...> всякий нежный плод и злак, который мы употребляем в пищу или из которого готовим хлеб, и разного рода овощи, а равно и всякое дерево, приносящее яства, напитки или умачения <...> всё это тогда под воздействием солнца священный остров порождал прекрасным, изумительным и изобильным» [Платон, 1994а, с. 509].

Преобразовательная деятельность властителей острова направлена на усовершенствование коммуникаций между разными областями, поскольку все остальное есть в изобилии. Атланты произвели преобразование своих территорий следующим способом: «...весь этот край лежал очень высоко и круто обрывался к морю, но вся равнина, окружавшая город и сама окруженная горами, которые тянулись до самого моря, являла собой ровную гладь <...> над устройством ее потрудились много царей на протяжении многих поколений. Она являла собой продолговатый четырехугольник, по большей части прямолинейный, а там, где его форма нарушалась, ее выправили, окопав со всех сторон каналом. <...> Принимая в себя потоки, стекавшие с гор, и огибая равнину, через которую он в различных местах соединялся с городом, канал изливался в море» [Платон, 1994а, с. 512].

Но затем происходит нарушение некоего божественного закона: «когда унаследованная от бога доля ослабела, многократно растворяясь в смертной примеси, и возобладал человеческий нрав, тогда они оказались не в состоянии долее выносить свое богатство и утратили благопристойность. Для того, кто умеет видеть, они являли собой постыдное зрелище, ибо промотали самую прекрасную из своих ценностей; но неспособным усмотреть, в чем состоит истинно счастливая жизнь, они казались прекраснее и счастливее всего как раз тогда, когда в них кипела безудержная жадность и сила» [Платон, 1994а, с. 515]. В период, когда человеческая часть в атлантах превысила часть божественную, произошла грандиозная катастрофа, в которой «Атлантида исчезла, погрузившись в пучину» [Платон, 1994б, с. 430].

Представляется, что можно интерпретировать этот конфликт божественного и человеческого в одном аспекте как конфликт традиции и новации, в другом – как конфликт родового и индивидуального начал. Индивидуальное «Я» противостоит привычному, традиционному, «родовому» взаимодействию с природой, но и божественное, и человеческое нацелены на получение природного блага.

Интересно, что параллель к платоновским текстам обнаруживается в популярной фантастической литературе современности: «Планета вновь возникла на экране, и я дернулся в кресле, невольно потянулся к экрану. <...> На стороне, обращенной к нам, были два материка.

Один – квадратный.

Другой – круглый.

<...>

Планету вновь затянули облака. Но даже сквозь них очертания материков оставались вполне угадываемыми.

Квадрат и круг. <...> Ведь и облака тянутся над планетой слишком аккуратно! Это не просто игры ветров, это чей-то деятельный разум прикрыл одни участки сплошным покровом туч, другие – подставил свету чужого солнца» [Лукьяненко, 1999, с. 236-237]. Так в книге популярного современного фантаста жители одной из множества заселенных разумными существами планет преобразовали поверхность своей родной планеты – даже из космоса материки на ней видны как квадрат и окружность с четкими границами. Правда, затем выясняется, что сохранять четкость материковых границ обязаны обитатели трудовых лагерей, маргиналы, выброшенные из «приличного общества» из-за асоциальных наклонностей. Буквально: зеки выходят к берегу, граблями и лопатами, а также вручную, перетаскивая камни, выправляют изрезанные прибором очертания квадрата и окружности. Лукьяненко, наш современник, понимает опасность утопического мышления – его высказывание вполне соответствует идее Пятигорского, – и пишет своего рода антиутопию (в сочетании с космооперой). Этот момент существенен, поскольку читатели такой фантастической литературы, как правило, – образованная и социально активная молодежь.

Небезынтересно и очевидное влияние Платона на образ идеального государства Томаса Мора. Государство Утопия расположено на острове, как и Атлантида, природа Утопии изобильна, жители ее тоже склонны к геометризации среды обитания – города, подобные столице Амауроту, строятся на склонах гор и берегах рек, и по форме представляют почти квадрат. Основные занятия жителей – земледелие и ремесла, причем, по описанию Мора, это устойчивое хозяйство, поскольку все утопийцы готовы в быту довольствоваться малым, но и не усердствуют с перепроизводством сельскохозяйственных товаров. Конфликт индивидуального и родового неактуален для «Утопии» – все жители идеальной страны одинаковы, все согласны с существующим порядком вещей, никто не собирается протестовать, отстаивая персональные интересы. Такое устойчивое общество более справедливо называть стагнирующим, будь оно реализовано. Или же все его граждане подобны крестьянке Хайдеггера<sup>1</sup>, постигающей смыслы земного бытия через простое ношение грубых башмаков [Хайдеггер, 2008].

Отметим, что, несмотря на утопические образы, мысль Мора настолько опережает его время, что он в XVI веке говорит о мировоззренческих явлениях, проявившихся в XX веке более явно – например, отношение утопийцев к охоте как к убийству вполне соотносимо с этико-экологическими идеями современности; также существование в Утопии группы людей, убежденных в том, что у животных есть вечная душа, как у человека, напоминает современных зоозащитников. Мор также рассказывает о новаторских методах в сельском хозяйстве – утопийцы, например, выводят цыплят в инкубаторе: «С удивительным умением они выхаживают бесконечное количество цыплят, ибо они не

<sup>1</sup> Хотя Хайдеггера и считают предтечей современной экофилософии, справедливости ради заметим, что изображенные Ван Гогом башмаки, о которых размышляет философ, принадлежали самому художнику, а не созданной философским воображением «крестьянке».

подкладывают яйца под курицу, но выводят и выхаживают потом большое количество цыплят, равномерно согреть яйца» [Мор, 1978, с. 175], хотя в целом сельскохозяйственные технологии у них примитивны, что поддерживает стабильность сельского хозяйства.

Изучение представлений Мора, как и платоновских, ведет нас к пониманию вечности экологической проблематики; точнее, к вечности проблемы сложного отношения человека к природе как естественной жизненной среде. Отношения утопийцев с природой описаны как достаточно гармоничные, во всяком случае, ресурсный потенциал острова так велик, что позволяет всем жителям получать необходимое для жизни, проводить приятные минуты, любясь природой, изучать природные явления, причем утопийцы делают все это более гармонично, чем в современной Мору Англии. С точки зрения концепции устойчивого развития можно, видимо, сказать, что на острове Утопия устойчивое развитие реализовано, не будь остров всего лишь литературно-философской моделью, построенной по законам абсолютных идеальных ценностей.

Почти столетие спустя после Мора Кампанелла в «Городе Солнца» также говорит о внимании соляриев к земледелию, но это уже, скорее, эксплуатация ресурсов: «нет ни одной пяди земли, не приносящей плода. Они сообразуются с ветрами и благоприятными звездами и, оставив в городе только немногих, выходят все вооруженными на поля: пахать, сеять, полоть, жать, собирать хлеб и снимать виноград; идут с трубами, тимпанами, знаменами и исполняют надлежащим образом все работы в самое незначительное число часов. <...> Землю они не удобряют ни навозом, ни илом, считая, что от этого загнивают семена и при употреблении их в пищу расслабляют тело и сокращают жизнь <...> землю они не прикрашивают, а тщательно ее обрабатывают, пользуясь при этом тайными средствами, которые ускоряют всходы, умножают урожай и предохраняют семена. <...> часть земли вспахивается, а остальная идет под пастбище скоту» [Кампанелла, 1947, с. 77-78]. Утопии Платона и Мора предшествуют размышлениям об экологических идеалах, и вполне понятно, почему у античного мыслителя и ренессансного гуманиста рефлексия экологической проблематики проведена через описание отношения человека и природы как гармоничных и равновесных. У Кампанеллы же в начале XVII в. (1602 год) **речь идет уже о достаточно сильном антропогенном давлении на природную среду, начавшемся разрушении равновесия, которое связано со становлением новоевропейской субъектно-объектной картины мира.**

Обращение к классическим утопиям дает очевидный вывод – экологическая проблематика имеет длительную историю, и вопрос об конечности ресурсов и необходимости изменения человеческого отношения к природе появился не сегодня. Но осознаны экологические проблемы как нечто важное только во второй половине XX в. в связи с угрозами исчерпанности ресурсов, необходимых растущей послевоенной экономике. Ни в античности, ни в позднем возрождении экономические проблемы еще не актуализированы в таком виде, а человеческая цивилизация еще не насчитывает такого количества обитателей, которое опасно превышает ресурсный потенциал планеты – по некоторым специальным подсчетам, население Земли превысило 1 миллиард только в XIX веке [Капица, 2009].

Значительно более активно экологическая утопия развивается в фантастической литературе второй половины XX – начала XXI веков. Представляется, что причины

здесь следующие. Во-первых, как сказано выше, рефлексия экологических проблем как проблем значимых и существенных для человеческой жизни начинается в 60-70-е годы XX века. Во-вторых, в гуманитарной культуре к середине XX века накоплен опыт антиутопических текстов. В связи с этим и появляются попытки дать некий образ должного экологического будущего, прекрасного и гармоничного.

Но, как всегда, из общего правила есть исключения — подобный образ гармонично преобразованной человеком природы можно найти уже в незаконченном произведении В.Ф. Одоевского (1803-1896), которого чаще вспоминают не как оригинального философа, во многом предвосхитившего идеи русского космизма, а как автора сказки «Городок в табакерке». В незаконченном произведении «4338 год. Петербургские письма» (1835), которое предполагалось как заключительная часть трилогии о прошлом (петровская эпоха), настоящем (тридцатые годы XIX в.) и будущем, Одоевский рассказывает о реальности, существенно напоминающей более поздние образы В.И. Вернадского. Так, герой книги в переписке сообщает другу о путешествии из Китая в Россию через Гималайский и Каспийский туннели, над которыми находятся горы и моря; об освоении воздушного пространства, потому что «летать по воздуху есть врожденное чувство человеку»; о специальных влияниях на холодный российский климат: «мы залетели к экватору, но лишь на короткое время, посмотреть начало системы теплохранилищ, которые отсюда тянутся почти по всему северному полушарию; истинно, дело достойное удивления! труд веков и науки! Представь себе: здесь непрерывно огромные машины вгоняют горячий воздух в трубы, соединяющиеся с главными резервуарами; а с этими резервуарами соединены все теплохранилища, особо устроенные в каждом городе сего обширного государства; из городских хранилищ теплый воздух проведен частию в дома и в крытые сады, а частию устремляется по направлению воздушного пути, так что во всю дорогу, несмотря на суровость климата, мы почти не чувствовали холода. Так русские победили даже враждебный свой климат!» [Одоевский, 1993, с. 42].

Следует отметить, что представления Одоевского о развитии городов также вполне утопичны — он предполагает, что в будущем Москва и Петербург образуют единый мегаполис, ради которого и было начато изменение климата. Кроме этих невероятных достижений, наши будущие соотечественники могут моделировать различные экосистемы. Так, Третье письмо повествует о «Кабинете Редкостей», то есть Кунсткамере, которая в далеком будущем представляет собой огромное здание в середине Невы: «Многочисленные арки служат сообщением между берегами; из окон виден огромный водомет, который спасает приморскую часть Петербурга от наводнений. Ближний остров, который в древности назывался Васильевским, также принадлежит к Кабинету. Он занят огромным крытым садом, где растут деревья и кустарники, а за решетками, но на свободе, гуляют разные звери; этот сад есть чудо искусства! Он весь построен на сводах, которые нагреваются теплым воздухом постепенно, так, что несколько шагов отделяют знойный климат от умеренного; словом, этот сад - сокращение всей нашей планеты; исходить его то же, что сделать путешествие вокруг света. Произведения всех стран собраны в этом уголке, и в том порядке, в каком они существуют на земном шаре. Сверх того, в середине здания, посвященного Кабинету, на самой Неве, устроен огромный бассейн нагреваемый, в котором содержат множество редких рыб и земно-

водных различных пород; по обеим сторонам находятся залы, наполненные сухими произведениями всех царств природы, расположенными в хронологическом порядке, начиная от допотопных произведений до наших времен» [Одоевский, эл. ресурс]. Это учреждение является и образовательным центром — герой Одоевского понимает, как русские ученые приобретают удивительные познания — для этого достаточно походить по Кабинету редкостей, и становишься сведущим натуралистом.

Свои познания ученые успешно применяют в практике изменения среды - в Пятом письме речь идет о парке «на Пулковой горе», где устроен чудесный сад с удивительными деревьями: «каких усилий ума и терпения стоило соединить посредством постепенных прививок разные породы плодов, совершенно разнокачественных, и произвести новые, небывалые породы; так, например, <...> нечто среднее между ананасом и персиком: ничего нельзя сравнить со вкусом этого плода; <...> также финики, привитые к вишневному дереву, бананы, соединенные с грушей; всех новых пород, так сказать, изобретенных здешними садовниками, невозможно исчислить» [Одоевский, эл. ресурс].

Но все эти удивительные воздействия человека на природу не могли бы быть осуществлены, если бы не произошли социальные преобразования. Об этом идет речь в Четвертом и Шестом письмах. Четвертое излагает рабочие привычки жителей России в будущем — все деятельные, а не праздные люди рано встают и рано ложатся спать, потому что утренние часы наиболее продуктивны для работы, и терять их не следует — поэтому даже визиты по утрам невозможны. Из Шестого письма можно узнать о существующей в будущем системе государственного управления, в которой есть должности: Министр философии, Министр изящных искусств, Министр воздушных сил; а Председателем Государственного Совета является Министр примирений. Сохраняются и более традиционные посты — Министр медицины.

Одоевский упоминает и о возможности освоения ближнего космического пространства — так, Луна оказывается источником снабжения Земли разными «жизельскими потребностями, чем отвращается гибель, грозящая Земле по причине ее огромного народонаселения». Русский мыслитель, как очевидно из цитаты, внимательно отнесся к достижениям европейской мысли, не забыв спроецировать в будущее закон Мальтуса. Эта идея содержится в заметках и набросках к книге, где можно найти еще множество недооформленных прогностических идей, впоследствии разработанных другими мыслителями.

Несмотря на преобладающую утопичность книги Одоевского, в ней также присутствуют намеки антиутопического характера. Писатель, хотя и романтичный, но рационалист, и осознает невозможность утопического общества. Поэтому прекрасная будущая жизнь в российском государстве находится под угрозой уничтожения, как и вообще жизнь на Земле, поскольку все персонажи книги ожидают через год жуткую космическую катастрофу — на Землю должна упасть комета Вьелы (то есть комета Галлея), и результаты этого непредсказуемы. Также Одоевский в незавершенных набросках предлагает острую сатиру на развитие науки: распространение просвещения привело к тому, что «многие люди, которые едва годны быть простыми ремесленниками, объявляют притязание на ученость и литераторство <...> Они до сих пор не могли постичь, отчего наши ученые гнушаются их сообществом, и в досаде принялись их передразнивать, завели также нечто похожее на науку и на литературу;

но, чуждые благородных побуждений истинного ученого, они обратили и ту и другую в род ремесла: один лепит нелепости, другой хвалит, третий продает, кто больше продаст - тот у них и великий человек» [Одоевский, эл. ресурс]. Возможно, что именно эти пессимистические замечания привели к тому, что при жизни автора даже завершенные фрагменты книги не были опубликованы полностью; первая относительно полная публикация с приложением набросков состоялась только в 1926 г. [Одоевский, 1926], вскоре было переиздание [Одоевский, 1929].

Мы так подробно указываем на эти издания, так как предполагаем, что именно с ними мог быть знаком советский ученый и писатель-фантаст И.А. Ефремов, который в середине двадцатых годов учился на биологическом отделении Ленинградского университета, а затем в Ленинградском горном институте, и вряд ли упустил из виду такую новинку, как сочинения В.Ф. Одоевского. Во всяком случае, идеи гармонизации человека и природы, предложенные Одоевским, могли в некоторой степени повлиять на образ будущей социально-природной гармонии в книгах Ефремова, даже если это влияние было опосредовано другими представителями русского космизма.

Для Ефремова будущее человечества представляется гармонией био-, социо- и техносферы. Близкий к традиции русского космизма, фантаст описывает должное будущее как экологически гармоничное, равновесное отношение человечества к преобразованной планете и ближнему космосу. Это некий идеал ноосферного развития, о котором речь идет в «Туманности Андромеды», «Часе быка». Ефремов рисует образ будущей гармоничной Земли: «После долгой экономической борьбы города окончательно уступили место звездным и спиралевидным системам поселков, между которыми были разбросаны центры исследования и информации, музеи и дома искусства, связанные в одну гармоническую сетку, покрывающую наиболее удобные для обитателей зоны умеренных субтропиков планеты. Другая планировка отличала сады школ разных циклов. Они располагались меридионально, предоставляя для подрастающих поколений коммунистического мира разнообразные условия жизни» [Ефремов, 1988, с. 167-168].

Еще подробнее это представление выражено в романе «Туманность Андромеды»: перераспределение жилых и промышленных зон планеты привело к тому, что население сосредоточилось в зонах мягкого климата вдоль тридцатых градусов широты в обоих полушариях, в тропиках сосредоточено производство древесины и растительного питания, степи предназначены для выпаса стад, вокруг планеты проведена спиральная дорога, по которой можно быстро перемещаться из одной зоны в другую [Ефремов, 1987]. У Ефремова речь идет о преобразовании природы, которое стало возможным только с преобразованием социальных отношений. Социальная иерархия в ефремовском должном будущем радикально отличается от современной. Представители иных цивилизаций даже видят в ней «опасную анархию», а земляне будущего считают, что необходимо научить этих людей «бороться со всепроникающей «избранностью» - системой противопоставления владык и толпы, всеведущих ученых и темных невежд, звезд и бесталанных, элиты и низшего рабочего класса. В этой системе корень фашизма и развращения людей...» [Ефремов, 1987, с. 145].

Образ экоутопии И.А. Ефремова, изложенный в книгах 1957 («Туманность Андромеды») и 1968 («Час быка») годов, удивительно напоминает идеальный образ бу-

душего, сформированный в совершенно иной исследовательской традиции — в книгах американского социального эколога Мюррея Букчина (1921-2006). Букчин видит экологическое должное будущее так: «Экологическое общество предусматривает фундаментальный поворот всего развития, пройденного историей современной технологии и общества <...> мы должны начать децентрализовать наши города и создавать совершенно новые эко-общины, которые искусно приведены в соответствие структурам окружающей экосистемы. Я хочу здесь подчеркнуть, что децентрализация — не то же самое, что намеренный раздел ландшафта между изолированными крестьянскими дворами или коммунами контркультуры, какими бы незаменимыми они ни были. Мы должны скорее вновь воспринять городскую традицию в эллинском смысле этого слова — городов, которые обозримы для своих обитателей и не требуют сложного управления. Новый полис, который, если угодно, скроен по человеческой мерке и — по знаменитому выражению Аристотеля — каждым может быть охвачен одним взглядом. <...> Экотехнология, развиваемая по принципу небольших размеров и многосторонней применимости (первые практические попытки и проекты уже имеются), будет дальнейшим развитием нашей сегодняшней технологии. Она будет использовать неисчерпаемую энергию природы (солнце и ветер, приливы и отливы, природную силу рек, водород и температур на планете), чтобы снабжать экообщину экологически чистыми материалами и вновь используемыми отходами. С помощью децентрализации наверняка удастся избежать необъятных проблем с отходами наших гигантских городов — проблем, которые сегодня регулируются лишь тем, что отходы сжигают или в огромных количествах спускают в мировой океан» [Букчин]. Иначе говоря, эта экоутопия описывает сеть некрупных поселений, соединенных с природной средой отношениями устойчивого развития. Построить такие отношения можно только на основе изменения социальной иерархии, освобождения от отношений господства-подчинения.

Аналогия концепций Букчина и Ефремова, разумеется, во многом случайна, но важно, что она строится на неких общих основаниях — понимании того, что отношения общества и природы можно изменить, только если параллельно будет происходить изменение социальной реальности. Ефремов как будто пишет о том же идеальном взаимодействии общества и природы, что и Букчин, но представляет его в более точных художественных деталях. Очевидно, что это яркая иллюстрация описанной Пятигорским внутренней противоречивости экологических проектов. И Букчин, и Ефремов скрыто предполагают, что интересы личности вполне могут добровольно подчиняться интересам выживания человечества в целом, причем даже в мельчайших деталях — таких, как возвращение атомов тела в природный круговорот.

Думается, что в этих прекрасных утопических построениях сложный и опасный момент проявлен для читателя именно в представлениях о личности и индивидуальности. Если вспомнить, как завершается жизнь героини «Часа быка» Фай Родис, то мы окажемся перед вечной проблемой осуществления свободного действия. Фай Родис умирает и тело сразу же разлетается на атомы, которые должны вернуться в природный круговорот веществ — примерно так, как происходит погребение в индуизме, но без костра и соответствующих ритуалов. С одной стороны, в таком уходе силен экологический смысл — но, с другой стороны, не теряется ли в этом человеческое в

человеке? Тут проявляется идея Пятигорского об «отмене культуры по вертикали» через принятие экологического проекта. Подобным образом проблема оценивается и в уже упомянутом современном фантастическом произведении, более близком к «гуманитарной» научной фантастике, нежели к «твердой» - в дилогии С. Лукьяненко «Звезды — холодные игрушки» (1997) и «Звездная тень» (1998). Главный герой в одном из эпизодов оказывается в некоем «крематории», где уходят из жизни обитатели планеты Геометров, преобразователей материков в квадрат и круг; их тела, сгорая, падают в жерло искусственного вулкана (тут, кстати, можно увидеть также намек на кончину Эмпедокла) - и возвращают в круговорот природы свой состав. Но у Лукьяненко такой ритуал описывается как нечто антигуманное.

Вообще в тех фантастических книгах, где сильна рациональная, а не магическая (как в «чистой» фэнтези), структура мироздания, утопия (в том числе и в экологической версии) вполне логично оборачивается антиутопией. В той же дилогии еще одна планета разделена строго на две половины — технологическую цивилизацию и цивилизацию экологическую, и нарушение границ между ними ведет к открытым боевым действиям и смертям. Оказавшийся в плену у «технологов» представитель «зеленых» отказывается пользоваться благами и пищей врагов, воспринимая этот мир как мертвый, и в итоге сам умирает от сенсорной депривации в невыносимом окружении.

Судя по интервью С. Лукьяненко, он сознательно строил эту дилогию как полемику с книгами А. и Б. Стругацких о мире Полудня, однако, разумеется, не в экологическом ключе, а в плане осмысления абсолютных ценностей, их реализации через социальные институты образования и управления, индивидуальную и социальную мораль. Если же попробовать выявить экологический аспект, он будет очевидно вторичным, но именно поэтому через него можно более отчетливо выявить реальные, а не декларируемые ценности авторов и, соответственно, их активных читателей. И здесь выясняется, что С. Лукьяненко весьма далек от проповеди экологических идей. Один из положительных героев «Звездной тени» говорит: «Пока остаешься человеком - самыми важными проблемами будут те, что совсем ничтожны перед небом. Так для меня - если уж честно, судьба моей собственной собаки куда важнее вечной войны зеленых за экологию...» [Лукьяненко, 1999, с. 328]. Другой герой о преобразовании планетной оболочки задает вопросы: «А что ты ожидал увидеть? Планеты, покрытые коркой стальных пещер? Космодромы за каждым углом? Эфирные создания, размышляющие о гармонии сфер? Было уже все это. Было, и даже еще есть...» [Лукьяненко, 1999, с. 328]. Подобное фаталистическое отношение к экологическим проблемам для отечественной фантастической литературы вполне закономерно, поскольку и для ее читателей экология не является областью жизненных приоритетов.

Книги Стругацких также вполне закономерно не акцентируют внимания читателей на этой теме, а если речь об экологии идет, то скорее с антиутопической, нежели утопической, оценкой возможности решения экологических проблем. Мир Полудня, который исследователи творчества Стругацких оценивают как социально-философскую утопию, является описанием одновременно и технократической, и экологической цивилизации. С одной стороны, человечество вполне успешно осваивает космическое пространство, но, с другой стороны, человеческая деятельность на родной планете и других землеподобных планетах, колонизированных людьми, не

нарушает экологического равновесия. Это очень напоминает описание прекрасного будущего у И. Ефремова — к примеру, система самодвижущихся дорог по всей Земле<sup>1</sup>. Аналогичны описанным у Ефремова также организация сельского хозяйства, сеть экопоселений и экогородов и т.п.

С другой стороны, по отношению к экологическим цивилизациям других планет и разумов люди весьма внимательны — так, в «Полдне» «благоустроенную планету» Леонида с ее ездовыми птицами и медоносными квази-бегемотами экспедиция с Земли покидает, как только становится понятно, что здесь обитают гуманоиды; в повести «Малыш» обнаруженная на планете Ковчег негуманоидная экокцивилизация сначала не осознается землянами как проявление разумной жизни, но затем, когда существование иного разума становится очевидным, люди также оставляют эту планету жить по ее собственным законам. Принцип Стругацких родственен врачебному «не навреди» — принцип наименьшего воздействия.

Более скептическое и ироничное отношение к вопросу существования экологического равновесия можно обнаружить у учителя Стругацких И.И. Варшавского. В новелле «Фиалка» (1966) устойчивое сохранение живой природы возможно лишь в виде крохотных заповедных зон, своеобразных музеев, куда приводят на экскурсии школьников; вся поверхность планеты будущего покрыта огромным городом. Вся природа преобразована — так, синтезированный букет можно регулировать по интенсивности запаха и степени цветения; пищу — по вкусу, цвету и запаху.

В другом произведении — «Под ногами Земля» (1965) — герои, возвратившиеся на Землю после полета в дальний космос, оказываются в обществе экотехнологий и телепатии. В этой цивилизации будущего получение одежды выглядит как «производство одежды из углекислоты и паров атмосферы. Бактериально-нуклеотидный синтез»; строительство — таким образом: «часто попадались огромные муравьи, тащившие плиты, которые мы видели в одном из сараев, другие муравьи складывают из этих плит домик на свежесрубленной полянке. Впечатления от увиденного в будущем персонажи суммируют так: «Биологическая эра, — задумчиво произнес Эрли, — кто бы мог предполагать? А зачем им вся наша техника? Человек создал машины для того, чтобы компенсировать свою неприспособленность к природе, а они не только переделали природу, но и самого человека, и, кажется, переделали неплохо. А техника у них своя, пожалуй, получше нашей» [Варшавский, 1991, с. 77].

Кажется, все прекрасно в этом новом дивном мире, если бы не детали, превращающие идиллию в антиутопию. Люди будущей «биологической эры» совершенно не знают истории человечества, предполагая, что в XXII веке их предки охотились на динозавров; они и представить себе не могут, что кто-то не владеет телепатическим

---

<sup>1</sup> «Кондратьев уже слышал об удивительных самодвижущихся дорогах. Их начали строить давно, и теперь они тянулись через многие города, образуя непрерывную разветвленную материковую систему от Пиренеев до Тянь-Шаня и на юг через равнины Китая до Ханоя, а в Америке — от порта Юкон до Огненной Земли. Женя рассказывал об этих дорогах неправдоподобные вещи. Он говорил, будто дороги эти не потребляют энергии и не боятся времени; будучи разрушенными, восстанавливаются сами; легко взбираются на горы и перебрасываются мостами через пропасти. По словам Жени, эти дороги будут существовать и двигаться вечно, до тех пор, пока светит Солнце и цел Земной шар. И еще Женя говорил, что самодвижущиеся дороги — это, собственно, не дороги, а поток чего-то среднего между живым и неживым. Четвертое царство» [Стругацкий А.Н., Стругацкий Б.Н., 2009. с. 95-96].

средствами общения; профессионально значимые знания у них передаются генетически и требуют индивидуальных усилий; иначе говоря, это эгоистичные существа, которым живется вполне комфортно, и даже вечная «охота к перемене мест» им несвойственна, потому что всегда можно связаться с любым жителем планеты телепатически. Экологическое равновесие не нарушено именно потому, что эти люди уже не совсем люди, настолько они растворены в среде... Во всяком случае, обитатели такой будущей экологичной Земли не особенно привлекательны, в отличие от героя Стругацких Л.А. Горбовского, «с ног до головы покрытого родимыми пятнами антропоцентризма» [Стругацкий А.Н., Стругацкий Б.Н., 2009, с. 346].

Таким образом, мы видим достаточно разнообразное и неоднозначное отношение к идеям построения экоутопии в отечественной культурной традиции. Между тем, отечественному читателю практически неизвестны ключевые для западной, в особенности англоязычной, культуры фантастические произведения об экоутопии – книги Э. Калленбаха (Ernest Callenbach) «Экотопия» (Ecotopia, 1975) и «Появление Экоутопии» (Ecotopia Emerging, 1981).

Э. Калленбах (р. 1929) – американский писатель и журналист, работавший в Университете Беркли и в Сан-Франциско. В одной из наиболее известных газет США («Los Angeles Times») его охарактеризовали как «новое имя после Уэллса, Верна, Хаксли и Оруэлла». На волне «зеленого» движения 1970-х годов книга «Экотопия» была очень популярна, поскольку речь в ней идет о таком экологическом обществе, которое не отказывается и от «высоких технологий». Спустя несколько лет вышла книга «Появление Экоутопии», своего рода приквел. «Экотопия» повествует о событиях 1999 года – через 25 лет после года ее написания. По сюжету, в 1980 г. от США отделяется новое государство – Экотопия, включившее Северную Калифорнию, Орегон и Вашингтон. Туда приезжает американский журналист У. Уэстон, заметки которого и послания по некоей «Почте времен» составляют текст книги. Примечательно, что граждане Экоутопии постоянно готовы к войне за независимость и постоянно тренируются для обороны, например, в коллективных «спортивных» соревнованиях – по сути, вооруженных стычках, но разрешенных и регламентированных. Они обладают такими «странными» возможностями, как жестко фиксированные гендерные роли, поддерживаемая государством расовая сегрегация, строгое единобрачие – но параллельно и право на применение «мягких» наркотиков, и сексуальная свобода.

Калленбах пытается описать общество, технологии которого не были бы разрушительны для природы, источники энергии возобновляемы и децентрализованы (используется геотермическая, солнечная энергия, энергия океана и ветра). Распространенность лесов ведет к развитию строительства в экогородах невысоких зданий (до 5-6 этажей); города невелики и компактны – до 10 тыс. человек, и связаны скоростными пассажирскими экспрессами; также население перемещается на электро-транспорте (микроавтобусы, такси) и велосипедах. Сельское хозяйство также ориентировано на местные условия, в нем не применяются пестициды и гербициды; использование леса и рыболовство строго регламентированы – например, чтобы купить лес для строительства дома, нужно сперва лично отработать определенное время в лесоводстве, высаживая деревья взамен спиленных. Как пишет журналист Pat Joseph, по мнению самого Калленбаха, его «Экотопия» с современной точки зрения

должна оцениваться как первое описание устойчивого общества, и именно это до сих пор обеспечивает популярность книге, несмотря на ее скромные литературные достоинства [Joseph, 2005].

Вообще говоря, несмотря на тот прискорбный факт, что русского издания «Экотопии» нет (было издание на немецком), и авторские права четко отслеживаются автором и издателями, по опубликованным в Интернете отрывкам можно достаточно уверенно предполагать, что книга во многом продолжает утопические построения Кампанеллы, у которого также солярийцы постоянно защищают родину, живущую «во враждебном окружении». И, если во времена «рейганизма» Калленбаха критиковали как марксиста – следует отметить, что он действительно часто ссылается на Маркса в лекциях и статьях, – то сегодня можно упрекнуть его скорее в общеидеологическом утопическом мышлении как таковом. Автор «Экотопии» определяет род и жанр своего произведения не как научную фантастику, а как политическую и, тем самым, оказывается «типичным представителем» идеологии зеленого движения, о которой язвительно высказался А.М. Пятигорский.

Отметим, что роман Калленбаха оказал существенное влияние на социальную реальность, как через массовую, так и через элитарную культуру. В 1987 г. рок-группа «Орегон» выпустила альбом «Экотопия». В компьютерной стратегии «Цивилизация» экотопией назван один из типов властвования. В 2003 г. в Тбилиси, а в 2006 г. в Берлине проходил международный интердисциплинарный проект-фестиваль «Экотопия: Современное искусство и природа на Кавказе».

Также существует тенденция к переносу этой художественно-утопической теории в область аналитики и практики: американский журналист и писатель, приверженец биорегионализма Дж. Гарро (р. 1948) в своей книге «Девять наций Северной Америки» (1981) называет Экотопией регион Тихоокеанского побережья Америки к западу от Каскадных гор (большая часть Северной Калифорнии, запад Орегона, Вашингтона, Британская Колумбия, юго-восток Аляски). Гарро показывает географическое и культурное отличие этой территории от остальных восьми зон, считая, что жителям следует сосредоточиться на развитии лесного хозяйства и гидроэнергетики. На волне популярности романа появляется и движение за реальную независимость региона от США – Cascadia. В Европе влияние приобрело другие формы – с 1989 г. по 2008 г. Экологической сетью европейской молодежи (EYFA – **European Youth For Action**) проводился ежегодный молодежный лагерь «Экотопия», в котором несколько сотен молодых людей пытались научиться и научить жить экологически правильно. В 2003 г. Экотопия проводилась в Украине, в 2008 г. в Турции, где EYFA отказалась от дальнейшей работы, но в 2010 г. лагерь снова прошел – в Германии. Налицо некие внутренние противоречия, которые ведут к расколам молодежного экологического движения, возможно – те самые, о которых предупреждал А.М. Пятигорский: противопоставление родового и личностного.

Но показательно, насколько похоже – также в соответствии с предположениями философа, – воспроизводится ситуация влияния утопии на гражданское общество. Воздействие «Экотопии» чрезвычайно напоминает воздействие социально-технологической утопии «Looking Backward» Эдварда Беллами (1850-1898) (первый русский перевод назван «Будущий век» [Беллами, 1891], затем книга выходила с на-

званиями «Взгляд на прошлое», «Золотой век»). Утопия Беллами была издана в 1888 г. и вдохновила читателей на создание общин и коммун на территории США в конце XIX в.. Реакцией на утопию американского литератора стало и сочинение великого английского художника и писателя У. Морриса (1834-1896) «Вести ниоткуда, или Эпоха спокойствия» (1890), где экологические идеи проявлены значительно более существенно, чем у американского автора.

Как у Э. Беллами, главный герой Морриса засыпает и просыпается в далеком будущем, но у Морриса это будущее основано не только на социальных, но и на экологических преобразованиях. Крупные города – промышленные центры, – в будущем уничтожены, на их месте простираются поля, леса, сады. Городское население переместилось в деревни и все занимаются земледелием и ремеслами, обеспечивая свои потребности и потребности ближайшего окружения собственными руками. Вероятно, именно Моррис впервые описал устойчивую экономику, основанную на общинном сельском хозяйстве и индивидуальной самореализации, то есть, в сущности, на возвращении к доиндустриальной фазе культуры; но никаких точных рецептов он не дает, – так, например, говоря о новых методах добычи угля, Моррис в подробности не вдается, просто заявляя, что это чистые, легкие и безотходные методы; рассуждения о государственном и политическом управлении также не дают никаких определенных ответов. Видимо, каждый из людей будущего слишком занят персональными делами и сохранением экологического баланса, ему некогда искать способы уменьшить общественную несправедливость [Моррис, 1906].

Смелая гипотеза относительно способов решения проблемы противопоставления родового и личного была предложена также в классической американской фантастике, как представляется, до сих пор сохраняющей актуальность и прогностический потенциал – в цикле романов А.Азимова об Основании (в других переводах – Академии – «Foundation»). Хотя в целом романы представляют по жанру скорее космооперу, на ее фоне элементы образа экокатопии выглядят тем более притягательно [Азимов, 2008].

Азимов, биохимик по основному университетскому образованию, заинтересовавшись гипотезой Гея Джеймса Лавлока (р. 1919), преобразовал некоторые идеи британского эколога и философа и изложил их в художественной форме. Лавлок предлагает рассматривать Землю как естественно сформировавшийся суперорганизм со сложнейшей системой саморегуляции, в которую включены и биота, и социум. Имя древнегреческой богини Земли, как утверждают популярные источники – такие, как Интернет-энциклопедии, – предложил использовать для этой гипотезы писатель У. Голдинг; также отметим, что концепция ноосферы В.И. Вернадского стала известна Лавлоку уже после первых публикаций сочинений о Гее, с изданием книг русского исследователя на английском.

Специфичность взгляда Азимова как писателя, а не экоктивиста – в акцентировании личного момента в его образе Гея. Гея у фантаста – не Земля, а другая планета, но, разумеется, землеподобная. Она удивительно сбалансирована – температура всегда оптимальна, воздух освежает, но не холодит, облака время от времени закрывают солнце и, если уровень влажности в том или другом месте понижается, в нем тут же проходит дождь; деревья везде растут правильными рядами, как в саду;

земли и моря полны растительной и животной жизни в нужной пропорции и количестве, обеспечивающем экологическое равновесие, а увеличение и уменьшение численности колеблется в пределах некоего оптимума; то же самое происходит с численностью людей.

Разумные обитатели Геи — потомки земных людей (действие происходит в весьма отдаленном будущем, когда колонизация землянами других планет уже прошла две волны и ожидается третья), но являются ли они людьми во всех современных смыслах — большой вопрос. Они — триумф эгоцентрического мировоззрения! — не осознают себя как существующих отдельно от других разумных и неразумных, представляющих живую и неживую природу, обитателей планеты. Все жители планеты создают единое ментальное поле, каждый может применять в деятельности коллективную, всепланетную память (ее древнейшие слои сохраняются в минеральной коре, актуальный опыт — в человеческом сознании). Намерения жителей планеты высказываются и реализуются только от коллективно-индивидуального актора: «я-мы-Гея». Но одновременно человек с Геи обладает относительной персональной свободой, — вдали от родной планеты он может потерять связь с планетарным сознанием, и действовать на основе собственных представлений о благе человечества; вернувшись на родную планету, он восстанавливает связь с планетарным сознанием. В чем-то это напоминает автономность поведения муравья.

И, хотя Азимов описывает геанцев как своего рода супер-людей, способных к телепатическому общению, обладающих и другими сверхспособностями, нельзя сказать, что он однозначно принимает это как нечто исключительно положительное. Не включенные в экосистему Геи «изолянты», также являющиеся потомками землян, оказываются жизненно важны для выживания Геи и ее дальнейшей эволюции в единую одушевленную галактику — Галаксию, — именно потому, что каждый из них обладает независимой индивидуальностью, свободой воли и способностью принимать решения. Очевидно, что геанцы и «изолянты» — художественное воплощение того противоречия между родовым и индивидуальным, на которое в связи с экоутопиями обращает наше внимание А.М. Пятигорский, и для Азимова оно не разрешается так просто, как для сторонников абсолютного экологического проекта. Точно так же неоднозначность и противоречивость идей родового выживания и личностной самореализации художественно выражена у С. Лукьяненко в образе планеты, разделенной на два полушария, две цивилизации — экологическую и технологическую, у каждой из которых своя правда, и каждая имеет право на существование.

Возможно, внутри существующей сегодня реальности человечества указанное противоречие вообще принципиально неразрешимо, и поэтому, с одной стороны, относится к вечным философским проблемам; с другой — может получить решение при радикальном изменении ситуации, также прогнозируемом в фантастике — вроде угрозы человечеству со стороны инопланетного разума, как в «Схизматрице» Б. Стерлинга [Стерлинг, 2007].

Очевидно, что экоутопические построения, как и любые утопии, следует считать вариацией метафизического историцизма (в предложенном К. Поппером смысле), в котором на место гегелевского сверхразумного и сверх-благотворного Абсолютного духа, достижение которого есть финальная цель человеческой истории, поставлен

идеал экологического равновесия и экологической гармонии. Но в действительности и равновесие, и гармония представляют собой концепты человеческого разума. Реализация экологических проектов предполагает его существенные изменения, во многом — отказ от рациональности. Примером здесь может стать эссе «Какой я вижу экотопию?» Пенни Новак, американской поэтессы, которая, как заявляет аннотация, «рассматривает с артистической точки зрения проблемы, которые обычно излагаются механистическим, техническим языком» [Новак]. Новаторские идеи в нем, пожалуй, найти сложно, но эмоциональное воздействие бесспорно. Если же требуется рациональное и ответственное практическое действие, следует, видимо, ориентироваться не только на экологические утопии. Ориентиром служит конкретная практика устойчивого развития.

В том случае, если экологический проект приобретает черты идеологического действия (как в случае с А. Гором, например), может сложиться ситуация, аналогичная иронически изложенной С. Лемом в «Открытом письме Ийона Тихого»: «Профессор Брукки из обсерватории недавно жаловался на слабеющий блеск обеих звезд Центавра. А как же ему не слабеть, если вся окрестность забита мусором! <...> Кое-где из-за этого хлама не видно звезд. Астрофизики не один уже год ломают голову, пытаясь найти причину столь заметных различий в количестве космической пыли в разных галактиках. А дело, я думаю, просто: чем выше цивилизация, тем больше намусорено, отсюда вся эта пыль, сор и хлам. <...> Давно уж пора опомниться и потребовать строгого соблюдения природоохранного законодательства. В убеждении, что каждая минута промедления опасна, я бью тревогу и призываю к спасению Космоса» [Лем, эл. ресурс].

Как представляется, попытки осмысления экологических утопий в современной фантастике не менее достойны внимания, чем утопические построения в философии. Фантастическая литература предлагает своему читателю научные и этические прогнозы и решения в такой художественной форме, которая привлекательна не только для специалистов-исследователей, но и для социально активных людей (мы имеем в виду тексты, не относящиеся к полюсу «фэнтези», а близкие скорее к научной фантастике, даже в ее «мягком», гуманитарном варианте). В этом смысле фантастика представляет собой особую форму выражения философско-мировоззренческих установок и ценностей. Частое обращение к теме экологической утопии в современной фантастике (в литературе и кино) в очередной раз свидетельствует об актуальности проблемы. Примечательно, что в киберпанке — антиутопическом по общей направленности течении в фантастической литературе, — появляются образы экологической утопии, осмысленные весьма разнообразно.

Близкий к киберпанку американский писатель М. Суэнвик (р. 1950) весьма скептически высказывается о возможности построить утопическое общество, основанное на экологическом равновесии. В его втором романе «Вакуумные цветы» (1987) оказавшиеся на Марсе главные герои подвергаются «массированной идеологической атаке» со стороны людей, живущих на этой планете и стремящихся к ее природному и социальному преобразованию. Манифест человеческого влияния на Марс излагает персонаж, стремящийся привлечь на свою сторону главных героев: «Она отодвинула поднос и стала выкладывать на стол карточки голограмм. Положила фотографию красного, безжизненного Марса в эпоху до появления человека, затем накрыла ее

второй карточкой. Планета вздрогнула и заколебалась от взрывов. Ледяные шапки потемнели от забрасываемой с Фобоса пыли и стали съезживаться. В кратере горы Олимп блеснула зеленая полоска.

— Вы видите наши достижения. Олимпийский рай, микроэкологическая система, показывающая, каким будет в конце концов весь Марс, этот участок еще не готов для колонизации. <...> Через пятьдесят лет, через сто, через сто пятьдесят. К этому времени вечная мерзлота растает, и атмосфера станет настолько плотной, что люди смогут дышать через респираторы. Но мы на этом не остановимся. Через двести лет. — Плавающий в пространстве шар усеивали пятнышки зелени. Появились тонкие облака. — Через триста лет. — Планета преобразилась. Все пространство, от одного полюса до другого, покрывала нежная зелень. То там, то здесь сверкали холодной голубизной крошечные озера. — Заметьте, что здесь нет океанов. Окружающая среда Марса будет более хрупкой и в то же время более подходящей для жизни человека, чем земная. На Земле океаны придают экосфере громадную устойчивость, но вместе с тем большая часть ресурсов планеты уходит на поддержание их жизни. Общая площадь пригодной для колонизации суши Марса будет равна площади суши Земли, и вся эта территория будет использована на благо Народа» [Суэнвик, 1997, с. 223-224].

Небезынтересно, что идея эколоутопии на Марсе была продумана Суэнвиком раньше, чем появилась трилогия на тему колонизации и терраформирования Марса, написанная другим американским фантастом — К.С. Робинсоном (р. 1952). Три его романа — «Красный Марс» (1992), «Зеленый Марс» (1993) и «Голубой Марс» (1996) — повествуют о превращении Марса в новую Землю, в то время как Земля страдает от перенаселения и экологической катастрофы. Экологическая и социальная проблематика вообще чрезвычайно востребована у Робинсона, что очевидно также и по другой его трилогии — «Калифорнийской», в которой прослеживаются антиутопические настроения. Но герои Суэнвика не могут согласиться с идеями эколоутопии на Марсе, и возражения их таковы — непонятно, зачем делать из другой планеты вторую Землю, если все условия для человеческой общественной жизни можно обеспечить за счет искусственных космических тел; кроме того, искусственная экосистема будет примитивной и нестабильной, и для ее поддержания потребуются колоссальные усилия.

Тем не менее, энтузиасты преобразования Марса готовы на такие затраты, поскольку они уже практически построили идеальное общество: «Наша общественная система построена так, чтобы прививать идеал самоотверженного гражданина, коллективиста <...> Поскольку личное обогащение губительно для самой личности, мы нашли средства его предотвращать. В частности, мы каждый день переселяемся в другие ниши. Если вам приходится ежедневно переезжать со всем нажитым имуществом, вы оставляете себе только то, что имеет истинную ценность» [Суэнвик, 1997, с. 226]. Переселение в новые жилища (ниши для ночлега, вырубленные в скале), отказ от имущества и прочие детали жизни «марсиан» заставляют вспомнить Утопию Мора, однако ее марсианский вариант более суров и жесток, так как реализуется не на Земле, в условиях постоянной, а не периодической природной угрозы в отношении человеческой жизни.

Желание «марсиан» создать экосистему, аналогичную земной, вполне объяснимо — Земля представляется неким утраченным идеалом, потерянным раем. Небезынтересно, что образ утерянного экологического идеала связывает с экосистемами Земли

и герой вышеупомянутого романа Б. Стерлинга «Схизматрица» Абеляр<sup>1</sup> Линдсей. События романа отнесены в далекое будущее, в котором земляне колонизировали ближний и дальний космос, однако забыли об исходной планете, и та стремительно деградировала в результате цепи антропогенных катастроф. Человечество Земли оказалось разобщено, разделено, и «превратилось в реликт. За долгое время ржавчина сожрала все, что не успело в срок отсюда убраться. Будущее Земли принадлежит не людям, но чудовищным сорнякам, причудливым, выросшим размером с деревья, а также — крохотным тварям, прыгающим среди них в поисках корма. И, чувствовал Линдсей, это — справедливо» [Стерлинг, 2007, с. 410]. Доступная людям поверхность планеты безнадежно уничтожена, но глубины океана сохранили биоразнообразие: «глубины остались нетронутыми. В черной всепоглощающей бездне, обширнее всех вместе взятых материков, условия обитания от полюса до полюса были почти одинаковы. И обитатели этого необъятного царства почти не были изучены, так как ни один человек не избрал способ извлечь из них выгоду. <...> Нетронутая первозданная жизнь, кишашая во всем своем блеске у горячих разломов тектонических плит Земли. Там, во всем своем невообразимом разнообразии, лежит целая экосистема, гораздо старше человечества. И эту жизнь можно взять себе» [Стерлинг, 2007, с. 408-409]. Парадоксальным образом оказывается, что новые природно-технические условия, которые обеспечивают жизнь будущих поколений человечества во внеземном пространстве, нуждаются в истоках, оставшихся в биосфере Земли. И, очевидно, герои Стерлинга, будучи физически уже не совсем людьми, тем не менее, сохраняют психологическое сходство со своими земными предками — стремление «взять жизнь себе» вполне вписывается в рамки новоевропейского проекта преобразования и подчинения природы, потребления наличных ресурсов. Линдсей воспроизводит схему «познать, чтобы преобразовать под свои потребности» так же, как и человек XX века.

Земная жизнь действительно предстает перед героем Стерлинга как нетронутый райский уголок: «Вокруг повсюду произрастала жизнь - целые джунгли, полностью пренебрегшие солнцем. <...> круглые шероховатые стены долины сверкали ярчайшим цветным одеянием: алым, мелово-белым, золотисто-охряным, обсидиановым. Трубочатые черви - выше человеческого роста - колыхались на склонах, точно бамбуковые рощи. Скалы были усеяны моллюсками, разевавшими белые раковины, демонстрируя кроваво-красную плоть. Пульсировали багряные губки; глубоководные кораллы распустили густые ветви, украшенные драгоценными камнями полипов. <...> Сам камень казался живым - гирлянды пористых глыб, занесенные илом трещины, змеящиеся черно-красные языки застывшей лавы, зеленоватые, фаллически вздымающиеся столбы изверженных минералов. Мертвенно-бледные крабы с лапами в человеческую руку длиной беззаботно пересекали склоны. Угольно-черная глубоководная рыба, разжиревшая от щедрот природы, неспешно плыла сквозь чашу трубочатых червей. Ярко-желтые медузы, словно срезанные цветы, колыхались в водоворотах бактериального бульона» [Стерлинг, 2007, с. 413-414]. Получив генетические

1 Интересно, что имя главного героя Стерлинг выбрал явно с оглядкой на историю философии Средних веков и литературу Просвещения; Пьер Абеляр (1079-1142) — номиналист, намек на его биографию дан в книге Руссо «Юлия, или Новая Элоиза». Таким образом, современная фантастика включается в многовековую культурную традицию.

образцы представителей этого биома, Линдсей сотоварищи способствует заселению преобразованными «подводными пост-людьми» внутреннего океана Европы, спутника Юпитера, но Земля так и остается разрушенной.

Иную перспективу обозначил в отношении экосистемы Земли Суэнвик, который в «Вакуумных цветах» пишет о полном преобразовании планеты в технический объект, включающий в качестве деталей человеческие организмы, которые в своей совокупности образуют некий коллективный мозг — великого Комбина, отдающего приказы своим частям. В каком-то смысле это ирония по отношению к азимовским представлениям о Гее и геанцах, поскольку части Комбина несамостоятельны, индивидуально и лично неподноценны, и испытывают стресс от разрыва с коллективом, в котором традиционно выполняют заданные функции.

Таким образом, мы видим, что в современной фантастической литературе тема построения экологически гармоничного общества осмысливается в антиутопическом ключе, что связывается с сохранением новоевропейского «завоевательного», во многом потребительского, взгляда на природу, переносающегося с одной планеты на множество колонизируемых человечеством космических тел. Земля при этом продолжает осознаваться героями фантастических текстов как некий, временами заброшенный, но не окончательно уничтоженный экологическими катаклизмами, источник биоразнообразия. Если же фантастическое допущение состоит в том, что личностная психика преобразована, то в соответствии с этим меняется и социально-экологическая ситуация, причем не всегда в направлении экологической справедливости и экологической гармонии.

Краткие выводы, которые следует сформулировать после обзора экоутопических произведений, таковы. Во-первых, очевидно, что исторические корни экологических утопий так же древни, как корни утопий вообще. Во-вторых, что вполне понятно, акцентирование в утопиях именно экологического момента совпадает с ростом интереса к экологической проблематике в целом, и экоутопии дают такой образ должного экологического будущего, который во многом становится целью для экодействия.

В-третьих, вероятно, для новоевропейского (условно «западного») и для российского читателя важны в экологических утопиях различные аспекты. Западная традиция в большей степени ориентирована на описание идеала, а не анти-идеала, или иронической оценки возможного «идеала», что более характерно для отечественного дискурса. В таком ключе рассматривают идеи экологических движений А. и Б. Стругацкие, В.В. Варшавский, С.В. Лукьяненко, а И.А. Ефремов переносит идеальное экологически гармоничное человечество далеко в будущее. Экологическая антиутопия появляется в популярной англо-американской фантастике уже после признания экологических проблем чрезвычайно важными для человеческого сообщества.

В-четвертых, внутреннее противоречие, отмеченное А.М. Пятигорским для экологического проекта в целом, — конфликт идей выживания рода и индивидуального культурного совершенствования, — актуально и для экологических утопий. Возможно, конечно, что это противоречие, в соответствии с диалектическим подходом, послужит устойчивому развитию, но пока чаще наблюдается «превращение экологического проекта в политику» (А.М. Пятигорский), что особенно заметно по фильму и книге «Неудобная правда».

Наконец, отметим, что, как представляется, разрешить указанный конфликт в существующих рамках мышления и действия вряд ли получится, но есть перспек-

тива его решения при радикальном изменении ориентации мышления, переходе к интенсивному, а не экстенсивному освоению пространства. Концепция устойчивого развития во многом способствует такому переходу.

### Литература:

1. *Азимов А.* Академия на краю гибели. - М.: Эксмо, 2008. - 832 с.
2. *Араб-Оглы Э.А.* Утопия и антиутопия// Новая философская энциклопедия. Эл. ресурс. Режим доступа: <http://iph.ras.ru/elib/3135.html>.
3. *Беллами Э.* Будущий век. - СПб.: Типография А.С. Суворина, 1891. - 334 с.
4. *Букчин М.* Экотопия. Эл. ресурс. Режим доступа: <http://spb-anarchists.anho.org/a05-07.htm>
5. *Варшавский И.И.* Под ногами Земля// Под ногами Земля. - Л.: Лениздат, 1991. - С. 66-78
6. *Ефремов И.А.* Туманность Андромеды. - Минск: Юнатца, 1987. - 368 с.
7. *Ефремов И.А.* Час Быка. - М: Изд-во МПИ, 1988. - 528 с.
8. *Кампанелла Т.* Город Солнца. - М.: Наука, 1947. - 168 с.
9. *Капица С.П.* Сколько людей жило, живет и будет жить на земле. Очерк теории роста человечества. - М.: УРСС, 2009. - 190 с.
10. *Лем С.* Спасем Космос! (Открытое письмо Ийона Тихого). Эл. ресурс. Режим доступа: <http://lib.rus.ec/b/255393/read>.
11. *Лукьяненко С.В.* Звездная тень. - М.: ООО «Издательство АСТ»; СПб: Terra Fantastica, 1999. - 496 с.
12. *Лукьяненко С.В.* Звезды – холодные игрушки. - М.: ООО «Издательство АСТ»; СПб: Terra Fantastica, 1999. - 480 с.
13. *Мор Т.* Утопия. - М.: Наука, 1978. - 412 с.
14. *Моррис У.* Вести ниоткуда. - СПб.: Книгоиздательство «Дело», 1906. - 209 с.
15. *Новак П.* Какой я вижу экотопию? Эл. ресурс. Режим доступа <http://blogs.stuzog.com/ru/?p=870>.
16. *Огуцов А.П.* Практика// Новая философская энциклопедия. Эл. ресурс. Режим доступа: <http://iph.ras.ru/elib/2405.html>.
17. *Одоевский В.Ф.* 4338 год. Эл. ресурс. Режим доступа: [http://az.lib.ru/o/odoewskij\\_w\\_f/text\\_0490.shtml](http://az.lib.ru/o/odoewskij_w_f/text_0490.shtml).
18. *Одоевский В.Ф.* 4338 год <Отрывки>// Русский космизм. Антология философской мысли. М.: Педагогика-Пресс, 1993. - С. 38-48.
19. *Одоевский В.Ф.* 4338 год. Петербургские письма. Ред. и вступ. ст. О. Цехновицера. - М.: «Огонек», 1926. - 64 с.
20. *Одоевский В.Ф.* Романтические повести. Предисл., вступ. Статья и редакция О.В. Цехновицера. - Л.: Прибой, 1929. - 397 с.
21. *Платон.* Критий [пер. С.С. Аверинцева]// Платон. Собрание сочинений в 4 тт. Т. 3. - М.: Мысль, 1994. - С. 501-650.
22. *Платон.* Тимей [пер. С.С. Аверинцева]// Платон. Собрание сочинений в 4 тт. Т. 3. - М.: Мысль, 1994. - С. 421-500.
23. *Пятигорский А.М.* Является ли будущее «зеленых» розовым? Утопия и демократия// Пятигорский А.М. Избранные труды. - М.: Школа «Языки русской культуры», 1996 - С. 369-372.
24. *Стерлинг, Б.* Схизматрица. - М.: Эксмо, СПб.: Домино, 2007. - 432 с.
25. *Стругацкий А.Н., Стругацкий Б.Н.* Полдень. XXII век. - М.: АСТ: АСТ Москва; СПб.: Terra Fantastica, 2009. - 346 с.
26. *Суэзвик М.* Вакуумные цветы// Суэзвик, М. Вакуумные цветы. - М.: АСТ, СПб.: Terra Fantastica, 1997. - С. 7-382.
27. *Тоффлер Э.* Третья волна. - М.: АСТ, 2004. - 781 с.
28. *Хайдеггер М.* Исток художественного творения. М., Издательство «Академический проект», 2008. - 528 с.
29. Экотопия – Современное искусство и экология на Кавказе. Эл. ресурс. Режим доступа: <http://www.caucasus-conference.org/ru/sideevents.htm>
30. ERNEST CALLENBACH'S WEBSITE: <http://www.ernestcallenbach.com/Home+contact.html>
31. *Joseph, P.* Revisiting the 1970s eco-cult classic that gripped a nation// <http://www.grist.org/article/joseph-ecotopia>

*М.Г. Лазар*

**СОЦИАЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ И САМОКОНТРОЛЬ В СОВРЕМЕННОЙ НАУКЕ**

*M.G. Lazar*

**SOCIAL CONTROL AND SELF CONTROL IN MODERN SCIENCE**

Статья раскрывает содержание и формы социального контроля науки на постакадемической стадии ее развития: внешнего - организационно-правового и внутринаучного - нравственно-профессионального самоконтроля. Анализируются нормы этоса науки (CUDOS), сформированные Р. Мертоном и его сторонниками в 40-60-е г. XX в., концепция социальной амбивалентности науки. Раскрывается сущность этического подхода при анализе внутринаучного контроля.

*Ключевые слова:* социальный контроль, постакадемическая наука, институциональный контроль, внутринаучный нравственный самоконтроль, этос науки, амбивалентность ученого.

*The article considers the problem of content and forms of social control of post academic science: outer control – organization-legal on the one hand, and inner scientific – moral-professional one on the other hand. Norms of science ethos (CUDOS), proposed by R. Merton and his supporters in the 40-60 of the XX century and his conception of social ambivalence of science as well as modern evaluations of them are analyzed. The content of ethic approach when analyzing inner scientific control is investigated.*

*Key words:* Social control, post academic science, institutional control, inner scientific moral self control, ethos of science, ambivalence of a scientists.

Становление науки как социального института, по мнению социологов науки, прошло три этапа: этап классической науки (XVII - XIX вв.), неклассической (конец XIX в. – 60-е гг. XX в.) и постнеклассической, или постакадемической науки (последняя треть XX в. - по настоящее время). Каждый этап накладывал свой отпечаток на степень проявления и формы социального контроля в ней. Под *социальным контролем* понимается контроль, осуществляемый обществом через социальные нормы (правовые, моральные, религиозные, организационные и др.), над поведением личности, при функционировании организаций, институтов ради стабильности и порядка в обществе. О необходимости социального контроля как условие стабильности и порядка в обществе, как форма сохранения равновесия социальной системы писали классики социологии Э.Дюркгейм и Г.Спенсер, М. Вебер и К.Маркс, П.Сорокин и Т.Парсонс. Но лишь последние два социолога в своих работах наиболее полно представили тему социального контроля и социального порядка: П.А.Сорокин в работах «Преступление и кара, подвиг и награда: социологический этюд об основных формах общественного поведения и морали» (1914 г), «Система социологии» (1920), «Социальная и культурная динамика» (1941), а Т.Парсонс в работе «Социальная система» (1951).

Применительно к науке тему социального контроля основал впервые их младший современник и ученик Р.К.Мертон, один из основателей социологии науки в США, автор концепции научного этоса и амбивалентности норм науки. *Социальный контроль в науке* имеет две взаимопроникающие и взаимодополняющие составляющие: *внешний (контроль общества над наукой) и внутренний (институциональный) самоконтроль*. Вплоть до XX в., до превращения, по выражению американского социолога науки Д.Прайса, «маленькой науки» в «большую науку» внешний контроль был достаточно слабым, поскольку научное сообщество через университеты и академии вырабатывало систему внутреннего самоконтроля, свою систему норм и ценностей, достаточно жестко контролирующую поведение, взаимоотношения и деятельность членов этого сообщества. Университеты, Академии и научные общества Европы, США и России вплоть до XX в. были своего рода «республиками свободы», «республиками знаний», имеющие уставы и внутренние правила функционирования, которые отстаивали свою автономию, определенную независимость от государства, от общества в целом. Однако по мере превращения науки в массовую профессию, финансируемую государством и крупным бизнесом (особенно в развитых промышленных странах), эта свобода постепенно становится иллюзорной, поскольку «работодатели», через систему финансирования научных исследований и проводимые законы начали реально направлять и контролировать науку. В итоге, во второй половине XX столетия, наука из индивидуально-групповой формы деятельности ученых превращается в массовую профессию, в специфический социальный институт по производству, сохранению и трансляции нового знания, но одновременно, в наиболее прибыльный для государства и бизнеса род деятельности и сферу инвестиций. А в конце XX в. наука стала основой инновационного развития общества во многих странах мира. С этого времени рождается и постоянно обсуждается проблема гражданской и нравственной ответственности ученых и науки перед обществом, взаимовлияния науки и морали. Социальная функция науки становится все очевиднее для общества и самих ученых.

**Внешний контроль** — это организационно-правовые нормы государства, воплощенные в государственное управление и организацию науки. Государство в XX-XXI вв. обеспечивает правовую базу для деятельности и функционирования научных учреждений и организаций (исследовательские институты и университеты, академии, научные библиотеки, хранилища, испытательные полигоны, лаборатории крупных фирм и пр.). Развитие науки, начиная с конца XIX в., особенно в рамках университетов нового типа, так называемого исследовательского («гумбольдского») типа, было невозможно без реального социального заказа, без востребованности научных знаний со стороны государства и крупного бизнеса [4]. Внешняя составляющая социального контроля в науке, кроме уже отмеченного организационно-управленческого аспекта, включает и *общесоциетальный «антисциентистский» аспект*. Он связан с превращением науки к середине XX в. не только в реальную производительную силу общества, в фактор технического и социального прогресса и массового благополучия, но и в угрозу для существования человеческой цивилизации, для природы и самого человека. Именно после создания, испытания и применения атомной бомбы, после опасных для здоровья человека опытов над людьми в концлагерях разных стран появляются антисциентистские настроения в обществе, зарождается движение са-

мих ученых против антигуманных применений результатов науки, за социальную ответственность науки, за социальный контроль над наукой. Тем самым осознается необходимость контроля науки другими формами социального контроля – правовой, нравственной, эстетической. Это проявилось в первую очередь как *засекречивание* государством многих научных направлений и их результатов, что породило и порождает постоянно нравственные коллизии у самих ученых. В принципе всегда считалось, что для науки и ученых нет запретных тем, однако после реализации атомного проекта в разных странах, после ставших известными антигуманных опытов над людьми в концлагерях и тюрьмах, проблема свободы научного творчества приобрела новые грани. В условиях, когда наука становится реальной угрозой для человечества, для здоровья людей, *свобода научного творчества становится* спорной, поэтому с 40-х гг. XX в. внешний контроль дополняется внутринаучными, нравственно-профессиональными формами контроля, которые в 70-е гг. XX в. привели к введению самими учеными моратория на некоторые исследования, о чем речь впереди.

Следовательно, в современной науке постоянно возникают ситуации, когда ученые, субъект науки, обязаны считаться с нравственными ценностями, с общечеловеческими нравственными императивами, т.е. наука и мораль начинают соприкасаться и влиять друг на друга. Ценность свободы научного творчества формировалась в борьбе с идеологическим давлением церкви, поддерживаемой светской государственной властью в XV-XVIII веках. Но современная наука находится в положение, противоположное тому, которое было на начальной стадии ее формирования. Если тогда она стремилась освободиться от любых форм внешнего контроля и давления, стремилась к свободе мысли от догм церкви (вспомним судьбы Н. Коперника, Галилео-Галилея, Дж. Бруно и многих других ученых), то сегодня она добровольно приняла на себя некоторые обязательства гражданско-нравственного характера, приняла нравственную ответственность, выработала необходимые и действенные формы внутреннего самоконтроля.

Систему **внутринаучного контроля** можно представить в виде четырехосновных блоков: «1) ценностно-нормативного (научный этос, парадигма); 2) профессионально-ролевого (научный продукт и связанный с ним ожидания); 3) оценочного (научный вклад); 4) санкционного (признание)» [2, с.28]. **Этот вид контроля осуществляется научным сообществом**, которое воспроизводит себя через систему поствузовского образования (магистратура, аспирантура, докторантура, соискательство) и внутринаучного общения. Среди этих форм контроля на первое место в институте науки выдвигаются ценностно-нормативный блок: **научный этос и научная парадигма**.

Профессионально-этические нормы-идеалы науки были впервые сформулированы Робертом К. Мертонем (1910-2003) в статье «Наука и технология при демократическом порядке» (1942), название, которое было изменено им в 1973 г. в «Нормативную систему науки» [см. 12]. Его вкладу посвящены все статьи № 4 журнала «Социология науки и технологий за 2010 г., год 100-летия рождения». **Этос науки**, по Мертону, - это «эмоционально насыщенный комплекс ценностей и норм, разделяемых учеными. Эти нормы выражаются в форме предписаний, запретов, предпочтений и разрешений. Они легитимируются в терминах институциональных ценностей [12, р. 268-269]. Это совокупность четырех институциональных императивов: коммунизм (communism), универсализм (universalism), незаинтересованность (disinter-

estedness) и организованный скептицизм (organized skepticism). По первым буквам названия каждой из них, эту систему норм стали называть CUDOS.

**Коммунизм** — это норма, согласно которой результаты науки должны стать общественной собственностью и быть доступными для всех. Они не должны утаиваться от других исследователей, их необходимо опубликовать в полном объеме и как можно быстрее. Исследователи должны считать себя людьми, вносящими вклад в общую копилку знаний научного сообщества. Эта норма предписывает, по сути, равенство членов научного сообщества в праве на обладание истиной. Знание производится не индивидами, а сообществом, ибо отдельный ученый зависит от интеллектуального наследия. Очевидно, что это требование противоречит засекречиванию новейших открытий на первых порах, превращению знаний в товар.

**Универсализм** — это норма согласно которой оценка научного результата ученого должна осуществляться без каких-либо предрассудков по отношению к его этнической или расовой принадлежности, его полу, научной репутации, без его отнесенности к научной школе и т.д. В этой норме выражено отрицательное отношение Мерттона к употребляемым тогда понятиям: «немецкая, арийская наука» или «советская, пролетарская наука». В науке принимаются во внимание только рационально-логические и экспериментально доказанные доводы. Аргументы «ad hominem» не признаются обоснованными.

**Незанимательность (бескорыстность)** — норма, согласно которой *на результаты исследования не должны влиять ненаучные интересы (религиозного, политического, экономического или иного характера)*. Речь идет о независимости истинности или ложности научных суждений от соображений пользы или вреда, которые они могут принести, кому бы то ни было. Этот принцип требует гласности и открытости научной коммуникации, требует, чтобы любой значимый продукт совокупного научного текста был опубликован, доступен для читателя и открыт для обсуждения. Примитивное понимание этой нормы трактуется непосвященными как отсутствие у ученых потребности в материальном вознаграждении, в оплате труда, стимулировании и т.п.

**Организованный скептицизм** — означает, что исследователи обязаны быть критическими как по отношению к работе других, так и к собственной работе. Возможные источники ошибок, сомнения и проблемы в исследовании должны обязательно выноситься на публику, а каждый ученый должен быть самым жестким критиком для самого себя [12, р.270-277]. Скептицизм требует *подвергнуть сомнению все научные результаты, вынесенные на публику*, или, добавим мы, надо следовать главному принципу науки: «De omnibus dubitandum» (сомневайся во всем, или подвергай все сомнению).

В 1952 г. вышла книга Бернарда Барбера «Наука и социальный порядок» [11], предисловие к которому написал Р. Мертон, поскольку их позиции были близки. Предложенные Барбером в книге нормы науки уточняли и развивали мертоновские с заменой «организованного скептицизма» на «индивидуализм» и добавлением двух новых императивов: **рациональность** (вера в ее моральную добродетель) и **эмоциональная нейтральность**. В этой работе Б. Барбер впервые указывает на регулятивные возможности этих норм, на то, что именно моральные ценности делают науку моральным предприятием, в том смысле, что *необходимость моральных кодексов становится очевидным лишь тогда, когда нормы научной деятельности нарушаются*.

В 1957 г. Мертон добавил к своей системе норм две новые: **оригинальность результатов** в науке (originality) и **скромность** (humility) [12, p.293-305]. Соответственно, аббревиатура его системы приняла форму (CUDOS + OH), хотя скромность мало упоминается впоследствии исследователями, а оригинальность стало составной частью первых четырех норм. Как отмечал Г.С.Батыгин, «нормативная структура науки, наследующая бэконовскую программу «избавления от идолов», направлена, прежде всего, на то, чтобы дать возможность объективной реальности «говорить за себя» - в той мере, в какой человеческие условия вообще могут обеспечить такую возможность» [1, с.520]. Очевидно, что требования этих норм трудно выполнимы в условиях современного общества и что многие ученые даже и не слышали о них и тем более часто не следуют им.

В 1960-70-е гг. и позже Мертона будут упрекать в идеализации прошлого, во внеисторизме, на что он ответил понятием **социологической амбивалентности ученых**. Идея амбивалентности норм свидетельствует об осознании им расхождений между реальным поведением ученых и нормами этоса науки. В 1963 г. в статье «Амбивалентность ученых» [13] Мертоном были сформулированы девять попарно сгруппированных противоречивых («амбивалентных») норм. Они свидетельствуют о том, что он понимал то, что ученые находятся постоянно в ситуации внутреннего конфликта, выбора между полярно противоположными требованиями императивов науки. На это Р. Мертон непосредственно указывает в следующих словах: «внимательное рассмотрение поведения ученых должно включать в себе анализ того, как в каждом социальном институте развиваются потенциально противоречивые нормы; как конфликтующие нормы образуют значимую амбивалентность в профессиональной жизни ученых и как эта амбивалентность влияет на реальные, - в отличие от предполагаемых, - отношения между людьми науки» [13, с.35]. На деле речь идет о естественном проявлении общественной морали - о постоянном несовпадении в поведении людей норм-идеалов и повседневных поступков людей, т.е. реальных нравов, социальной практикой, в том числе и в науке. Но моральные нормы и ценности остаются, тем не менее, ориентирами во всех видах деятельности и отношений людей.

Согласно мертоновской концепции амбивалентности, ученый:

1. должен передавать как можно быстрее свои научные результаты коллегам, но он не должен торопиться с публикациями;
2. должен быть восприимчив к новым идеям, но не должен поддаваться интеллектуальной «моде»;
3. должен стремиться добывать такое знание, которое получит высокую оценку коллег, но он должен работать независимо от оценки других ученых;
4. должен защищать новые идеи, но не должен поддерживать опрометчивые заключения;
5. должен прилагать максимальные усилия, чтобы знать относящиеся к его области работы, но при этом обязан помнить, что эрудиция иногда тормозит творчество;
6. должен быть крайне тщательным в формулировках и деталях, но не должен впадать в педантизм, ибо это нанесет ущерб содержанию;
7. должен всегда помнить, что знание универсально, но не должен забывать, что всякое научное открытие делает честь нации, представителем которой оно совершено;

8. должен воспитывать новое поколение ученых, но обучению молодежи не должен отдавать слишком много внимания и времени.
9. ученый должен учиться у крупного мастера и подражать ему, но не должен походить на него [7, с. 129].

Заметим, что Р.Мертон здесь употребляет слова «должен» или «не должен», практически при формулировке каждой нормы, что указывает на понимание им расхождений между нормами и реальной жизнью современного ему научного сообщества, в чем некоторые, более поздние интерпретаторы ему отказывают. Отметим также, что еще до вторичной публикации работы Мертона по социологической амбивалентности в 1976 г., во введении к сборнику «Социология науки» (1973 г.), его сторонник Н. Сторер отмечал, что главный вопрос состоит о том, **руководствуются ли ученые в своем повседневном поведении этими нормами или нет?** Вывод его таков: многие ученые часто нарушают эти нормы науки. Собственно, отношение Сторера к этическим нормам науки было сформулировано им еще раньше: «Без шаблонов поведения и взаимоотношений между учеными, предписываемых этими ценностями, коллективные поиски истины оказались бы подорванными в результате своекорыстных побуждений, присущих каждому человеку. Истины продавались бы тому, кто за них больше платит, люди науки не решались бы критиковать работу друг друга из страха ответных мер <...>» [9, с. 253].

В последние три десятилетия XX в. за рубежом появились работы, в которых предлагаются иные нормы этоса науки, противоположные сформулированным в 40-60-е гг. XX в. Р.Мертоном и его сторонниками нормам. В некоторых работах декларируется закат мертоновской парадигмы науки, а его нормы объявляются устаревшими, внеисторическими. Социологическая проверка норм этоса науки якобы не подтверждает их наличие и действие. На базе интенсивного тестирования представителей прикладной науки предлагаются такие нормы (а скорее, антинормы), которые, по их мнению, отражают новые реалии постакадемической науки. Имеются в виду системы антинорм Р. Богуслава (1968), И. Митроффа (1974), С. Фуллера (1997) или Дж. Зимана (1995, 2000), если перечислить наиболее видных исследователей этого аспекта. Например, по мнению последнего автора, постакадемическое научное сообщество характеризуется не столько поиском истины, а поиском выгоды, прагматичностью, ориентацией на иные нормы жизнедеятельности, когда во главу угла ставится этика полезности, жесткая конкуренция и желание зарабатывать, а исследовательские группы превращаются в малые бизнесы. В противовес «идеалистической» системе норм Мертона (CUDOS+OH), Дж. Зиман [см. 14] предлагает систему PLACE (**Proprietary, Local, Authoritarian, Commissioned and Expert work**). Они подробно анализируются рядом авторов коллективной монографии «Этос науки» [10], рассматриваются и нами в отдельной статье (см.6).

На наш взгляд, предлагаемые Дж. Зиманом (и другими авторами) «новые» нормы науки отражают некоторые **нравы** (совокупность которых на языке этики обозначается как этос), причем не всей науки, а преимущественно прикладной, работающей «на потребу дня». *Но критики Мертона правы в том, что за последние десятилетия, во всем мире, нравы науки действительно изменились в сторону утилитарности, меркантильности, отдаляясь от сформулированных Мертоном требований.*

Конечно в современной науке – больше погони за деньгами и прочими формами материального поощрения, чем в середине XX в. Однако предложенные «новые» нормы являются, по нашему мнению, лишь констатацией расхождения между нравами современной науки (т.е. «сущим» на языке этики) и требованиями норм, выражающих этическое «должное» в профессии ученых. **Именно это «должное», без которого наука не может функционировать, и выражают нормы-идеалы этоса науки Р. Мертона.** Видимо, Мертону уже тогда следовало сделать крайне важное уточнение, о том, что его «**этос науки**» – это не повседневные нравы, не практика современной или прошлой науки, а «**этическое должное**» в науке.

В статье, посвященной проблеме этоса науки Р. Мертона, известный философ науки В.С.Степин, увязывая эволюцию принципов и идеалов этоса науки с типами рациональности на разных этапах развития науки (классической, неклассической и постнеклассической или постакадемической), выделяет, вслед за Н.В. Мотрошиловой, *институциональные и познавательные идеалы и нормы*. Институциональная компонента «включает социальные нормативы, которые фиксируют роль науки и ее ценность для общественной жизни, управляют процессом коммуникации исследователей, отношения научных сообществ друг с другом и с обществом в целом. Вторая выражает познавательные установки, которые регулируют процесс познания объекта и способы его репрезентации в различных формах знания» [8, с. 32-33]. Как видим, его позиция практически совпадает с изложенной нами несколькими страницами раньше позицией.

Научный этос Мертона, таким образом, представляет собой совокупность базовых идеалов, ценностей, обеспечивающих **мотивацию** научной деятельности, формирующих представления о целях науки, научного познания, особый настрой личности ученого, его отношение к своему делу, воздействует на стандарты взаимоотношений между субъектами деятельности. Эти идеалы и нормы, с которыми не все ученые знакомы (но должны быть знакомы), передаются в процессе обучения научной молодежи старшим поколением, они присутствуют в отношениях «учитель-ученик», «научный руководитель – аспирант» как **неявное знание**. Их анализ, выявление и фиксирование в письменной форме составляют предмет этики науки, с которой нынешнее поколение молодых ученых начинает знакомиться в процессе их подготовки. Несомненно одно: *среди ценностей научного сообщества доминирует ориентация на истинность, новизну и доброкачественность научного продукта. Вторым доминирующим идеалом науки является свобода исследования и равноправие участников научного процесса перед лицом истины, независимо от «рангов» в научной иерархии.*

Что касается **роли парадигмы**, то здесь в первую очередь следует дать ее определение, так как ее содержание трактуется в литературе неоднозначно. Она определяется то, как базовый элемент процесса научного познания законов природы и общества, то, как некий социокультурный императив социальной активности, или же, как культуuroобразующий тип деятельности. Первый перечисленный смысл этого понятия был впервые раскрыт американским историком науки Т. Куном в своей знаменитой работе «Структура научных революций» (1973 г., переведена на русский язык в 1975 г.). *Под парадигмой он понимал наилучший на данный момент способ объяснения устройства мироздания.* Парадигма характеризуется двумя наиболее существенными признаками: а) способностью «привлечь на длительное время группу

сторонников из конкурирующих направлений научных исследований» и б) достаточной открытостью, «чтобы новые поколения ученых могли в их рамках найти для себя нерешенные проблемы любого вида» [3, с.28, 44-45]. В науковедении парадигма, в конечном счете, представляет собой *исследовательскую позицию определенного научного сообщества по отношению к окружающему миру*, она — инструмент объяснения законов именно физического мира в форме обобщений, принципов, констант или количественных законов. Т. Кун подчеркивал, что для того, чтобы понять, почему наука развивается, «... следует уяснить способ, посредством которого специфическая система общепринятых ценностей взаимодействует со специфическими опытными данными, признанными сообществом специалистов, с целью обеспечить гарантии того, что большинство членов группы будет считать, в конечном счете, решающей какую-либо одну систему аргументов...» [там же, с. 260-261]. Такая интерпретация касается естественных наук, так как английское понятие “Science” обозначает не всю науку, а только естествознание. В **общественных науках**, в том числе в социологии, понятие парадигмы трактуется существенно шире, скорее как «методология», в том смысле, что каждая отрасль социологического знания может содержать несколько конкурирующих парадигм. Понятие «парадигма» широко используется сегодня во всех отраслях социологии и понимается, скорее, как совокупность исследовательских принципов, категорий, методов, как познавательная матрица с помощью которой воспринимается и изучается социальная реальность.

Парадигма интернализируется учеными в процессе их профессиональной подготовки, их социализации в рамках данной дисциплины или научной школы. В результате социализации и в процессе научного общения с коллегами, формируется механизм личностного самоконтроля ученого, который, наряду с научной специализацией и формированием индивидуальной профессиональной роли (например - генератор идей, аналитик, информатор, менеджер от науки, оформитель грантов, эксперт и т.п.), влияет на его *личную мотивацию* занятия данной наукой. На основе парадигмы формируются и соответствующие профессиональные ожидания научного сообщества, критерии последующей *институциональной оценки* научного продукта ученого — знания, метода, типа научного поведения, что представляет собой наиболее сложную и противоречивую фазу внутреннего контроля в науке.

Сложность этого процесса связана не только с тем, что научный продукт имеет весьма разнообразные формы — *знание, метод, профессиональное поведение*, но и с разными целями этой оценки. Так, например, если в рамках внешнего социального контроля поведение ученого оценивается положительно и соответственно одобряется, когда он следует социальным нормам, (т.е., по сути, поощряется конформность), то *отличительным свойством научного знания является новизна, оригинальность*. Это означает, что в научном творчестве оценивается и поощряется отклонение от канона, нормы, т.е., по сути, девиантность.

Процесс превращения новой информации в признанное новое знание, т.е. **оценка индивидуального научного вклада и его признание** — как форм внутреннего контроля в науке - связан с выработкой специфических процедур, возникших еще в средние века: экспертиз публикации специалистами, научные дискуссии (устные и письменные), защита магистерской (в России — кандидатской) или докторской диссертаций.

Этот процесс - противоречивый, сложный, но он должен происходить всегда только на базе открытой дискуссии и критики, путем публичного обсуждения. Частично эти аспекты мы рассмотрели в статье, посвященной научной коммуникации [5, 236-245]. Без демократического духа в дисциплинарном научном сообществе, без равенства перед истиной участников научных дискуссий, без толерантности к самым сумасшедшим на первый взгляд идеям, наука не может развиваться, существовать.

Сформулируем **некоторые выводы**. На неклассическом, и особенно на постнеклассическом, этапе развития науки, когда преобладает государственное регулирование, планирование и финансирование науки **возрос внешний социальный контроль**. Ученые работают сегодня в государственных или частных организациях, существующих и функционирующих на правовой основе, на государственное или частное финансирование, предполагающих управление и контроль. Социальный контроль стал необходим, но он противоречит свободе научного творчества, что создает множество морально-этических проблем для творцов науки. **Внутренний, институциональный контроль породил нравственный самоконтроль науки**. Нормы науки, сформулированные Мертоном и его сторонниками, очерчивают рамки нравственного выбора исследователя, который, несомненно, зависит от личной интерпретации ученым этих неписанных норм, от особенностей формирования его как личности в науке (от его принадлежности к определенной эпохе, к определенной социальной и научной общности, от личной биографии и пр.). Следовательно, в исследовательской деятельности **происходит самореализация личности ученого**.

Роль научного сообщества при этом заключается как в формировании адекватной духу и идеалам науки мотивации деятельности у отдельного ученого, так и в регламентации этого процесса путем влияния на него извне, в виде внешнего контроля и санкций. Тем самым, воздействие научного сообщества и его этоса на отдельного ученого вплетается в ткань индивидуальной исследовательской работы в виде внутреннего, нравственного самоконтроля, диалога с собой, внутреннего выбора между тем что «надо» и тем как приходится реально действовать сегодня, здесь.

Научное сообщество не только придает всеобщий характер результату научного исследования – факту, идее, гипотезе, превращая их в элементы науки в результате их принятия и развития. Оно играет не только роль гносеологического фильтра, а является творцом и хранителем познавательных норм и идеалов. По отношению к отдельному исследователю или научному коллективу, научное сообщество выполняет функцию регулятора поведения и отношений, порождая определенную мотивацию. **Исследователь становится ученым лишь через «вхождение» в дисциплинарное научное сообщество, путем освоения знаний, методов, средств, норм познавательной деятельности, через принятие ценностей и идеалов, передающихся из поколения в поколение.**

Сегодня во всем мире ученые объединены в профессиональные ассоциации по дисциплинарному признаку: национальные и международные ассоциации ученых, объединенные в Международную ассоциацию научных работников при ЮНЕСКО. Эти организации принимают свои нравственные профессиональные кодексы, отражающие разработанные в середине прошлого века нормы-идеалы этоса ученого. Роль морально-этического фактора в науке исследуется новым направлением социологии и философии науки – *этикой науки*, содержание которой будет раскрыта в отдельной статье.

**Литература**

1. *Батыгин Г.С.* Коммуникации в научном сообществе// *Этос науки*. Отв. ред. Л.П.Кияшева, Е.З. Мирская. – М.; Академия, 2008, с.516-533.
2. Введение в социологию науки, Часть 1, Под ред. проф.С.А.Кугеля и доцента Н.С.Черняковой, Изд. СПбУЭиФ, 1992.
3. *Кун Т.* Структура научных революций. - М.,1975.
4. *Лазар М.Г.* Академии, университеты и развитие науки: исторические формы отношений//*Ученые записки РГГМУ*, № 7, 2008, с.181-195.
5. *Лазар М.Г.* Коммуникации в современной науке: социологические и этические аспекты//*Ученые записки РГГМУ*, № 18, 2011, с.236-246.
6. *Лазар М.Г.* Этос науки в социологии Р.Мертон: судьба и статус в науковедении // *Социология науки и технологий*, № 4, 2010, с.124-137.
7. *Мирская Е.З.* Этос науки: идеальные регулятивы и повседневные реалии// *Этос науки*, 2008, с.108-143.
8. *Степин В.С.* Эволюция этоса науки: от классической к постнеклассической рациональности// *Этос науки*, М. 2008, с.21-47.
9. *Сторер Н.* Социология науки// *Американская социология: перспективы, проблемы, методы*. М., Прогресс, 1972.
10. *Этос науки*. Отв.ред.: Л.П.Кияшенко, Е.З.Мирская. М., Академия. 2008, 535 с.
11. *Barber B.* Science and the social order/With a foreword by R.K.Merton. Glencoe, Illinois: The Free Press Publ., 1952. P.6.
12. *Merton R. K.* The sociology of science. Theoretical and empirical investigation.N.Y, Free Press, 1973.
13. *Merton R.,K.* The ambivalence of scientists // Ed.by R.K.Merton. Sociological Ambivalence and other Essaye. New York: The Free Press, 1976, p.35.
14. *Ziman J.* Real Science: What it is, and What it means. Cambridge, Univ.Press, 2000, p.59-60; Рецензия на нее см. в сборнике *Социология науки*, СПб, 2000.

## **ПЕРВЫЙ РАБОЧИЙ ВИЗИТ В РГГМУ ФРАНЦУЗСКОГО УЧЁНОГО БЕРТРАНА ШАПРОНА**

*в рамках реализации гранта на привлечение в вузы РФ учёных с мировым именем,  
полученного университетом в сентябре 2011 года*

14 декабря в рамках рабочего визита ведущий французский учёный Бертран Шапрон выступил на расширенном заседании Учёного совета РГГМУ, на котором представил доклад о развитии на базе университета нового научного направления по исследованию Земли из космоса и о перспективах создания лаборатории спутниковой океанографии РГГМУ.

Данный проект реализуется на средства гранта по привлечению в российские вузы учёных с мировым именем. Конкурсный отбор проводился в сентябре 2011 года Министерством образования и науки РФ, тогда всего пять вузов Санкт-Петербурга, в том числе и Российский государственный гидрометеорологический университет, стали победителями этого конкурса.

В своем выступлении Бертран Шапрон уделил особое внимание поставленным целям и задачам, возложенным на создаваемую лабораторию. Одной из основных задач проекта является проведение научных исследований в области развития новых методов и технологий обработки и анализа спутниковых данных. Приоритетной задачей лаборатории французский учёный назвал развитие образовательной деятельности с участием студентов, аспирантов, молодых учёных и специалистов РГГМУ. В ближайших планах, в рамках выполнения гранта, — реализация двух пилотных проектов: по развитию комплекса альтернативной ветроэнергетики в акватории Финского залива и по созданию системы мониторинга окружающей среды в Арктическом бассейне.

Очень важным также, по мнению Б. Шапрона, будет являться внедрение результатов исследований лаборатории в практическую деятельность, и впоследствии, возможность их коммерциализации. Бертран Шапрон сообщил, что работа по созданию лаборатории уже начата и в настоящее время производится закупка современного специализированного научного оборудования для оснащения лаборатории.

24 – 25 января 2012г. в РГГМУ традиционно состоялась Итоговая сессия Ученого совета, на который были заслушаны и утверждены результаты научной деятельности за 2011 г. Было отмечено, что за период с 2006г. по 2011г. не только количественно, но и качественно увеличение научных исследований, и как результат рост числа победителей конкурсов. Отмечено также повышение активности ученых и сотрудников университета в регистрации интеллектуальной собственности, созданной в ходе научных и образовательных разработок.

В период с 22 по 27 января 2012 г. на базе Университета г. Тромсё (Норвегия) проходила VI Международная конференция «Рубежи Арктики: энергия на крайнем Севере». Программа конференции направлена на решение геополитических, социально-экономических и экологических проблем арктических регионов в контексте международного и междисциплинарного сотрудничества.

Одновременно при поддержке Международной Ассоциации Молодых ПОЛЯРНЫХ Исследователей (APECS) проводился Форум молодых ученых.

РГГМУ на конференции и форуме представляли к.г.н., доц. Алексеев Д.К. с докладом «Радиоцезий в донных отложениях Баренцева и Карского морей» и асп.каф. ЮНЕСКО ДЗМО Смирнова Ю.Е. «Особоопасные процессы взаимодействия океана и атмосферы для нефтегазовых сооружений, навигации и рыболовства в арктическом регионе». Видеозаписи пленарных докладов и сборник материалов конференции представлены на официальном сайте: <http://www.arctic-frontiers.com>

## Список авторов

- Александров Виктор Яковлевич*, аспирант каф. метеопрогнозов РГГМУ  
*Бабкин Алексей Владимирович*, доктор геогр. наук, проф. каф. ДАКЗ (812) 444-59-47  
*Барышников Николай Борисович*, д.т.н., проф., зав. каф. гидрометрии РГГМУ (812) 444-82-61  
*Боков Виктор Николаевич*, к.г.н., доц. каф. метеопрогнозов РГГМУ (812) 444-82-61  
*Будников Андрей Александрович*, канд. физ. мат. наук, ст. науч. сотр. МГУ им. Ломоносова М.В., физический факультет, каф. физики моря и вод суши  
*Виноградов Вячеслав Михайлович*, ассистент каф. МИТ РГГМУ  
*Владимиров Анатолий Михайлович*, доктор геогр. наук, проф., зав. каф. гидрологии суши РГГМУ  
*Воробьев Владимир Николаевич*, к.г.н., ст. науч. сотр. проректор РГГМУ  
*Гниловский Евгений Владимирович*, канд. физ.-мат. наук, ст. науч. сотр. НПО «ОПТЭК»  
*Голосовская Вера Алексеевна*, к. геогр. наук, доц. Каф. Геодезии и гидрогеологии (812) 224-22-65  
*Грибановская Светлана Викторовна*, ст. преподаватель каф. ЭПиУС РГГМУ  
*Гусева Анна Юрьевна*, канд. фил. наук, доцент каф. Соц.-гум. наук РГГМУ  
*Дьяченко Наталья Владимировна*, канд. физ.-мат. наук, доцент каф. физики РГГМУ  
*Кадиров Кантйбек Шокирович*, аспирант кафедры ДАКЗ  
*Кийко Ольга Алексеевна*, кандидат биологических наук, вед. спец. ЗАО «ЭКОПРОЕКТ»  
*Кириевская Дубрава Владимировна*, соискатель кафедры промысловой океанологии и охраны природных вод РГГМУ  
*Комолова Светлана Александровна*, эколог Учебная-научная станция «Валаам» РГГМУ  
*Коржиков Александр Яковлевич*, канд. геогр. наук, с.н.с. отдела долгосрочных прогнозов ААНИИ  
*Лазар Михай Гаврилович*, д-р фил. наук, проф. каф. соц.-гум. наук РГГМУ (812) 444-59-47  
*Лебедева Надежда Владимировна*, геоаналитик компании «Навтек»  
*Лобачев Павел Сергеевич*, научн. сотр. Всероссийский научно исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных  
*Небредовская Виктория Валерьевна*, преподаватель каф. соц.-гум. наук РГГМУ  
*Осечкин Всеволод Владимирович*, канд. геогр. наук, доцент каф. английского языка №1 Университета экономики и финансов  
*Павлов Александр Николаевич*, док. Геол.-минерал. наук, проф., зав. каф. геодезии и гидрогеологии РГГМУ (812) 224-22-65  
*Певнев Анатолий Кузьмич*, гл. науч. сотр., доктор техн. наук, Институт физики Земли Российской Академии Наук (РАН),  
*Петрова Екатерина Евгеньевна*, доцент, канд. эконом. наук, зав. каф. ЭПиУС РГГМУ  
*Поташко Евгений Александрович*, магистр каф. гидрометрии (812) 444-82-61  
*Саад Малик*, аспирант кафедры МИТ РГГМУ  
*Сазонов Кирилл Евгеньевич*, д. тех. наук, проф. каф. Океанологии (812) 224-3061  
*Саноцкая Надежда Александровна*, к.ф.-м.н., ст. препод. кафедры математики  
*Седова Алена Павловна*, соискатель кафедры МИТ РГГМУ  
*Скоморохова Екатерина Михайловна*, магистрант каф. гидрометрии РГГМУ  
*Смышляев Сергей Павлович*, доктор физ.-мат. наук, проф. каф. метеорологических прогнозов РГГМУ  
*Субботина Елена Сергеевна*, к.г.н., доцент кафедры гидрометрии РГГМУ (812) 444-82-61  
*Ткаченко Николай Николаевич*, аспирант кафедры МИТ РГГМУ  
*Харламова Татьяна Львовна*, к.э.н., доцент каф. менеджмента СПбТЭИ  
*Чашечкин Юлий Дмитриевич*, доктор физ.-мат. наук, зав. лабораторией ИПМехРАН  
*Шаймарданов Владислав Марсельевич*, канд. техн. наук, зав. отделом Всероссийского научно-исследовательского института гидромет. информации (48439) 74187  
*Шендерова Светлана Валерьевна*, к.е.н., доцент, докторант СПбГУЭФ  
*Шилин Михаил Борисович*, доктор геогр. наук, проф. каф. промысловой океанологии и охраны природных вод РГГМУ

### ***Требования к представлению и оформлению рукописей для авторов журнала***

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

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

Формат А5 (148×210) книжный.

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

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

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

Набрать текст шрифтом Times New Roman, обычный.

Межстрочный интервал – одинарный.

Абзацный отступ – 0,75 см.

Интервал до заголовка – 24 пункта, после – 6.

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

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

Рисунки располагать по тексту в соответствии со ссылкой.

Подрисовочную 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  
№ 23

НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

*Редакторы:* И.Г. Максимова, О.С. Крайнова

*Компьютерная верстка:* Ю.И. Климов

ЛР № 020309 от 30.12.96.

---

Подписано в печать 25.12.11. Формат 70×100 1/16. Гарнитура Times New Roman.

Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 19,2. Тираж 500 экз. Заказ № 83.

РГГМУ, 195196, Санкт-Петербург, Малоохтинский пр., 98.

Отпечатано в ЦОП РГГМУ

---

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС2-8484 от 07 февраля 2007 г.

в Управлении Федеральной службы в сфере массовых коммуникаций

и охране культурного наследия по Северо-Западному федеральному округу

Учредитель: Российский государственный гидрометеорологический университет

---