

ЭКО-ПОТЕНЦИАЛ

Журнал мультидисциплинарных научных публикаций

ЭКО-ПОТЕНЦИАЛ № 2 (14) 2016



№ 2 (14) 2016

ЭКО-ПОТЕНЦИАЛ

**ЖУРНАЛ МУЛЬТИДИСЦИПЛИНАРНЫХ
НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ**

Eko-potencial
(Journal of multidisciplinary scientific papers)

№ 2 (14) 2016

«ЭКО-ПОТЕНЦИАЛ»

Ежеквартальный научный журнал

№ 2 (14), 2016, ISSN 2310-2888

Свидетельство о регистрации ПИ № ТУ66-01070

Все права на журнал принадлежат

ФГБОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет»

Почтовый адрес редакции научного журнала «Эко-Потенциал»

620100, г. Екатеринбург, Сибирский тракт, д. 37, Институт экономики и

управления

E-mail: Usoltsev50@mail.ru

Электронный вариант журнала <http://management-usfeu.ru/GurnalEkoPotenzials>**РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ ЖУРНАЛА:**

Багинский В.Ф. - доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесохозяйственных дисциплин Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины, профессор, член-корреспондент НАН Беларуси (Гомель, Беларусь)

Брагина Т.М. – доктор биологических наук, профессор Костанайского государственного педагогического института (Костанай, Казахстан)

Вураско А.В. – доктор химических наук, профессор, директор Института химической переработки растительного сырья и промышленной экологии Уральского государственного лесотехнического университета (Екатеринбург, РФ)

Данилин И.М. - доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ведущий научный сотрудник лаборатории таксации и лесоустройства Института леса им. В.Н. Сукачёва Сибирского отделения РАН (Красноярск, РФ)

Доржсүрэн Чимидням – доктор биологических наук, профессор, заведующий отделом лесоведения, Институт ботаники Академии наук Монголии (Улан-Батор, Монголия)

Залесов С.В. - доктор сельскохозяйственных наук, профессор, проректор по научной работе Уральского государственного лесотехнического университета (Екатеринбург, РФ)

Кащенко М.П. – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой физики Уральского государственного лесотехнического университета (Екатеринбург, РФ)

Колтунов Е.В. - доктор биологических наук, профессор, ведущий научный сотрудник Ботанического сада Уральского отделения РАН (Екатеринбург, РФ)

Литовский В.В. – доктор географических наук, доцент, заведующий сектором размещения и развития производительных сил Института экономики Уральского отделения РАН (Екатеринбург, РФ)

Мехренцев А.В. - кандидат технических наук, профессор, ректор Уральского государственного лесотехнического университета (Екатеринбург, РФ)

Миронова Е.А. - кандидат филологических наук, доцент кафедры лингвистики и межкультурной коммуникации Ростовского государственного экономического университета (Ростов-на-Дону, РФ)

Назаров И.В. - доктор философских наук, профессор кафедры философии Уральского государственного лесотехнического университета (Екатеринбург, РФ)

Петрова И.В. - доктор биологических наук, директор Ботанического сада Уральского отделения РАН (Екатеринбург, РФ)

Проскураков М.А. – доктор биологических наук, главный научный сотрудник Института ботаники и фитоинтродукции Министерства образования и науки Казахстана (Алматы, Казахстан)

Чадов Б.Ф. - доктор биологических наук, действительный член РАЕН, ведущий научный сотрудник Института цитологии и генетики Сибирского отделения РАН (Новосибирск, РФ)

РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА

Усольцев В.А. - главный редактор, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Часовских В.П. - заместитель главного редактора, директор Института экономики и управления Уральского государственного лесотехнического университета, доктор технических наук, профессор

Воронов М.П. - ответственный секретарь, кандидат технических наук, доцент.

THE EDITORIAL COUNCIL

Baginskiy V.F. – Doctor of agricultural sciences, Professor of Department of Forest Sciences of Gomel State University named after f. Skaryna, corresponding member of NAS of Belarus (Gomel, Belarus)

Bragina T.M. Doctor of biological sciences, Professor of Kostanai State Pedagogical Institute (Kostanai, Kazakhstan)

Chadov B.F. - Doctor of biological sciences, full member of the Russian Academy of Natural Sciences, Leading Scientific Researcher of the Institute of Cytology and Genetics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Novosibirsk, RF)

Danilin I.M. – Doctor of agricultural sciences, Professor, Senior Scientific Curator of the V.N. Sukachev Forestry Institute of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Krasnoyarsk, RF)

Dorjsuren Chimidnyam - Professor, Dr. Sc. in Biology, Head of Forest Department, Institute of Botany, Mongolian Academy of Sciences (Ulaanbaatar, Mongolia)

Kashchenko M.P. - Doctor of physical and mathematical sciences, Professor, Head of the Department of physics of the Ural State Forest Engineering University (Ekaterinburg, RF)

Koltunov E.V. - Doctor of biological sciences, Professor, Senior Scientific Curator of the Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (Ekaterinburg, RF)

Litovskiy V.V. – Doctor of geographical sciences, Associate Professor, Head of the Department of allocation and development of productive forces of Institute of Economics of the Ural branch of Russian Academy of Sciences (Ekaterinburg, RF)

Mekhrentsev A.V. - Candidate of technical sciences, Professor, Rector of the Ural State Forest Engineering University, (Ekaterinburg, RF)

Mironova E.A. - Candidate of philological sciences, Associate Professor of Department of Linguistics and cross-cultural communication, Rostov State Economic University (Rostov-on-Don, RF)

Nazarov I.V. - Doctor of philosophical sciences, Professor of Philosophy Department of the Ural State Forest Engineering University (Ekaterinburg, RF)

Petrova I.V. - Doctor of biological sciences, Director of the Botanical Garden of the Ural Branch of Russian Academy of Sciences (Ekaterinburg, RF)

Proskuryakov M.A. – Doctor of biological sciences, Chief researcher of Institute of Botany and Phytointroduction, Ministry of Education and Science (Almaty, Kazakhstan)

Vurasko A.V. – Doctor of chemistry, Professor, Dean of Engineering-Ecological Faculty of Ural State Forest Engineering University (Ekaterinburg, RF)

Zalesov S.V. - Doctor of agricultural sciences, Professor, Scientific vice-rector of the Ural State Forest Engineering University (Ekaterinburg, RF)

THE EDITORIAL BOARD

Usoltsev V.A. - Editor-in-chief, Doctor of agricultural sciences, Professor

Chasovskikh V.P. - Deputy Editor, Director of the Institute of Economics and Management of the Ural State Forest Engineering University, Doctor of technical sciences, Professor

Voronov M.P. - Executive Secretary, Candidate of technical sciences, Associate Professor

Содержание /Content

КОЛОНКА РЕДАКТОРА.....6	EDITORIAL BOARD COLUMN.....6
ЭКОЛОГИЯ	ECOLOGY
Дворник А.М., Дворник А.А. Лесные пожары в зонах радиоактивного загрязнения.....7	Dvornik A.M., Dvornik A.A. Forest fires in areas of radioactive contamination7
Трубин Д.В. Агрофорест: пашня и лес в неразрывной связи.....12	Trubin D.V. Agroforest: arable land and forest in conjunction 12
БИОЛОГИЯ	BIOLOGY
Драгавцев В.А. О возможности быстрой оценки адаптивного полиморфизма в естественных популяциях моноподиальных хвойных деревьев.....22	Dragavtsev V.A. The possibility of fast estimation of adaptive polymorphism in natural populations of monopodial coniferous trees.....22
Санников С.Н., Петрова И.В., Черепанова О.Е. Альтернативные гипотезы происхождения вереска <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull.....28	Sannikov S. N., Petrova I.V., Cherepanova O.E. Alternative hypotheses of the origin of heather <i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull.....28
Усольцев В.А. Биологическая продуктивность древесных видов Евразии с позиций биогеографии.....41	Usoltsev V.A. Biological productivity of forest species in Eurasia from the perspective of biogeography.....41
ЭКОНОМИКА	ECONOMY
Багинский В.Ф., Лапицкая О.В. Актуальные проблемы экологии, экономики и организации производства в лесном хозяйстве в Республике Беларусь.....50	Baginsky V.F., Lapitskaya O.V. Actual problems of ecology, economy and manufacture management in the forestry of Republic Belarus.....50
Бутко Г.П., Кох Е.В., Богословская О.А. Зависимости и закономерности для принятия решений при формировании стратегий конкурентных преимуществ предприятий в лесном секторе экономики.....62	Butko G.P., Kokh E.V., Bogoslovskaya O.A. Dependencies and patterns for decision-making in forming strategies of competitive advantages of enterprises in the forestry sector.....62
Афанасьева И.Н., Иматова И.А., Кузьмина М.В., Валиев Э.Ф. Концессия объектов жилищно-коммунального хозяйства: ожидания и риски.....69	Afanasyeva I.N., Imatova I.A., Kuzmina M.V., Valiev E.F. The concession of housing and communal services projects: expectations and risks.....69
ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЙ И РАСПОЗНАВАНИЕ ОБРАЗОВ	IMAGE PROCESSING AND PATTERN RECOGNITION
Часовских В.П., Лабунец В.Г., Комаров Д.Е., Остхаймер Е. Многопараметрические вейвлет преобразования.....76	Chasovskikh V.P., Labunets V.G., Komarov D.E., Ostheimer E. Multiparametric wavelet transforms.....76
Часовских В.П., Лабунец В.Г., Федорова Т.С., Остхаймер Е. Семейство обобщённых преобразований Хаара.....90	Chasovskikh V.P., Labunets V.G., Fedorova T.S., Ostheimer E. The family of the generalized Haar's transformations.....90
Остхаймер Е., Лабунец В.Г., Комаров Д.Е., Федорова Т.С. Фреше ММО-фильтры.....101	Ostheimer E., Labunets V.G., Komarov D.E., Fedorova T.S. Fréchet MIMO-filters101
Лабунец В.Г., Комаров Д.Е., Артёмов И., Остхаймер Е. Многофакторные ММО-фильтры.....111	Labunets V.G., Komarov D.E., Artemov I., Ostheimer E. Many factor MIMO-Filters.....111
Лабунец В.Г., Артёмов И., Мартюгин С., Остхаймер Е.	Labunets V.G., Artemov I., Martyugin S., Ostheimer E.

Быстрое дробное преобразование Фурье, основанное на инфинитезимальном преобразовании Фурье.....121	Fast fractional Fourier transforms based on infinitesimal Fourier transform.....121
КУЛЬТУРОЛОГИЯ	
Чадов Б.Ф. Послание XXI веку (к 35-летию со дня кончины Н.В. Тимофеева-Ресовского).....129	Chadov B.F. The message to the XXI century (to the 35-year anniversary of N.V. Timofeev-Ressovsky's death).....129
Линник Ю.В. Пентакль Матвея Бронштейна.....133	Linnik Yu.V. Pentacle by Matvei Bronstein.....133
Линник Ю.В. Красный вихрь.....138	Linnik Yu.V. Red swirl.....138
Миронова Е.А. Исследование объёмных антропоморфных изображений на углах и смежных гранях камней от Бретани до Дальнего Востока...142	Mironova E.A. Study of the volume anthropomorphic images on the corners and the adjacent sides of the stones from Bretagne to the Far East.....142
Попов А.И. Социально-экономический эффект реинжиниринга методического сопровождения высшего образования.....155	Popov A.I. Socio-economic impact of reengineering methodological support of higher education.....155
ДИСКУССИОННЫЙ КЛУБ	
Усольцев В.А. О гонениях на «ведьм»: из Средневековья – в современную Россию.....161	Usoltsev V.A. On the crackdown on "witches": from the Middle Ages - in the modern Russia.....161
Иванов А.В. «Одержание» властью.....172	Ivanov A.V. “Riddens” by state power.....172
Линник Ю.В. В честь Маннергейма.....175	Linnik Yu.V. In honour of Mannerheim.....175
Шевелев И.Ш. Единицы естественной геометрии. Резюме.....176	Shevelev I.S. The natural geometry units. Executive summary.....176
Юскаев Ю.Ю. О патенте RU 161678.....180	Yuskaev Yu.Yu. On the patent RU 161678.....180
Неруш Б.А. Как ликвидировать нищету и войны в мире.....182	Nerush B.A. How to eliminate poverty and wars in the world.....182
РЕФЕРАТЫ187	ABSTRACTS191
НАШИ АВТОРЫ196	OUR AUTHORS198
ПРИЛОЖЕНИЕ201	APPENDIX201

Выпуск открывается разделом «Экология» статьями, в которых выполнена оценка переноса радионуклидов с дымовым облаком от лесных пожаров в зонах радиоактивного загрязнения на территории Беларуси и показана история взаимоотношений леса и пашни по мере освоения людьми территории Евразии. В разделе «Биология» рассмотрены возможности быстрой оценки адаптивного полиморфизма в естественных популяциях моноподиальных хвойных деревьев, рассмотрена гипотеза о голоарктическом центре происхождения вереска обыкновенного в палеогене в одном из субконтинентальных регионов Западной Палеарктики, а также впервые с позиций биогеографии рассмотрены закономерности распределения показателей биологической продуктивности лесов Евразии на примере двуххвойных сосен.

В разделе «Экономика» показаны основные актуальные проблемы экономики, экологии леса, лесовосстановления и организации лесного хозяйства Беларуси, представлен анализ зависимостей и закономерностей, необходимых для принятия решений при формировании стратегий конкурентных преимуществ предприятий в лесном секторе экономики, а также рассмотрен вопрос привлечения инвестиций в жилищно-коммунальное хозяйство Свердловской области на основе государственно-частного партнерства.

В данном выпуске вводится новый раздел «Обработка изображений и распознавание образов», представленный несколькими статьями на эту тему. Для непосвященного читателя статьи выглядят довольно экзотично, они входят составной частью в направление, впервые открытое в 1960-х гг. американским математиком Лотфи Заде как теория нечетких множеств, довольно скептически воспринятая научной общественностью во многих странах. Основной идеолог представленных статей – профессор В.Г. Лабунец является учеником академика РАН Ю.И. Журавлёва. В конце 1970-х Юрий Иванович, возможно, под влиянием идей Л. Заде разработал совершенно оригинальные принципы алгебраической теории алгоритмов, которая с позиций классической математики выглядела полным бредом. Она позволяла решать задачи, подобные той, что бравый солдат Швейк в романе Ярослава Гашека задал медицинской комиссии: «Стоит четырехэтажный дом, в каждом этаже по восьми окон, на крыше два слуховых окна и две трубы, в каждом этаже по два квартиранта. А теперь скажите, господа, в каком году умерла у швейцара его бабушка?». Ознакомившись с теорией Ю.И. Журавлёва, наш ведущий кибернетик В.М. Глушков (1923-1982) назвал ее чистейшим шаманством, но все же дал свое «добро». А благодаря поддержке председателя Совмина А.Н. Косыгина теория «пошла в жизнь», и сегодня методами Ю.И. Журавлёва решаются важнейшие проблемы прогнозирования в различных отраслях. Насколько продвинулись авторы представленных в разделе статей в решении задач, подобных «швейковским», - судить специалистам.

В разделе «Культурология» обсуждаются факты удивительной биографии выдающегося русского ученого XX века Н.В. Тимофеева-Ресовского, некоторые стороны жизни и творчества Матвея Бронштейна - великого русского учёного, опередившего своё время и расстрелянного большевиками, развита тема «красного вихря» в творчестве сценографов Леонида Чупятова и В.В. Дмитриева и художника Кузьмы Петрова-Водкина, а также продолжено исследование распространённости изображения Великой Богини на мегалитах в культовых местах Евразии.

Завершается выпуск традиционно несколькими дискуссионными статьями, в том числе нетривиальным прочтением архитектором Иосифом Шевелёвым теоремы Пифагора как единства двух фундаментальных фигур – квадрата и треугольника.

В.А. Усольцев

ЭКОЛОГИЯ

УДК [502.2:620.267]:614.841.42

*А.М. Дворник, А.А. Дворник***ЛЕСНЫЕ ПОЖАРЫ В ЗОНАХ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ****Введение**

Лесные пожары были и будут всегда, пока существуют леса и человек. Отдельное место занимает вопрос о лесных пожарах на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению. Для них даже введен специальный термин «радиоактивные» лесные пожары. Наряду с основными поражающими факторами пожаров, в этом случае добавляется радиационный фактор. Дым лесных пожаров не только является одним из основных опасных факторов пожара, но в условиях радиоактивного загрязнения он является возможным трансграничным переносчиком радионуклидов при горении загрязненных ими лесных горючих материалов, источником вторичного загрязнения территории сопредельных государств. Дым воздействует на людей, не только находящихся в зоне его распространения, но и в зонах, расположенных далеко от очага пожара.

С момента Чернобыльской катастрофы специалистов и население беспокоит вопрос: опасны ли лесные пожары в зонах радиоактивного загрязнения при переносе радионуклидов на прилегающие территории? Как изменяется эта опасность со временем? Ответить на эти вопросы очень непросто. Это связано со сложной зависимостью переноса радионуклидов от большого числа внешних факторов, однозначно оценить которые не всегда удастся. Очень трудно доказать, что источником радиоактивного загрязнения атмосферы на больших расстояниях является именно лесной пожар, и это связано с большой неопределенностью при идентификации этого источника.

В данной работе предлагается способ оценки влияния лесных пожаров в зонах радиоактивного загрязнения на вторичное радиоактивное загрязнение прилегающих территорий на основе совместного анализа данных о метеорологических условиях, радиационного мониторинга атмосферы и лесопожарной обстановки.

Цель исследования: оценить вторичное радиоактивное загрязнение прилегающих территорий в результате лесных пожаров в зонах радиоактивного загрязнения.

Объекты и методы исследований

Методология исследования основана на сборе и обработке экспериментальных материалов о лесных пожарах в зонах радиоактивного загрязнения Гомельской области Республики Беларусь. Экспериментальные данные включали в себя информацию о лесопожарной обстановке в лесном фонде Гомельской области, полученную из оперативных журналов учета возгораний на территории Гомельского государственного производственного лесохозяйственного объединения (ГПЛХО).

Государственным учреждением «Центр радиационного контроля и мониторинга окружающей среды» (ГУ ЦРКМ) предоставлены метеорологические данные и специализированные информационные материалы по радиационному мониторингу атмосферы в пунктах постоянного наблюдения в зонах радиоактивного загрязнения Гомельской области в период с 2001 по 2011 год. В рамках радиационного мониторинга атмосферы регистрировались как суммарная бета-активность радиоактивных выпадений из атмосферы на горизонтальные планшеты (ГП), так и суммарная бета-активность в аэрозолях атмосферного воздуха, которая измерялась с помощью фильтро-вентиляционных установок (ФВУ). Радиоактивные выпадения из атмосферы на горизонтальные планшеты регистрировались практически во всех районных центрах Гомельской области, а ФВУ расположены только городах Гомель и Мозырь.

Особую трудность представляет идентификация лесного пожара как источника вторичного радиоактивного загрязнения прилегающей территории. Для оценки переноса радионуклидов с дымом лесных пожаров, случившихся на загрязненной радионуклидами территории, нами предложен оригинальный метод такой оценки (Дворник, Дворник, 2007). Предлагаемый метод основан на проведении комплексного сравнительного анализа контролируемых параметров: данных радиационного контроля атмосферного воздуха, метеорологической обстановки в пунктах наблюдения, лесопожарной обстановки и радиационного контроля лесных экосистем.

Суть метода заключается в следующем. Если в определенном лесном квартале произошел пожар, радионуклиды, содержащиеся в лесных горючих материалах (ЛГМ), переходят в аэрозольное состояние и в составе дымового облака переносятся на некоторое расстояние. В ближайшем пункте радиационного контроля (ПРК) может быть зафиксировано повышение активности приземного слоя воздуха и осаждение радионуклидов из дымового облака на поверхность земли.

Для подготовки и систематизации данных необходимо, чтобы:

- очаг пожара должен быть расположен не далее 25 км от ПРК;
- размер площади пожара не менее 0,05 га;
- был известен уровень радиоактивного загрязнения лесного квартала;
- направление ветра совпадало с направлением вектора: очаг лесного пожара –

ПРК.

Все совокупные экспериментальные данные были систематизированы по дате возникновения пожара и ориентации направления ветра в день пожара относительно пункта наблюдения.

Результаты и их обсуждение

По состоянию на 01.01.2013 г. площадь лесного фонда в зонах радиоактивного загрязнения Минлесхоза Республики Беларусь составляет 1504,6 млн. га (18,6 % от общей площади). Загрязнение лесов радионуклидами после Чернобыльской катастрофы постепенно снижается в связи с их радиоактивным распадом, что подтверждается при ежегодном уточнении радиационной обстановки. Значительные площади радиоактивно загрязненных лесов расположены в Гомельской (884,7 тыс. га или 49,0 % общей площади ГПЛХО) и Могилевской (432,6 тыс. га или 36,0 %) областях. В Гомельской области в той или иной степени радиоактивно загрязнен каждый лесхоз (Домненков, 2013).

Нами сделана оценка уровня горимости лесов в зонах радиоактивного загрязнения Гомельского ГПЛХО (884,7 тыс. га) в период с 1996 по 2013 гг. Это величина, определяемая отношением суммарной площади пожаров ко всей площади лесного фонда. Уровень горимости лесов оказался равен 0,0061, что соответствует оценкам других исследователей. Средний класс природной пожарной опасности лесов Гомель-

ской области - 2,9 (Усеня, Матюха, 2012).

Характер многолетней динамики лесных пожаров в зонах радиоактивного загрязнения Гомельской области не отличается от характера динамики всего лесного фонда. В эту статистику вошли лесные пожары, произошедшие на территории лесхозов, имеющих наибольший коэффициент тяжести радиоактивного загрязнения. В этих лесхозах находится 85 % всей загрязненной площади лесного фонда Гомельской области.

На рис. 1 показана многолетняя динамика пожаров в лесных насаждениях Гомельской области за 17 лет. В период с 1996 по 2013 годы в Гомельской области пожарные максимумы наблюдались в 1996, 2002 и 2006 годы. За этот период зафиксировано 2482 пожаров общей площадью 3,7 тыс. га. Средняя площадь, пройденная одним пожаром, составила 1,49 га.

Согласно многолетним наблюдениям, пожароопасным является период апрель-сентябрь каждого года, и исходные данные взяты для него, а фоновые значения параметров радиационной обстановки взяты за периоды январь-март и октябрь-декабрь, когда нет лесных и торфяных пожаров.

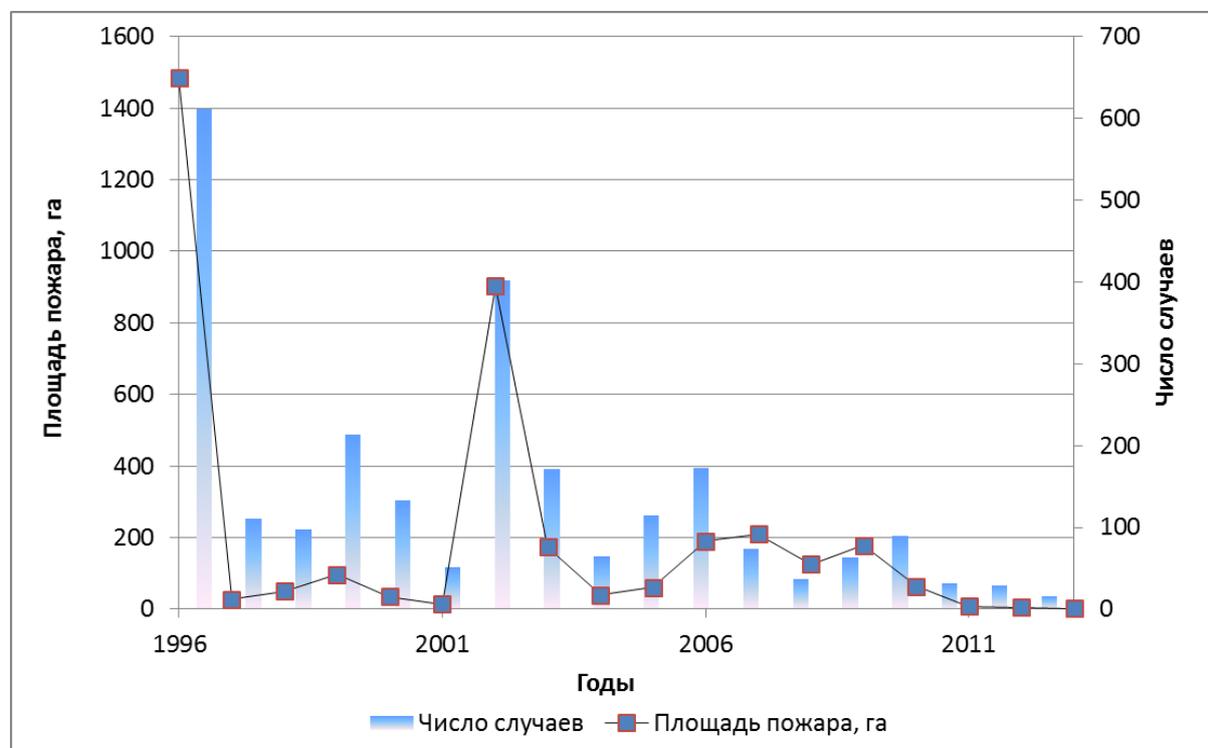


Рис. 1. Многолетняя динамика пожаров в зонах радиоактивного загрязнения Гомельской области.

Данные по пункту радиационного контроля в г. Гомеле, полученные в 2008 г., показывают, что средняя фоновая бета-активность и средняя бета-активность по пожарному сезону выпадений на ГП оказались равны соответственно $(0,57 \pm 0,09)$ и $(0,53 \pm 0,08)$ Бк/(м²·сут).

Из этих данных следует, что среднегодовая фоновая бета-активность и среднегодовая бета-активность по пожарному сезону радиоактивных выпадений достоверно не различаются. Эти показатели являются малочувствительными к изменению радиационной обстановки под влиянием лесных и торфяных пожаров.

Среднемесячные измерения бета-активности аэрозолей в атмосферном воздухе с помощью ФВУ в г. Гомеле демонстрируют систематическое достоверное повышение концентрации радионуклида в апреле-сентябре примерно в 1,5 - 2 раза по сравнению с

фоновыми (непожароопасными) периодами на протяжении 2001-2011 годов.

В соответствии с предложенной нами методикой выделены случаи лесных пожаров в Ветковском спецлесхозе Гомельского ГПЛХО для условий, когда по метеоусловиям направление ветра совпадало с направлением «очаг пожара - пункт наблюдения», т.е. воздушный поток способствовал переносу загрязненного дымового облака в пункт наблюдения.

Для этих случаев в табл. 1 приведены сводные данные по регистрации суточной бета-активности выпадений на ГП и суточной бета-активности в воздухе, зарегистрированной в 2008 г. на измерительном посту г. Гомель.

Таблица 1

Сводные данные по регистрации суммарной бета-активности выпадений на ГП и суммарной бета-активности в воздухе (ФВУ), зарегистрированной в 2008 г. на измерительном посту г. Гомель

Дата	Площадь пожара, га	Уровень загрязнения ^{137}Cs , кБк/м ²	Скорость ветра, м/с	Суммарная бета-активность ГП, Бк/(м ² ·сут)	Суммарная бета-активность ФВУ, 10 ⁻⁵ Бк/м ³
16/07	0,8	-	1,5	0,5	18
26/07	2,9	140,6	3,0	0,4	21
29/07	0,05	-	2,5	0	8
15/08	0,6	-	2,0	1,6	25
16/08	46,4	296,0	2,5	0,4	36
16/08		278,6	2,5	0,4	36
17/08	65,4	208,3	1,0	0,8	47

Из табл. 1 видно, что верховой лесной пожар 16-17 августа 2008 г. в Ветковском спецлесхозе в 17 км от Гомеля охватил при попутном ветре площадь свыше 100 га с уровнем радиоактивного загрязнения от 200 до 300 кБк/м² по ^{137}Cs . Возможно, пожар способствовал повышению суммарной бета-активности в воздухе в 3-4 раза относительно фоновой активности и не повлиял на значения бета-активности выпадений на горизонтальные планшеты. В данном случае фоновая бета-активность вычислялась по показаниям ФВУ в дни августа, когда не было лесных пожаров. Она оказалась равной $(13,54 \pm 1,25) \cdot 10^{-5}$ Бк/м³ для показаний ФВУ и $(0,58 \pm 0,10)$ Бк/(м²·сут) для ГП.

Другие исследованные случаи лесных пожаров оказали незначительное влияние на изменение радиационной обстановки. Для изменения радиационной обстановки в данном пункте существенную роль играет высокий уровень радиоактивного загрязнения почвы ^{137}Cs и ^{90}Sr , вид и площадь лесного пожара, попутный ветер. Лесные пожары могут повлиять на изменение радиационной обстановки в зонах радиоактивного загрязнения свыше 10 Ки/км² и зоне отчуждения. Также они могут увеличить дозы облучения людей, участвующих в пожаротушении.

Анализ представленных измерений бета-активности выпадений в пожароопасный период (апрель-сентябрь) показывает, что в большинстве случаев они достоверно не превышают средних фоновых значений. Отмечаются отдельные случаи повышения бета-активности выпадений в дни лесных пожаров при попутном ветре, переносящем дым к пункту наблюдения. Так, например, пожары в Наровлянском лесхозе, произошедшие 21.04.2003, 30.07.2003, 21.09.2003 гг. повысили уровень выпадений в 2-4 раза относительно фона. Аналогичная ситуация и в Хойникском лесхозе. Повышения уровня выпадений в 2-4 раза наблюдались 27.04.2003, 03.06.2003, 06.06.2003 и 13.09.2003 гг.

Приведенные примеры не носят систематического характера. В то же время, можно наблюдать существенное повышение уровня выпадений в 2-5 раз относительно

фона в дни, когда отсутствовали лесные пожары. Данные измерений бета-активности выпадений в г. Хойники в период апрель-сентябрь 2003 г. показывают, что измеренное значение более чем в 2 раза превышает фоновое, но лесные пожары отсутствуют.

К другим причинам, способным повлиять на повышение суммарной бета-активности выпадений и суммарной бета-активности воздуха, относятся ветровой перенос пыли при проведении посевных и уборочных сельскохозяйственных работ, сельскохозяйственные палы, дым при печном отоплении дровами и др.

Заключение

В результате проведенного комплексного сравнительного анализа контролируемых параметров: данных радиационного контроля атмосферного воздуха, метеорологической обстановки в пунктах наблюдения, лесопожарной обстановки и радиационного контроля лесных экосистем сделана оценка переноса радионуклидов с дымовым облаком от лесных пожаров в зонах радиоактивного загрязнения.

Показано, что сильные низовые и верховые лесные пожары при уровне радиоактивного загрязнения почвы свыше 370 кБк/м^2 и при площади пожара свыше 0,5 га могут влиять на увеличение концентрации радионуклидов в атмосферном воздухе в 3-4 раза по сравнению с фоновой концентрацией на расстоянии до 20 км от очага пожара. Суммарная бета-активность выпадений, регистрируемая с помощью горизонтальных планшетов, является малочувствительной к изменению радиационной обстановки под влиянием лесных и торфяных пожаров.

Список использованной литературы

Дворник А.М., Дворник А.А. Атмосферный перенос радионуклидов с дымом лесных пожаров // Проблемы лесоведения и лесоводства: Сборник научных трудов ИЛ НАН Беларуси. Гомель: Ин-т леса НАН Беларуси, 2007. Вып. 67. С. 85-93.

Домненков В.А. Радиационная обстановка в лесах // Лесное и охотничье хозяйство. 2013. № 2. С. 19-29.

Усеня В.В., Матюха С.Л. Совершенствование противопожарного обустройства лесов Республики Беларусь // Чрезвычайные ситуации. 2012. Т. 7. № 1. С. 66-71.

Рецензент статьи: профессор кафедры лесохозяйственных дисциплин УО «Гомельский государственный университет им. Ф. Скорины», член-корреспондент НАН Беларуси, доктор с.-х. наук, профессор В.Ф. Багинский.

УДК 502.1

Д.В. Трубин

Архангельский региональный общественный фонд «Музей леса»
имени заслуженного лесовода РФ А.Ф.Заволожина, г. Архангельск

АГРОФОРЕСТ: ПАШНЯ И ЛЕС В НЕРАЗРЫВНОЙ СВЯЗИ

Россия – лесная страна. Лес - привычная среда обитания её жителей. Предки россиян – лесные жители с особым образом жизни и особым складом характера. По бескрайним лесным просторам они, да и жители других лесных стран, такие же «лесовики», ещё в давние времена неспешно распространились по широким просторам тайги и первобытных дубрав. Особенно привлекателен для проживания был, как ныне его называют, центрально-чернозёмный район. Ведь в далёком прошлом он тоже был покрыт дремучими лесами. За пределами лесной зоны территория была представлена степными, полупустынными ландшафтами. Там властвовали кочевые племена.

В плане земледелия безлесные земли, конечно, более всего подходят: и климат теплей, и плодородие выше, и территория свободна от древесной растительности. Только паши и сей! Но здесь выше риски и множество иных опасностей. Если в трудах праведных обжить такие благодатные территории, сразу появится много агрессивных претендентов и наглых «нахлебников». Придётся защищать от них свою землю в жестокой, иногда неравной борьбе, или уходить в другие края. Нередко здесь ещё случаются страшные природные катаклизмы, вроде засух, чёрных бурь, нашествий саранчи. Тогда процветающий родной край превратится в безжизненную пустыню, и люди вынуждены будут бежать из него, гонимым голодом, хоть на край света в поиске куска хлеба. А лес всегда давал людям защиту, кров и пищу.

Природные условия на заре цивилизации накладывали неизгладимые отпечатки на национальные особенности народов. Жители степей, например, отличались от горных народов и по роду занятий, и по характеру. В приморских странах люди, веками живя возле моря, тоже приобретали особый, отличный от других, «моряцкий» (или рыбацкий) менталитет. И лесные жители по своему складу также отличались от степняков, горцев, поморов особыми, специфическими чертами. Эти черты приобретались в процессе многовекового общения с богатым растительным миром, представленным и большими деревьями, среди которых живут всевозможные животные, и разнообразными кустарниками, и всевозможными травами, мхами, грибами. В истории лесных жителей сначала было собирательство съедобных растений, потом сбережение их зарослей, устройство постоянных жилищ возле них из богом данных лесных материалов, а там и первые земледельческие опыты. Рискнем предположить, что земледелие в Евразии зародилось в лесной зоне трудами лесных жителей и стало основой их существования.

Можно долго рассуждать, по каким ментальным признакам многовековая история сортировала людские потоки из благодатной центральной Руси, из этого гигантского инкубатора российской нации, по её окраинам. В лесной среде хорошо размножаться! А когда становится тесно, жизнь побуждает наиболее энергичных к освоению но-

вых земель: кого в лесные дебри Севера, кого на заманчивый «чернозёмный», но и более опасный Юг, кого в неведомые просторы Сибири, а кого и на «просвещенный» Запад. Как бы то ни было, пустынный ранее лесной край страны за последнее тысячелетие оказался достаточно плотно заселён. А чтобы благополучно проживать в этих суровых краях, новопришельцы везде начинали их освоение с земледелия. Об этом свидетельствуют ряд авторов: Е.Н. Бакланова (1976), П.А. Колесников (1976), Т.А. Бернштам (1978).

Земледелие в лесной зоне и степное земледелие - рознь! Дело не в характере тех и других земледельцев. Они происходили из одних родовых корней. Различие заключается в особенностях круговорота веществ в живой природе той и другой зоны.

По одной из научных версий суть различия такова. Растительный мир, как разумно организованное неким Творцом дитя природы, существует для того, чтобы **производить, накапливать и хранить биологическое вещество** для продолжения жизни на Земле. В этих запасах аккумулируется энергия! Когда-то, давным-давно природа произвела гигантские запасы биопродукции, которые за миллионы лет превратились в залежи каменного угля, нефти, природного газа. Сейчас их с удовольствием использует неразумное дитя природы – человек. Тысячелетиями накапливаются колоссальные торфяные, сапропелевые и другие залежи биологических материалов, ещё не до конца разведанных «баловнем судьбы».

В степной зоне (а также и в прериях, и в саваннах, и других безлесных ландшафтах, обеспеченных теплом и влагой) процесс накопления происходит за счёт того, что каждым летом нарастает мощный пласт травянистой растительности. По истечению вегетационного периода травяная масса отмирает, разлагается в **гумус** и пополняет очередным слоем толщу чернозема – уникального биологического материала, хранимого на поверхности земли в некоторых регионах веками.

В лесной зоне при обилии атмосферных осадков и дефиците тепла (недостаточного, чтобы высушить излишки влаги) хранить производимый травянистой растительностью продукт на поверхности земли нельзя! Его быстро вымоет дождями и вешними водами и смочет в мировой океан. Мудрая природа предопределила быть здесь не кратковременной траве, а долго растущим деревьям. Их транспирационный аппарат: листва и хвоя, так же как и степной травостой - это могучий цех по производству биологического вещества. Но он лишь малая часть древесного организма! Другая часть деревьев – накопительная: древесина ствола, корней и ветвей, кора стволов, чешуйки шишек.

Древесина является хранилищем производимой продукции! Деревья ежегодно распускают листья (или хвойные иголки на 3-5 лет). В них в течение вегетационного сезона происходит фотосинтез, в результате которого в каждом листе или хвоинке производится по капельке пластических органических веществ. Часть их откладывается в древесине очередным годичным слоем, а часть приберегается на постройку будущей листовой пластинки. Листва и хвоя периодически опадают и попадают в лесную подстилку, в очередной «цех» системы круговорота веществ в природе. Переработавшись в гумус, продукция лесного сообщества в малой степени удерживается в почвенных слоях, а в большей степени всасывается мощной корневой системой деревьев. Таким образом, питательные вещества сразу же вовлекаются в новый оборот, чтобы локализоваться в конечном итоге в надёжных толщах крепкой древесины сначала слоем камбия, а затем очередным годичным кольцом ствола. Лесная природа не доверяет почве копить свои производимые богатства, и именно поэтому лесные почвы такие бедные по сравнению со степными. Их называют подзолистыми по особому подзолистому слою, или горизонту вымывания зольных элементов, который лежит под лесной подстилкой.

Отсюда и различия в земледелии. Лесной земледельец, расчистив от деревьев «новину», единожды снял тонкий слой «сливок» (плодородия) и потом забросил его или многие лета бьётся над поддержанием плодородия своей нивы. Степной земледельец,

напротив, может долго черпать плодородие распаханного участка, как сметану ложкой из глубокой кринки, пока не истощится слой тучного чернозёма или пока не налетит полчище кровожадных степняков-кочевников (варианты: ...или большевистских продотрядов за продразвёрсткой, или «чёрных» риэлторов по заказу новоявленного агрохолдинга).

Но оставим пока политические аспекты развития сельского хозяйства, и сосредоточимся на технологических. Действительно, лесная расчистка в течение 3-4 лет даёт неплохой урожай, особенно, если её хорошенько прожечь оставшимся древесным хламом. А потом её можно забросить и расчистить новый участок, а в противном случае - щедро удобрять старый. На таком приёме была основана первая подсечно-огневая система земледелия. Потом ей на смену пришла постоянная, севооборотная система земледелия (История..., 1984).

Подсечно-огневая система самая древняя в человеческой цивилизации. С неё начиналось много веков назад земледелие и в других, покрытых лесом странах в древней Европе, Азии, Америке. Она и самая длительная. До XX века она применялась параллельно с постоянной севооборотной системой. Путём лесных расчисток славяне расширяли зону своего обитания, осваивали новые территории. Эта система была средством славянской колонизации европейского Севера. Хрестоматийная история утверждает, что русских первопроходцев манили на пустынный Северо-Восток богатые рыбой реки, охотничьи угодья, пушнина. Но мы подозреваем, что заманивали их и перспективы заниматься хлебопашеством на вольных землях без гнёта феодалов и царских посадников. По крайней мере, сведений о хлебных обозах из Великого Новгорода в Чудь Заволочскую для многочисленных ватаг и воинских дружин та история не приводит. Надо полагать, что вместе с новгородскими ушкуйниками и ростово-суздальскими дружинами продвигались в дальние края и крестьяне. Они оседали на волоковых путях на постоянное жительство, секли лес, сеяли жито, подкармливали удалых первопроходцев. Успехи на подсеках подсказывали им, на каких местоположениях лучше обосноваться, сделать постоянную многолетнюю пашню, устроить починок или выселки, а потом и богатую деревню.

В те давние времена, в начале прошлого тысячелетия, европейский Север в одинаковой степени «обшаривали» и новгородские ушкуйники, и нормандские варяги. Исторические данные свидетельствуют о равной пропорции их набегов на Беломорские побережья (Архангельская..., 2014). Но в итоге он оказался заселён славянами! А почему не скандинавами? Очевидно, дело как раз в тех особых различиях лесных жителей и жителей морских побережий. Лесовики, из среды которых были новгородские ушкуйники, склонны к оседлому образу жизни, основанному на занятиях земледелием. А поморяне-викинги не были прикованы к земле, они предпочитали морские скитания и приключения, из которых извлекали средства к существованию.

Сами ушкуйники недолго задерживались в благодатных лесных уголках, а лишь оставляли на них свои следы, какие-то приметы и шли дальше. Их удел, как и у варягов, был первопроходческий: походы в неизведанные земли, контакты с аборигенами, торговля, а то и разбой. Но они влекли за собой одноплеменников, лесных землепашцев, те и оседали на земле, начиная в первую очередь с земледельческого опыта.

Начальный этап расчистки был элементарно прост. На выбранном участке леса срубали все деревья и подготавливали их для просушки. Старались, чтобы ствол не отделялся полностью от высокого пня, а зависал на недорубленных слоях древесины и не соприкасался с мокрой землёй. На особо толстых стволах пролысками снимали кору. Конечно, лучшие стволы вывозили с «новины» и употребляли для строительных дел. Ближе к осени подсушенный «пирог» из стволов и ветвей поджигался. Надо полагать, что в первые минуты это было грандиозное пожарище. Когда хвоя, листва и тонкая часть древесного хлама сгорала высоким пламенем, огонь переходил в режим тления и

его продолжали поддерживать. Это называлось: «новины катать». Вал тлеющих деревьев кольями перекачивали с одного края новины на другой (см. рис. 1). По возможности выковыривали корни и нетолстые пни, заравнивали бугорки, колдобины, разгребали ровным слоем золу. Она-то и была главной целью огненной потехи и залогом будущего урожая: обогащала почву минеральными элементами питания и снижала её высокую кислотность.



Рис. 1. Работы по подсечно-огневой системе.

Несмотря на затрачиваемые большие усилия, пахать такую новину было затруднительно, поэтому её рыхлили простыми боронами-суковатками, мотыгами, заступами. Земледельцы старались в ту же осень засеять участок озимую рожью, и первый урожай был отменный, потому что золы получалось много, а конкуренты-сорняки еще не проникали на новину. На следующий сезон убирали урожай, а потом высевали яровые культуры: ячмень, овёс, репе - лён, репу, пшеницу.

По истечению 3-4 лет пахотный слой новины заметно окультурировался, но благотворное воздействие золы заканчивалось, да и сорняки проникали на поле в изобилии. Нужно было принимать решение о дальнейшей судьбе поля. Она могла быть разной. При наличии признаков потенциального плодородия и при возможности поддержать плодородие новина могла быть вовлечена в постоянный севооборот. При этом она объединялась с другими разрозненными участками, окончательно раскорчёвывалась и выравнивалась, очищалась от возможных валунов для удобства сплошной вспашки и включалась в ежегодные замыслы по удобрению навозом или перегноем.

Но становясь постоянной нивой, такая пашня меняла свой юридический статус – она становилась владетельной, то есть становилась официальной собственностью, то ли крестьянина на основе «захватного» права, то ли феодала (князя, царя, синьора), во владениях которого крестьянин посмел распахать поле. При этом она ставилась на земельный учёт, обретала многократно повышенную стоимость в денежном выражении и облагалась «тяглом» (налогами).

Подсеки не поддавались учёту со стороны государственных чиновников или феодалных посадников. Поди разужай, из какого леса прокопченный крестьянин приволок куль зерна! Эти подсеки были самодеятельным лесным промыслом крестьян, богом данным, как и грибы, ягоды. Хотя, как видим, такие «грибочки» доставались нелегко, зато бесплатно! Поэтому подсечный промысел северных крестьян распространялся на обширной территории и продолжался очень долго. Следы его сохраняются даже в современных ландшафтах.

При лесоустройстве южных районов Архангельской области в 1970-80-х годах нам приходилось сталкиваться с такими следами подсечного земледелия в лесном фонде многих лесничеств. На материалах аэрофотосъёмки отчётливо видно, что многие деревни в радиусе 2-5, а иногда до 7-10 километров окружены массивами молодых насаждений с особым фотографическим рисунком мозаичного характера. Мозаика складывается из геометрических контуров площадью по 0,5-2,0 гектаров, по цвету и текстуре фотоизображения отличимых друг от друга. Это заросшие лесом поля или

подсеки. Различия в цвете и текстуре объяснялись тем, что поля забрасывались в разные годы и на момент съёмки были покрыты насаждениями разного возраста: одни – более молодыми, другие – более старыми. Кроме того, они зарастали разным лесом. Если в год оставления поля был хороший урожай семян сосны, то поле покрывалось молодым сосняком. Если урожая сосны не было, поле зарастало берёзой, осиной, ольхой, а чаще смешанным насаждением с разной пропорцией разнопородных деревьев. Но в пределах одной подсеки лес был однородный, поэтому и получалось на аэрофото-снимке «поскутное одеяло».

Специальных исследований на эту тему не проводилось, но даже по ориентировочным оценкам, таких лесов по старым подсекам в южных районах Архангельской области насчитывается не менее миллиона гектаров, или 1/10 часть лесного фонда. Это уже не девственные, а вторичные леса. Площадь постоянной пашни в этом регионе лишь около 100 тыс. га.

По возрасту насаждений, произраставших на местах подсечного земледелия, можно судить, что эта система широко практиковалась на европейском Севере до тридцатых годов прошлого столетия и прекратилась, очевидно, в связи с колхозным строительством. Таким образом, упомянутый выше миллион гектаров леса перепахан северными крестьянами за 5-6 столетий, начиная с массового славянского заселения в XIV-XV веках и до тридцатых годов прошлого столетия. Не исключено, что имел место и «перелог», то есть какая-то часть заросших подсек через 20-40 лет вовлекалась в сельскохозяйственный оборот повторно и, может быть, многократно.

Обращает внимание исключительно высокая продуктивность лесов по старым пашням. По данным лесоустройства сосняки на них в 50-70-летнем возрасте растут по I и даже Ia классу бонитета и достигают запаса 300 м³ на 1 га. Архангельский учёный Н.Н. Соколов (1978), обследовав один массив таких лесов в Каргопольском районе (там такие места имеют местное название «лядины»), подтверждает такую тенденцию. По его данным, текущий годичный прирост запаса в таких сосняках достигает 5,8 м³ на 1 га. Причины высокой продуктивности лесов в местах подсечного земледелия заключаются в грамотном выборе крестьянами местоположения, в остаточном плодородии пашни и в благотворном влиянии поверхностного рыхления лесной почвы.

Как видим, масштабы лесного земледелия внушительны и влияние его на ландшафты грандиозно. Но подсекой не ограничивались лесные промыслы северных крестьян. До времён леспромхозов, появившихся в 1920-30 годах, не было профессии лесоруб. Древесину на российские лесопильные заводы заготавливали исключительно крестьяне, используя для этого зимний период, свободный от сельскохозяйственных занятий. Это был наиболее распространённый отхожий промысел. Кроме лесозаготовок по подряду, крестьяне заготавливали много древесины и для своих личных и общинных нужд: строительных брёвен на постройки, дров, жердей на изгороди, всевозможных заготовок для инвентаря и бытовых изделий. Многие крестьяне занимались в лесу смолокурным промыслом, насыщая внутренний и внешний рынки ходовым товаром: смолой, пеком, дёгтем. Многие крестьянские ремёсла требовали специфических лесных занятий: бондарное дело, корзиноплетение, изготовление посуды, прялок, саней, телег. А ещё в крестьянской среде был распространён охотничий промысел, рыбалка на лесных речках и озёрах, заготовка грибных и ягодных припасов. И потому леса постоянно были наводнены крестьянскими промысловиками, испещрены нахоженными тропами, зимниками, путиками. Курились очаги на охотничьих заимках, смолокурнях, на дальних сенокосах, у лесных избушек и просто на распутьях лесных путей, или, как говорят северяне, на «расстаньях». Крестьяне, может быть, не знали научного лесоводства, но очень хорошо знали свои леса, тонко понимали, как всё взаимосвязано в природе: и деревья, и почвы, и воды, и животные. Сейчас это в науке называется биоценологией, но право же, гложут сомнения – знают ли о лесах учёные профессора больше, чем тот кре-

стьянин. Вообще, северное крестьянское хозяйство по праву нужно назвать комплексным – этакий первобытный АГРОФОРЕСТ. Без лесной составляющей оно не могло существовать!

Эпоха модернизации разделила крестьян на лесопромышленников и аграриев. Первые оставили сельскохозяйственные занятия, поступили в постоянные штаты леспромпхозов и под руководством Коммунистической партии заступили на трудовую вахту с раннего утра и до позднего вечера, одни с топором и пилой, другие за рычагами трактора или баранкой автомобиля. До земли лишь в редкое короткое время руки доходили, чтобы на задворках лесопунктовского посёлка грядку вскопать и выращенной картошкой дополнить скромную продуктовую пайку.

Те же, кто в леспромпхозы не пошли и остались при земле, вынуждены были вступать в колхозы под начало не всегда грамотных, но идейных председателей. Тем тоже стало некогда по лесам слоняться. Нужно было кормить индустриализирующуюся страну.

Ход мирового развития диктовал жёсткие условия: ускоренный рост ВВП, повышение производительности труда, необходимость борьбы за внешние рынки. Для этого потребовались концентрация и специализация производства, тотальная механизация, государственное регулирование. Единоличные мелкие хозяйства в такую систему не вписывались

В лесной промышленности перешли на сплошные концентрированные рубки, стали оснащаться мощной техникой. Со временем развилась современная инфраструктура: лесные посёлки, специализированные лесовозные дороги. Были построены крупные целлюлозно-бумажные заводы. В технологическом отношении отошли от сортиментной заготовки и стали «косить» всю древесную массу сплошь огромными деланками (Плохов, 2003). Сортировка, как технологическая операция, переместилась с деланок куда-то к лесозаводам: на нижних складах и крупных промежуточных лесобазах пиловочник выбирали на лесопиление, балансы – на ЦБП, всё остальное – в топки или на свалку.

В сельском хозяйстве мелкие крестьянские наделы также объединили в обширные поля, добавили к ним за счёт присельских лесов новые угодья, обзавелись тракторами и комбайнами, стали в массовом порядке применять минеральные удобрения. Применительно к новым производственным масштабам развивались агротехника, агрохимия, селекция, генетика. Нужда в лесной составляющей резко сократилась, и леса без сожаления вытесняли с колхозных угодий. Бывшие «сестрички» (АГРО и ФОРЕСТ), вышедшие из одного крестьянского гнезда, разошлись на долгие десятилетия, как в море корабли.

Безусловно, технический прогресс позволил осуществить мощный промышленный скачок, как в аграрном, так и в лесном секторе экономики. Это происходило и в нашей стране, и ещё раньше в других развитых странах мира. Но такая масштабная и неоглядная модернизация в отраслях, относящихся к одной, по сути, сфере природопользования, несёт в себе глобальные экологические проблемы. За рубежом об этом задумывались ещё раньше и сейчас много чего предпринимают в плане экологизации производства. В нашей огромной стране модернизация в сфере природопользования шла в режиме «закусивши удила». Надо было догонять и перегонять! Поэтому изначально игнорировались многие общепринятые нормы, как-то: соблюдение принципа постоянства пользования лесом или необходимость искусственного лесовыращивания, а негативные проявления по политическим соображениям старались не замечать (Моисеев, 2010). Возникающие проблемы решались экстенсивными факторами развития (распахать целинные и залежные земли, повернуть вспять реки, вырубить притундровые леса).

Но негативные последствия безудержной модернизации аграрного и лесного сектора, копившиеся десятилетиями, выплеснулись в годы «перестройки». И сельское хозяйство, и лесная промышленность оказались не готовы к задуманным структурным реформам и крепко просели в девяностых-двухтысячных годах. Зарубежные товары не только вытеснили отечественных производителей с международных рынков, но уверенно завоевали и внутренние, российские прилавки.

Современные аграрная и лесная политика России сейчас демонстрирует растерянность. Не понятно, каким путем развиваться дальше. Надежды, что частная собственность и рынок выведут на путь развития, пока не оправдываются. Структурные реформы подвержены коррупции, а научно-технический прогресс требует грандиозных инвестиций. А потому проявляется любопытство: а чем в мире живут?

В некоторых уважаемых странах наблюдаются интересные тенденции. Грань между сельским и лесным хозяйством достаточно размыта. Землевладельцы не специализируются узко в своём растениеводстве: то ли выращивать сельскохозяйственные культуры, то ли товарную древесину, то ли новогодние елки. Выбор диктует конъюнктура рынка. Сельскохозяйственное производство смещается в страны с тёплым климатом, а в умеренной зоне всё больше сельхозугодий оказываются занятыми деревьями. На аграрном опыте развивается плантационное лесовыращивание. Создаются особые популяции быстрорастущих древесных пород. Срок выращивания балансовой древесины сокращается до 7-12 лет. Немногим больше времени требуется для выращивания высококачественного пиловочника и других сортиментов. В междурядьях лесных культур нередко на начальном этапе выращивают сельскохозяйственные культуры, получая от земли дополнительный доход. На стыке сельского и лесного хозяйства особых темпов достигло очередное новшество биотехнологий - выращивание энергетической древесины (Трубин, 2014). В целом, уже около половины потребляемой в мире древесины заготавливается на плантациях, хотя площадь их в мировом лесном пространстве всего 7 % (Paun et al., 2015). Это отрадная тенденция, когда родные леса могут постепенно освободиться от промышленной лесозаготовки и выполнять экологические, климаторегулирующие, защитные, рекреационные и другие важные функции.

Развитые страны уже давно стараются сберечь свои естественные леса, а если и вовлекают их в промышленное использование, то делают это осторожно. Избегают сплошных концентрированных рубок, практикуют систему промежуточных рубок ухода, модернизируют тяжёлую лесозаготовительную технику, совершенствуют свои уникальные комбайны для заготовки древесины – харвестеры и форвардеры.

А когда из-за границы стала поступать информация, что новые лесные комбайны умеют ещё и лес сажать по принципу рассадопосадочных машин в сельском хозяйстве, интерес к их опыту ещё более усилился. Правда, для этого у них оказались ещё машинные комплексы другого рода – высокотехнологичные механизированные и автоматизированные тепличные комплексы по выращиванию семян с закрытой корневой системой в торфяных брикетиках. Этот опыт также почерпнут в аграрном секторе. Такие семена заряжают в специальную харвестерную головку, как пули в барабан револьвера. Потом этот лесопосадочный харвестер на вырубке могучей лопатой приготавливает посадочное место в виде рыхлого холмика и нежно выстреливает в него пулей-сеянцем, аккуратно приминая вокруг него землю. Обьедет, постреливая сеянцами, всю вырубку такой лесной комбайн, засадит её новым лесом, и можно будет сменить посадочную головку на обычную, чтобы ехать рубить следующую делянку.

Будет ли такое чудо на российских вырубках? Пока в это трудно верить! Лесхозы и лесничества разрушены надолго. Государство отстранилось от лесохозяйственной деятельности, а частный бизнес не мотивирован заняться этим серьёзно. Иногда можно услышать о намерениях успешных лесопользователей-арендаторов укомплектовать свой машинный комплекс и лесовосстановительными машинами, но если такое случит-

ся, это будут единичные случаи. А чтобы восстанавливать, например, беломорскую тайгу, нужна система.

Чтобы не заканчивать на минорной ноте, попытаюсь заронить в тревожное будущее зерно надежды, которое проросло бы добрыми последствиями прихода современных комбайнов в лес и поле. Пока первые впечатления от этого прихода двойственны. С одной стороны – они облегчают труд и повышают производительность. Но с другой – они ведь рушат весь уклад жизни лесных посёлков. **Харвестерная революция!** (Беломорская тайга..., 2015). С этими комбайнами не нужны мастерские участки в лесу, не нужны нижние склады с обязательным посёлком. Если есть зимний вариант, то не нужны и круглогодичные тупиковые дороги в дальние массивы. А всё это ведёт к тому, что не нужны и жители загородных поселений. Всё в лесу заменяет малый комплекс: харвестер, форвардер, лесовоз-фискарс, а на полях – редкие агрохолдинги. Они мобильны и могут базироваться хоть где, хоть в городе.

А в загородной местности за годы советской власти все поселения исторически рассортировались условно на три типа: лесные посёлки, аграрные посёлки и старинные традиционные деревни. Последние два вида иногда совмещаются. В аграрных посёлках беды начались чуть раньше: упадок производства, зарастание полей, ликвидация производственных объектов, безработица. Хотя причины несколько другого рода, но последствия очень похожи (Никонов, 1995). Лесные посёлки дружно шагают вслед за аграрными, каждый к своему маленькому апокалипсису. Но не харвестеры их ведут к этому. Эти умные машины, наоборот, должны вдохнуть жизнь в умирающую территорию и толкнуть к поиску выхода. А выход подсказывает история – гибридное производство, **АГРОФОРЕСТ**, новое воплощение бывшего крестьянского хозяйства в высокотехнологичном формате!

Северный крестьянин, как мы пытались доказать выше, всегда был одновременно и земледельцем, и лесником. Это историческая основа, которая запечатлена на клеймах иконы Жития соловецких святых Зосимы и Савватия (см. рис. 2). Первопоселенцы рубили лес, возделывали землю, строили дома и растили хлеб. Зимой в лесу, летом – в поле. Одной половинкой на Севере не прожить! Так было несколько веков, за которые накопился огромный исторический опыт культуры леса и культуры поля, соединённых в единый хозяйственный комплекс крестьянского хозяйства. В России раздельное существование единого целого продолжалось лишь короткий отрезок исторического времени (несколько десятилетий) и к успеху не привело.

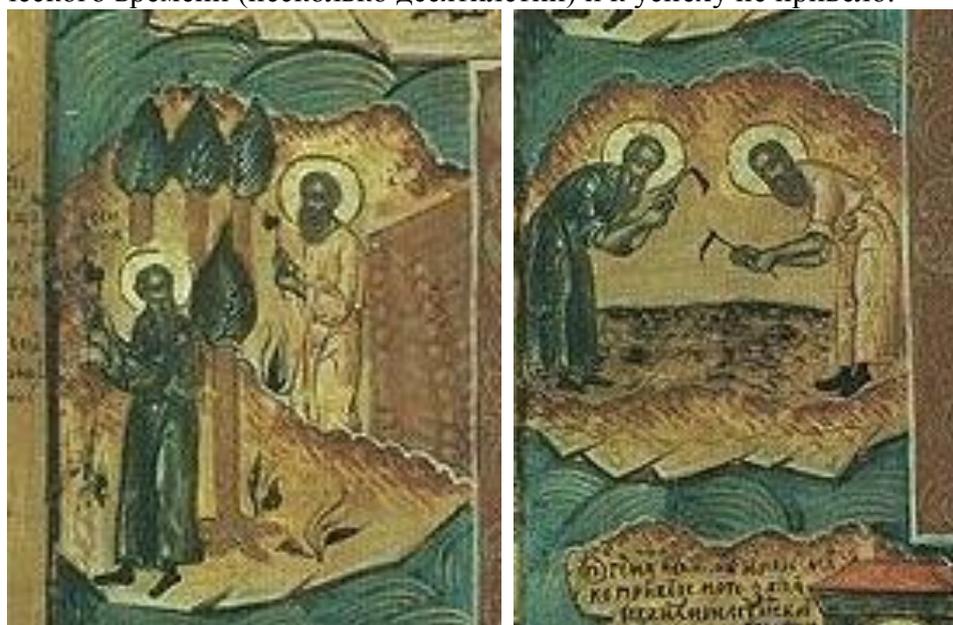


Рис. 2. Агрофорест в древнем северном крестьянстве.

Сегодня осколки двух несостоявшихся социалистических укладов: аграрного и лесопромышленного, невольно следуя мировым тенденциям и зову предков, стремятся друг к другу, чтобы не пропасть поодиночке и слиться в нечто единое, комплексное, устойчивое. Тому уже сейчас есть масса предпосылок. Фермеры осаждают лесничества в стремлении получить делянку на заготовку древесины, чтобы продать партию брёвен и закупить семена. А то и вступают в армию «чёрных» лесорубов. Представители малого лесного бизнеса в моменты неудач или неуклюжих лесных реформ тоже готовы вернуться к исконному крестьянскому труду и заняться земледелием. Но преградой встаёт острая грань между лесным и земельным законодательством. И вообще, малый бизнес, как сельский, так и лесной, прообраз которого - в историческом опыте крестьянского хозяйства, не находит места в российской действительности. Поэтому пока выживание села идёт хаотично, спонтанно, мелкомасштабно и полузаконно, но направленно – к объединению. Этот объединительный процесс усилится, когда в нем будет присутствовать некое высокотехнологическое связующее звено, вроде того харвестера, который умеет и заготавливать лес, и садить растения в землю.

А может, и древний опыт по подсечному земледелию возродится! Ведь у него такое заманчивое содержание: в первые годы после рубки деревьев лесная земля может дать хороший урожай сельскохозяйственных культур (и заметьте, экологически чистых). А после краткосрочного сельскохозяйственного пользования почти без усилий вырастает замечательный лес. Думается, исторический опыт, помноженный на высокотехнологическое начало и современные научные знания с прибавлением мотивации энергичного энтузиаста, может дать ошеломляющий экономический результат.

В любом случае, стоит надеяться, что вот-вот появятся новые хозяева земли северной. Нам кажется, это будут операторы высокотехнологичных машин, лесных или сельскохозяйственных – это неважно, но при этом они будут напитаны основами народных знаний и традиций лесоводства и агрономии. Как и прежде, летом в поле, а зимой - в лесу, будут ковать они свое благосостояние. А потому будут они людьми состоятельными, не бедными, чтобы около них мог кормиться и стар, и млад. Для страховки своего дела и защиты своих интересов желательно, чтобы они вспомнили уроки истории начала прошлого века по развитию российской кооперации (Никонов, 1995; Иванов, Журавлёва, 2016) и через неё обрели необходимую устойчивость.

А где будет селиться северный крестьянин будущего – это уж он сам решит! Наверное, не в разваливающемся лесопунктовском посёлке и не на центральной усадьбе умершего колхоза. Там печать тлена. И уж точно не в городе. Пусть потянет его к родному печищу, в заброшенную деревеньку далёких предков. Место для её основания выбрали мудрые первопоселенцы не по указке губкома, а по особому крестьянскому наитию. Чтобы и земля была плодородная, и чтобы лесные богатые уголья были рядом, и чтобы солнца на всех хватало, и чтоб хрустальная вода журчала там, где надо. Несколько веков её жители из поколения в поколение питывали деяниями своими округу, намаливали свято место. В тяжёлое время деревенька не умерла, а только затаилась, может даже притворилась мёртвой, и ждет, когда же кто-нибудь вдохнёт в неё новую жизнь. И стоит прийти сюда дальнему потомку её основателей с благими намерениями и с железным конём нового поколения, расцветёт деревенька на радость благодетелю и одарит его чудными дарами.

Список использованной литературы

Архангельская областная летопись (с древнейших времён до наших дней) / Под редакцией проф. А.В. Репневского. Архангельск: Агентство по делам архивов Арханг. обл., 2014. 540 с.

Бакланова Е.Н. Крестьянский двор и община на русском Севере. М: Наука, 1976. 222 с.

Беломорская тайга: вчера, сегодня, завтра. 2-е изд. /Под общей редакцией Д.В. Трубина. Архангельск: ОАО ИПП «Правда Севера», 2015. 440 с.

Бернштам Т.А. Поморы (Формирование группы и система хозяйства). Л.: Наука, 1978. 176 с.

Иванов А.В., Журавлёва С.Н. Философия российского села: природный, культурный и человеческий потенциал // Эко-потенциал. 2016. № 1 (13). С. 83-92.

История северного крестьянства. Том 1. (Крестьянство Европейского Севера в период феодализма) / Под общей редакцией П.А. Колесникова. Архангельск: Сев.-Зап. книжное издательство, 1984. 432 с.

Колесников П.А. Северная деревня в XV – первой половине XIX века. Вологда: Вологодский государственный педагогический институт, 1976. 416 с.

Моисеев Н.А. Леса России: проблемы, решения (вопросы экономики и организации управления). М.: Изд-во «Вектор ТиС», 2010. 632 с.

Никонов А.А. Спираль многовековой драмы: аграрная наука и политика России (XVIII-XX вв.). М.: Энциклопедия российских деревень, 1995. 574 с.

Плохов В.С. Лесопромышленный комплекс Архангельской области. Этапы развития (1703 – 2001). Архангельск: Изд-во Арханг. гос. тех. ун-та, 2003. 319 с.

Соколов Н.Н. Рост и продуктивность сосновых древостоев по старым пашням // Лесной журнал. 1978. № 4. С. 22-25.

Трубин Д.В. Швеция – Россия. Диалоги о лесах. Архангельск: ОАО ИПП «Правда Севера», 2014. 64 с.

Rayn T., Carnus J.-M., Freer-Smith P., Kimberley M., Kollert W., Liu S., Orazio Ch., Rodriguez L., Silva L.N., Wingfield M.J. Changes in planted forests and future global implications // Forest Ecology and Management. 2015. Vol. 352. P. 57–67.

Рецензент статьи: доктор сельскохозяйственных наук, профессор, проректор по научной работе Уральского государственного лесотехнического университета С.В. Залесов.

БИОЛОГИЯ

УДК 582.475:631.523

В.А. Драгавцев

Агрофизический институт ФАНО, г. Санкт-Петербург

**О ВОЗМОЖНОСТИ БЫСТРОЙ ОЦЕНКИ АДАПТИВНОГО ПОЛИМОРФИЗМА
В ЕСТЕСТВЕННЫХ ПОПУЛЯЦИЯХ МОНОПОДИАЛЬНЫХ ХВОЙНЫХ
ДЕРЕВЬЕВ**

«Главные проблемы биологии связаны с системами и их организацией во времени и в пространстве» (Н. Винер, Кибернетика, Вестник АН СССР, 1964, № 7, С. 16)

XXI век многие биологи называют веком эпигенетики. «Даже самая отличная генетика может вовсе не реализоваться, если эпигенетика будет неблагоприятной. По образному выражению П.и Д. Медавара, генетика предполагает, а эпигенетика располагает» (Ванюшин, 2004). В конце XX века генетикам были известны такие эпигенетические механизмы, как метилирование ДНК и ацетилирование гистонов, приводящие к эпигенетическому (без изменения генов) наследованию новых форм – феномен генотрофов (Dugant, 1962), феномен никотинотрофов (Богданова, Махмудова, 2012) и др. Были известны и другие эпигенетические феномены: дифференциальная активность генов в онтогенезе (Корочкин, 2002), длительные модификации (Драгавцев, Сахаров, 1972), генетическая ассимиляция (Уоддингтон, 1964), миксоплоидия (Юданова, 2004), парамутации (Шабанов, 2006), родительский импринтинг, эпигенетическая детерминация пола, инактивация X-хромосомы (Голубовский, 2000), прионы (Инге-Вечтомов, 2000), «сигнальная наследственность» (Лобашев, 1967). В 2004 г. были открыты эпигенетические механизмы яровизации (Bastow et al., 2004; Sung, Amasino, 2004), в 2012 г. – эпигенетические механизмы моногамии степных полевок (Химия верности, 2013).

Еще в 1984 г. группой исследователей был обнаружен новый эпигенетический феномен – смена спектра и числа генов, детерминирующих один и тот же количественный признак, при смене лимитирующего фактора внешней среды (Драгавцев и др., 1984). В период с 1984 по 2014 гг. на основе тщательного изучения этого феномена была создана теория эколого-генетической организации количественных признаков (ТЭГОКП) и развиты 24 новых, селекционно важных следствий из нее (Драгавцев, 1998; Кочерина, Драгавцев, 2008; Драгавцев, 2008; Чесноков и др. 2008; Драгавцев, 2012). Кроме того, были созданы 9 мощных «ноу-хау», позволяющих существенно повысить скорость и эффективность селекционного процесса (Драгавцев, 2013).

Главное положение ТЭГОКП: при смене фактора внешней среды, лимитирующего рост и развитие, меняются спектр и число генов, детерминирующих один и тот же количественный признак (КП). Показано, что признаки «интенсивность транспира-

ции» и «интенсивность фотосинтеза» в течение суток детерминируются поочередно двумя и тремя разными спектрами генов соответственно (Драгавцев, 2005).

Механизм этого явления сегодня стал вполне очевиден. Известно (Alberts et al., 1994), что общее количество генов, экспрессируемых в клетках человека, составляет около 24000, из которых 11000 экспрессируются в клетках любого типа. Если этот принцип справедлив для растений, то очень легко объяснить результаты следующих опытов.

Если два сорта пшеницы – один с геном Lr (устойчивости к бурой ржавчине), другой – без этого гена – высеять рядом и заразить бурой ржавчиной, то у первого сорта только продукт одного гена Lr – фитоантисипин – будет «подпирать» признаки продуктивности, а у второго сорта эти признаки будут развиты слабо (больные растения). При скрещивании этих сортов на фоне бурой ржавчины в поколении F₂ мы получим расщепление по признакам продуктивности 3:1 – результат влияния продукта только одного гена, хотя параллельно с ним экспрессируются тысячи других генов. На фоне без ржавчины моногенная детерминация признаков продуктивности исчезает, их наследование традиционно описывается гипотезой полигении. Таким образом, лим-фактор среды «заставляет» влиять на признак продукты тех генов, которые обеспечивают максимальное преодоление негативного действия данного лим-фактора. При смене лим-фактора продукты других генов, имеющиеся в клетке, «выходят на борьбу» с новым «угнетателем».

Г. Кэксер (1963) в докладе на симпозиуме в Бристольском университете в 1959 г. подчеркнул: «Я, конечно, знаю, что вся генетика основана на предположении о высокой точности и воспроизводимости действия генов. Такое ложное предположение могло возникнуть из-за того, что нет никаких доказательств, подтверждающих, что в генетических экспериментах измеряется именно первичное действие генов... Результаты развития могут определяться не генами, а кинетической структурой системы» (С. 61). И далее: «В процессе индивидуального развития (а свойства продуктивности не наследуются, а развиваются в онтогенезе, ВД) гены следует рассматривать не как диктаторов, а скорее как государственных служащих, выполняющих свою работу в рамках определенных традиций» (С. 63).

ТЭГОКП подтвердила позицию Кэксера. Клетку растения можно, образно говоря, сравнить с осажденной крепостью, в которой работают бригады скромных оружейных мастеров (генов). Одна бригада делает винтовки, другая – пулеметы, третья пушки, четвертая – пули и снаряды. Но какие продукты этих оружейников будут применены при обороне крепости – это определяет противник (конкретный лим-фактор среды). Если на крепость наступает пехота – стреляют винтовки, если конница – пулеметы, если танки – то пушки. Блоки генов (бригады оружейников) – это не генералы, отдающие жесткие приказы о том, какой величины должен быть признак продуктивности, а скромные мастера, делающие свой оружейный продукт, который либо «выходит» на борьбу с противником (лим-фактором среды), либо – нет. Это определяется только спецификой противника, т.е. спецификой лим-фактора среды.

Главные следствия из ТЭГОКП: возникли гипотезы о механизмах многих феноменов и появились подходы к прогнозированию многих параметров популяций, которые ранее на базе традиционной геноцентрической парадигмы в принципе невозможно было прогнозировать. Рассмотрим природу феномена «взаимодействие генотип-среда» (ВГС). Этот феномен обнаруживает себя только на совокупности генотипов. Если у нас один генотип, то мы можем описывать только феномен его модификации в разных средах (природа модификаций до сих пор неясна). ВГС – это смена рангов генотипов в наборе генотипов в разных средах. Если ранги продуктивности сохранились в разных средах, значит ВГС равно нулю. Если ранги сменились, то чем меньше коэффициент ранговой корреляции от одной среды к другой, тем сильнее эффект ВГС.

Традиционная (менделевская), биометрическая и молекулярная ветви генетики в настоящее время не имеют ни одной гипотезы о природе и механизмах ВГС.

С позиций ТЭГОКП механизм ВГС – это смена спектров генов, детерминирующих признак, при смене лим-фактора внешней среды. Пусть мы имеем четыре сорта пшеницы – два были созданы в Саратове на фоне засухи, два в Швеции на фоне холода. При выращивании этих четырех сортов в Саратове саратовские сорта выйдут на первое место по продуктивности, шведы «просядут». Но в Тюмени (холодный климат) шведы выйдут на первое место, а саратовские резко снизят продуктивность. То есть, если мы знаем адаптивные свойства сортов (для этого достаточно знать лим-факторы той зоны, где эти сорта создавались), то мы легко (пока на качественном уровне) можем прогнозировать возникновение феномена ВГС для любой зоны, куда мы собираемся интродуцировать наш набор сортов, надо только знать типичную динамику лим-факторов в этой зоне. За 15 лет наших экспериментов с пшеницей мы сделали десятки таких прогнозов и ни разу не ошиблись.

ТЭГОКП расшифровала природу трансгрессий и создала научные методы подбора родительских пар для гибридизации, установила механизм экологически зависимо гетерозиса, объяснила причины смены знаков и величин генотипических корреляций в разных средах и создала методы прогноза корреляций от среды к среде. Установила природу сдвигов доминирования количественных признаков, гомеостаза продуктивности (пластичности сорта). Создала методы управления амплитудой генотипической изменчивости КП и числом генов, «выходящих» на КП.

ТЭГОКП показала, что эколого-генетическая природа сложного, экономически важного КП не может быть описана языками менделевской, биометрической и молекулярной ветвей генетики. Только язык ТЭГОКП строго описывает поведение сложных КП в эволюции и селекции (Драгавцев, 2012).

Элементы ТЭГОКП включены в Международную энциклопедию “Basic Life Science”, New York – Boston-London, а общая суть теории опубликована в Толковом словаре по общей и молекулярной биологии, общей и прикладной генетике, ДНК-технологии и биоинформатике, 2008. М. «Академкнига», М. «Медкнига», Т. 2. С. 308 (Драгавцев, 2008).

Рассмотрим с позиций вытекающей из ТЭГОКП гипотезы о природе феномена ВГС – смене спектров генов под тем же признаком при смене лим-фактора среды – общеизвестное явление изменчивости линейных приростов по годам у любого хвойного дерева. В пределах ствола приросты варьируют по длине от года к году. Однако и между деревьями в дикой популяции приросты за один и тот же год также варьируют очень сильно. Очевидно, что изменчивость длин приростов в пределах ствола определяется различием лет – холодный год, теплый год, влажный год, сухой год и т.д. А вот различие в приростах между деревьями в один и тот же год, с позиций ТЭГОКП, должно определяться наследственными факторами, например, засухоустойчивостью в сухой год, или холодостойкостью в холодный год. Если два дерева имеют одинаковую засухоустойчивость, то приросты у них в сухой год должны быть одинаковыми. Если они отличаются по наследственным факторам засухоустойчивости – приросты будут разными.

Хвойные растения не имеют интеркалярных (вставочных) меристем, поэтому величина каждого годового прироста (в длину или в толщину) фиксируется навсегда и не меняется за всю долгую жизнь дерева. Тогда, утверждает ТЭГОКП, если особь дала в холодный год длинный линейный прирост, это значит, что она несет полигены холодостойкости, которые в холодный год вышли на прирост. Если другая особь дала в засушливый год большой прирост, то она обладает полигенами засухоустойчивости. Для идентификации генетически отличающихся деревьев по разным генетико-физиологическим системам адаптивности достаточно в ряду лет (10, 20 или более)

определить по метеоданным, например, самый засушливый и самый холодный годы. Затем приехать в лес, отсчитать от самого верхнего прироста последнего года нужное число приростов до прироста самого сухого года, и найти деревья, у которых прирост в высоту в сухой год оказался самым большим. Это - засухоустойчивые генотипы. Этот же алгоритм позволяет найти самые холодостойкие деревья (конечно, работу надо вести при однородной полноте насаждения).

Этот подход был опубликован в 1998 г. (Драгавцев, 1998). Проверить справедливость его позволили привитые клоновые плантации сосны обыкновенной, созданные под руководством проф. В.В. Тараканова в Алтайском крае (Зацепина и др., 2014). Черенки, срезанные с одного дерева, прививали на семенные подвои (несколько десятков подвоев в ряду). Каждый ряд - это отдельный клон, в котором все привои имеют идентичные генотипы. Сегодня этим клоновым плантациям более 30 лет. Следовало ожидать, что линейные приросты любого года будут у деревьев каждого клона иметь минимальную дисперсию, поскольку генотипы привоев внутри клона одинаковы. А в популяции дисперсия должна быть существенно выше (фенотипическая дисперсия в популяции состоит из суммы генотипической и экологической компонент изменчивости, в клоне - только экологическая компонента).

Для того, чтобы избежать влияния крупных экологических «пятен» в длинном ряду каждого клона, мы оценивали дисперсию приростов одного года в каждом клоне по нескольким деревьям, стоящим на однородном участке, затем по другой группе деревьев того же клона, и так до конца всего длинного ряда одного клона. Затем дисперсии усредняли. Усредненные внутриклоновые дисперсии оказались в 4 раза меньше, чем дисперсии приростов одного года в естественной популяции (F - критерий Фишера = 2,4, для 1% уровня значимости). Это говорит о том, что линейные приросты внутри каждого моноподиального дерева генетически различны - прирост в засушливый год детерминируется генетическими системами засухоустойчивости, а в холодный год - системами холодостойкости. Если у одного дерева «хорошие» системы засухоустойчивости, но «плохие» - холодостойкости, а у другого наоборот, то в сухой год прирост будет больше у первого дерева, а в холодный - у второго. Эти «блуждания» систем адаптивности от года к году, вероятнее всего, не наследуются, но приросты по оси ствола внутри каждого дерева (с позиций ТЭГОКП) генетически различны.

Следует отметить, что такой метод «генетической инвентаризации» индивидуальных деревьев в естественных популяциях должен быть очень чувствительным, поскольку открытый Н.В. Тимофеевым-Ресовским и Р.Р. Ромпе принцип усилителя в биологии (1959) утверждает, что малейшие генетические преимущества в скорости роста каждой отдельной клетки накапливаются в сумме десятков тысяч клеточных делений в линейном приросте между мутовками, поэтому малейшие генетические различия в системах засухоустойчивости между деревьями выразятся в сильном различии их линейных приростов в сухой год.

Список использованной литературы

- Богданова Е.Д., Махмудова К.Х. Эпигенетика мягкой пшеницы. Алматы, 2012. 106 с.
- Ванюшин Б.Ф. Материализация эпигенетики, или небольшие изменения с большими последствиями // Химия и жизнь - XXI век. 2004. № 2. С. 32-37.
- Голубовский М.Д. Век генетики: эволюция идей и понятий. СПб: Borey Art, 2000. 262 с.
- Драгавцев В.А. Эколого-генетический скрининг генофонда и методы конструирования сортов сельскохозяйственных растений по урожайности, устойчивости и качеству. СПб.: Изд. ВИР, 1998. 52 с.

Драгавцев В.А. Новый метод генетического анализа полигенных количественных признаков растений // Идентифицированный генофонд растений и селекция. СПб.: Изд. ВИР, 2005. С. 20-35.

Драгавцев В.А. Теория эколого-генетической организации количественных признаков // Толковый словарь по общей и молекулярной биологии, общей и прикладной генетике, ДНК-технологии и биоинформатике. М.: «Академкнига», «Медкнига», 2008. Т. 2. С. 308.

Драгавцев В.А. Уроки эволюции генетики растений // Биосфера (СПб). 2012. Т. 4. № 3. С. 251-262.

Драгавцев В.А. Как помочь накормить человечество // Биосфера (СПб). 2013. Т. 5. № 3. С. 279-290.

Драгавцев В.А., Сахаров В.И. К методике статистического анализа длительных модификаций в растительных популяциях // Журнал общей биологии. 1972. № 6. С. 733-739.

Драгавцев В.А., Литун П.П., Шкель Н.М. и др. Модель эколого-генетического контроля количественных признаков растений // Доклады АН СССР. 1984. Т. 274. № 3. С. 720-723.

Драгавцев В.А., Цильке Р.А., Рейтер Б.Г. и др. Генетика признаков продуктивности яровых пшениц в Западной Сибири. Новосибирск: Наука, 1984. 230 с.

Зацепина К.Г., Экарт А.К., Тараканов В.В. и др. Генетическая изменчивость клоновых и естественных популяций сосны обыкновенной в Алтайском крае // Сб. матер. Всеросс. научн. конф., посвящ. 70-летию Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН «Лесные биогеоценозы бореальной зоны: география, структура, функции, динамика». Красноярск: ИЛ СО РАН, 2014. С. 544-547.

Инге-Вечтомов С.Г. Прионы дрожжей и центральная догма молекулярной биологии // Вестник РАН. 2000. Т. 70. № 4. С. 299-306.

Корочкин Л.И. Биология индивидуального развития. М.: Изд. МГУ, 2002. 264 с.

Кочерина Н.В., Драгавцев В.А. Введение в теорию эколого-генетической организации полигенных признаков растений и теорию селекционных индексов. СПб.: Изд. «Дон Боско», 2008. 86 с.

Кэксер Г. Кинетические модели развития и наследственности // Моделирование в биологии. М.: ИЛ, 1963. С. 42-64.

Лобашев М.Е. Генетика. Изд. 2-е. Л.: Изд. ЛГУ, 1967. 752 с.

Тимофеев-Ресовский Н.В., Ромне Р.Р. О статистичности и принципе усилителя в биологии // Проблемы кибернетики. Т. 2. М., 1959. С. 213-228.

Уоддингтон К.Х. Морфогенез и генетика. М.: Мир, 1964. 308 с.

Химия верности // Газета «Поиск». № 24. 14 июня 2013. С. 23.

Чесноков Ю.В., Почепня Н.В., Бёрнер А., Ловассер У., Гончарова Э.А., Драгавцев В.А. Эколого-генетическая организация количественных признаков растений и картирование локусов, определяющих агрономически важные признаки у мягкой пшеницы // Доклады РАН. 2008. Т. 418. № 5. С. 1-4.

Шабанов Д. Парамутациями не ограничимся // Журнал «Компьютерра». 2006. № 23. от 22 июня.

Юданова С.С. Миксоплоидия клеточных популяций сахарной свеклы и ее связь с репродуктивными признаками: Дис...канд. биол. наук. 2004. СПб.: ВИР. 126 с.

Alberts B., Bray D., Lewis R.M., Roberts K. Watson J. Molecular biology of the cells / Ed. By Robertson. Garland; New York, 1994. 369 p.

Bastow R., Mylue J.S., Lister C., Lippman Z., Martienssen R.A., Dean C. Vernalization requires epigenetic silencing of FLC by histon methylation // Nature. 2004. Vol. 427. P. 164-167.

Durrant A. The environmental induction of heritable change in *Linum* // *Heredity*. 1962. Vol. 17. No. 1. P. 27-61.

Sung S., Amasino R.M. Vernalization and epigenetics: how plants remember winter // *Current Opinion in Plant Biology*. 2004. Vol. 7. No. 1. P. 4-10.

Рецензент статьи: доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник Института цитологии и генетики Сибирского отделения РАН Б.Ф. Чадов.

С.Н. Санников, И.В. Петрова, О.Е. Черепанова

Ботанический сад УрО РАН, г. Екатеринбург

**АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ГИПОТЕЗЫ ПРОИСХОЖДЕНИЯ ВЕРЕСКА
CALLUNA VULGARIS (L.) HULL.**



Введение

Одним из наиболее интересных «модельных» объектов для изучения филогенеза, путей расселения и феногенетической дифференциации популяций в процессе их адаптивной реакции на среду обитания может служить вид монотипического рода вереск обыкновенный (*Calluna vulgaris* (L.) Hull). Экогеографические условия его обширного ареала весьма гетерогенны. Между тем это, по крайней мере, анатомо-морфологически – довольно однородный, казалось бы, «микроэволюционно спящий» вид, не подчиняющийся постулатам синтетической теории эволюции.

В обширной международной литературе по географии и экологии вереска обыкновенного отсутствует более или менее аргументированная гипотеза об анцестральном центре его происхождения, что во многом затрудняет разработку концепции и направлений изучения его филогеногеографии и таксономии. Эффективным подходом к решению проблемы, несомненно, была бы генеалогия, основанная на ДНК-анализе современных популяций и (или) фоссилий. По семейству *Ericaceae* уже имеются масштабные геносистематические исследования (Kron et al., 2002), отражающие филогенетические отношения и время возникновения таксонов, в том числе *Calluna vulgaris*. Анатомо-морфологический и ДНК-анализ 120 видов 8 подсемейств *Ericaceae* свидетельствует о том, что этот анцестральный вид появился в трибе *Ericaceae* ранее таких доминант вересковых пустошей Европы, как виды *Erica*, а также трибы *Empetreae* и родов *Vaccinium* и *Andromeda*.

Популяционно-генетические исследования *Calluna vulgaris*, начатые в последние десятилетия в Западной Европе (Rendel, Ennos, 2002) и России (Санников и др., 2013, 2014), пока еще недостаточны для выявления геногеографических связей, путей миграции и филогении его популяций в пределах ареала. В гляциальные фазы плейстоцена популяции *C. vulgaris* «ледниковой зоны» Северной Евразии регулярно вымирали. Таким образом, генетическая информация о структуре арктиотретических популяций вида, которые могли здесь возникнуть и развиваться, бесследно стерта. Тем не менее, в перспективе наиболее надежная информация о генеалогических связях и времени дифференциации анцестральных популяций *C. vulgaris* может быть получена по данным их молекулярно-генетического анализа, особенно в маргинальной южной «внеледниковой» части ареала. С этой целью наиболее эффективен системный геногеографический

подход – «вид в ареале», т. е. изучение генетической структуры, дифференциации и филогенетических связей популяций вида в пределах всего ареала (рис. 1), - реализуемый нами при поддержке РФФИ.

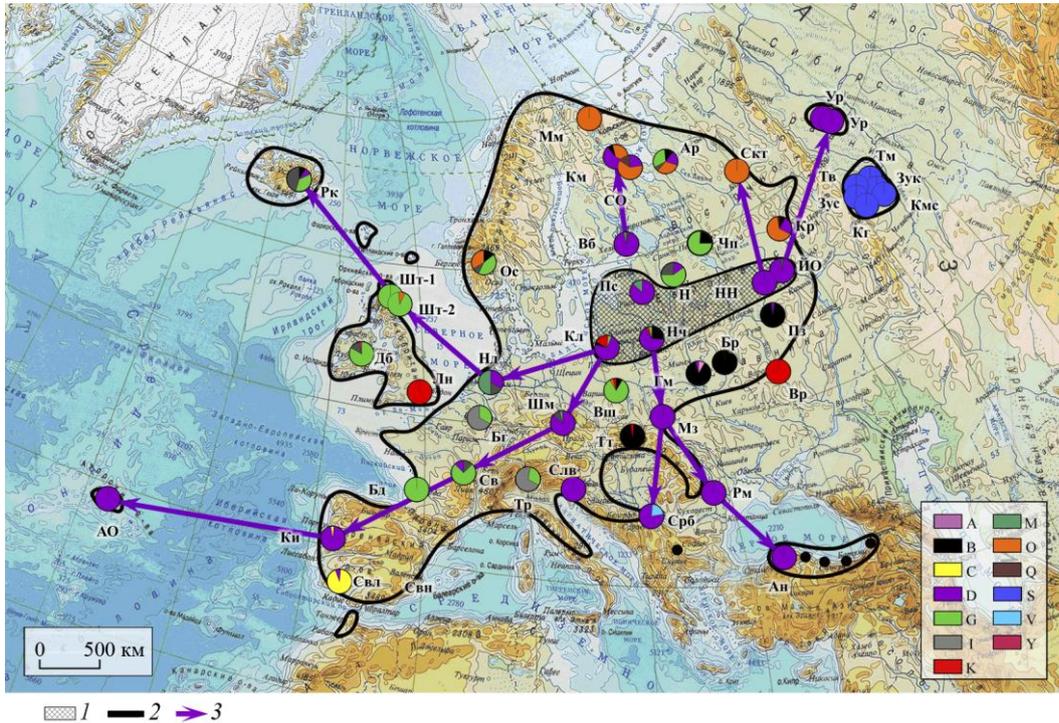


Рис. 1. Встречаемость гаплотипов хлоропластной ДНК вереска (*Calluna vulgaris* (L.) Hull) в пределах его ареала.

1 – гипотетичный анцестральный регион происхождения *C. vulgaris*, 2 – границы современного ареала; 3 – основные пути расселения первичных популяций.

Аббревиатура условных названий локальных популяций: Ан – Анкара, АО – Азорские острова, Ар – Архангельск, Бг – Бельгия, Бд – Бордо, Бр – Брянск, Вб – Выборг, Вр – Воронеж, Вш – Варшава, Гм – Гомель, Дб – Дублин, Зус – Заводоуспенское, Зук – Заводоуковск, Йо – Йошкар-Ола, Кг – Курган, Ки – Коимбра, Кл – Калининград, Км – Кемь, Кмс – Комиссарово, Кр – Киров, Лн – Лондон, Мз – Мизунь, Мм – Мурманск, Нд – Нидерланды, Н – Великий Новгород, НН – Нижний Новгород, Нч – Нарочь, Ос – Осло, Пз – Пенза, Пс – Псков, Рк – Рейкьявик, Св – Северны, Свл – Севилья, Слв – Словения, СО – Соловецкие острова, Скт – Сыктывкар, Срб – Сербия, Тв – Тавда, Тм – Тюмень, Тр – Тренто, Тт – Татранска ломника, Ур – Урай, Чп – Череповец, Шм – Шумава, Шт-1 – Шотландия-1, Шт-2 – Шотландия-2.

На данном этапе попытки построения гипотезы о месте анцестрального происхождения и путях расселения вида *C. vulgaris* могут быть основаны, главным образом, лишь на общих во многом еще гипотетичных постулатах синтетической теории эволюции, данных палеогеографии, а также современной экогеографии его особей и популяций. В совокупности они позволяют очертить интегральную «экологическую нишу» вереска (Hutchinson, 1957) и по принципу актуализма, хотя бы в первом приближении, наметить наиболее вероятный гипотетичный регион возникновения и центр расселения его первичных анцестральных популяций. В этом и состоит цель настоящей работы.

Экологическая ниша вида *Calluna vulgaris*

Амплитуда факторов среды в пределах современного ареала и региональных эоареалов *C. vulgaris* достаточно отчетливо отражает его весьма обширную эволюционно выработавшуюся экогеографическую нишу. Она охватывает ландшафты от субтропиков Средиземноморья (Марокко, Иберия, Апеннины, Динары, Анатолия) до Субарктики (Исландия, Кольский п-ов) и от островов Северной Атлантики до засушливых

лесостепей юга Русской равнины и Притоболья (см. рис. 1). Судя по параметрам обилия, проективного покрытия, вегетативной, семенной продуктивности и возобновления ценопопуляций вереска (Bejerink, 1940; Gimingham, 1960, 1975; Горчаковский, 1962; Walter, 1968; Мишихина др., 2015), современный фитоценогеографический оптимум его ареала, по-видимому, находится где-то в Северо-Восточной Приатлантике (Шотландия, Северо-Германская низменность (рис. 2).



Рис. 2. Густые заросли вереска в нижнем ярусе антропогенно изреженного соснового леса (*Pinus sylvestris*) в Шотландии (фото Н.А. Корытина).

В целом, анализ и синтез палеогеографических и современных экологических факторов ареала и экоареала, анатомо-морфологических и экофизиологических особенностей *C. vulgaris* (реализованной «экологической ниши»), позволяет предположить, что, вероятно, по происхождению это, прежде всего, голарктический вид аркто-третичной вечнозеленой жестколистной субтропической флоры средиземноморского типа, вплоть до неогена резко изолированной от Восточной Палеарктики, Северной Америки и Африки.

В настоящее время это вид, в основном, бореальной (частью, борео-неморальной) флоры Северо-Западной Евразии, наиболее адаптированный к умеренно теплому (прохладному) и влажному, морскому, но в то же время и к периодически сухому и жаркому климату (Bejerink, 1940; Gimingham, 1960, 1975; Горчаковский, 1962; Walter, 1968). Во внутриконтинентальных сравнительно засушливых регионах Северной Евразии «эрикоидная» анатомо-морфологическая конституция листьев этого вида придает ему отчетливо выраженные свойства умеренного ксерофита (Gimingham, 1960, 1975; Горчаковский, 1962; Walter, 1968; Санников и др., 2013a, 2014; Cherepanova et al., 2015).

Например, по нашим многолетним наблюдениям в предлесостепи Притоболья, вереск на песчаных почвах под пологом сосняков бруснично-вересково-зеленомошных (рис. 3) вполне толерантен к летней атмосферной засухе продолжительностью до 30 и более дней. Однако, это возможно лишь при условии достаточной влажности почвы в его ризосфере (при неглубокой капиллярной кайме верховодки) и особенно повышенной влажности воздуха, наблюдаемой вблизи крупных водоемов и болот (Горчаковский, 1962; Петрова и др., 2009). Таким образом, по эдафо-климатоэкологической нише вид *Calluna vulgaris* – ксеромезофит.



Рис. 3. Вереск как доминант нижнего яруса в сосняке бруснично-вересково-зеленомошном (на суховатых песчаных почвах) на крайнем востоке ареала в Припышминских борах подзоны предлесостепи Западной Сибири. Фото Ю.Д. Мишихиной.

В то же время вереск – умеренный гелиофит, так как рост его побегов, жизнеспособность и семеношение уменьшаются в несколько раз при снижении ФАР со 100% на открытом месте до 20% под затеняющим пологом (Gaudio et al., 2011; Санникова и др., 2012; Мишихина, 2016). При этом его теневое угнетение почти вдвое меньше, чем у гелиофильного подростка *Pinus sylvestris*, но больше, чем у сциофита *Pteridium*.

По отношению к почвенным факторам среды вереск – отчетливо выраженный олиготроф-кальциефоб (Lundegårdh, 1957; Gimingham, 1960, 1975), и, предпочтительно, псаммофит. Однако в условиях влажного горного субконтинентального климата Европы он встречается и на горных «хрящеватых» суглинках (Иберия, Апеннины), а также на заболоченных торфяных почвах (Шотландия, Прибалтика, Карпаты (рис. 4).

Рис. 4. *Calluna vulgaris*, доминирующий на кочках верхового болота в сосняке вересково-сфагновом в предгорьях Украинских Карпат («Мизуньское болото»). Фото Т.В. Парпана.



Рис. 4. *Calluna vulgaris*, доминирующий на кочках верхового болота в сосняке вересково-сфагновом в предгорьях Украинских Карпат («Мизуньское болото»). Фото Т.В. Парпана.

Важная экологическая особенность вереска в континентальных экорегионах Северной Евразии – его низкая толерантность (в частности, по сравнению с *Pinus sylvestris*) к гипотермии ризосферы (Lundegårdh, 1957), а тем более - к почвенной мерзлоте, т.е. эдафомезотермофильность. В Приатлантике, где мерзлота почв не развита, эдафогипотермия не лимитирует его жизненность, но на северо-востоке Европы и в Зауралье она, вероятно, главный фактор, определяющий границы ареала вереска, особенно на длительно сезонно мерзлотных торфяных почвах сфагновых болот.

Фитоценотический оптимум вереска, выявленный в типе леса «сосняк бруснично-вересково-зеленомошный» на суховатых рыхлопесчаных почвах надпойменных террас рек Русской равнины и Притоболья Западной Сибири (Петрова и др., 2009; Мищикина и др., 2015), вполне отражает его предпочитаемую псаммофитную гемиксерофитно-олиготрофную экологическую нишу.

Филоценогенетически тесно ассоциируясь с сосновыми лесами на «суховатых» и «свежих» песчаных почвах (Firbas, 1952; Шиманюк, 1955; Горчаковский, 1962; Walter, 1968; Санников, 1974, 1992; Kaland, 1986; Faegri, 1989; Lang, 1994), аperiodически подверженных циклическим пожарам, вереск является ярко выраженным пирофитом. Он обильно возобновляется и плодоносит после пожаров и почти не выносит конкуренции видов подавляемого огнём борového мелкотравья (Gimingham, 1960, 1975; Whittaker, Gimingham, 1962; Петрова и др., 2009; Nilssen et al., 2002; Санников и др., 2014).

Описанная выше эвритопная экологическая ниша («экологический портрет») *C. vulgaris* позволяет в первом приближении, по принципу актуализма реконструировать общие черты филогеографических ландшафтов и ориентировочную локализацию гипотетических регионов происхождения и первичной микроэволюционной адаптации его анцестральных популяций. На основании обобщения данных палео- и современной экогеографии *Calluna vulgaris* (L.) Hull. (Вульф, 1944; Миров, 1967; Сеницын, 1967; Gimingham, 1975; Lomolino et al., 2006; Петрова и др., 2009, 2011; Санников и др., 2013, 2014, Мищикина и др., 2015) можно предположить, что этот голарктический вид впервые появился в одном из субконтинентальных экорегионов северо-западной части Северной Евразии или северо-востока Северной Америки. Наиболее вероятны следующие альтернативные версии гипотез об анцестральном центре происхождения вида *Calluna vulgaris* (L.) Hull. и путях формирования его ареала.

Гипотеза Западно-Палеарктического происхождения

Данные палеогеографии свидетельствуют о широких барьерах морской изоляции Западной Палеарктики от Северной Америки Атлантическим океаном, с одной стороны, и от Средней Сибири Западносибирско-Карским морем, с другой, еще с мелового периода (Lomolino et al., 2006; Беньямовский, 2007; Akhmetiev et al., 2012) в течение большей части палеогена. При этом до конца эоцена (около 40 млн лет ВР) флора и вся биота голарктических континентов Северного полушария были надежно изолированы бассейном Тетиса: в Палеарктике (Северной Евразии) – от Африки (Ефиопии) и Индии, а в Неарктике (Северной Америке) – от Неотропического континента (Южной Америки).

В Западной Палеарктике (на территории от Скандинавии до Урала) в первой половине эоцена (вплоть до 45–43 млн лет ВР) в общем господствовал теплый и гумидный муссонный тропический климат с влажным летом (Сеницын, 1967; Mai, 1994; Ахметьев, 2007). Между западным и восточным блоками Палеарктики циркулировали теплые (с температурой свыше 20°C) воды обширного пролива Тетис – Карское море (Беньямовский, 2007; Ахметьев, 2007), а тропик Рака находился на 20° севернее современного (Сеницын 1967). В эту эпоху в Палеарктике и даже на островах Шпицбергена

и Новой Земли доминировали (в зависимости от континентальности климата) различные по режиму влажности варианты гумидного тропического или субтропического климата и растительности (Mai, 1994; Ахметьев, 2007).

Позднее (42–37 млн лет ВР), после изоляции Западносибирского моря от Карского летневлажный жаркий муссонный климат сменился, по крайней мере на юго-востоке Западной Палеарктики, зимневлажным «средиземноморского типа» с сухим и жарким летом. Согласно климадиаграммам Г. Вальтера (Walter, 1968), для него характерна сезонная смена дождливой зимней (“winterregen”) погоды сухой и жаркой летней. Сезонная засушливость климата на общем фоне гумидности (и некоторого усиления континентальности) теплого субокеанического климата, возросшая в конце эоцена – начале неогена, способствовала эволюции растительности этих экорегионов в направлении усиления признаков ксероморфизма. К их числу относятся такие типичные для многих видов трибы *Ericaceae* адаптивные анатомо-морфологические признаки, как мелкие размеры клеток гиподермы и склероксероморфизм листьев с обилием мелких устьиц, погруженных в гиподерму, или углубления листьев («желобки»), защищенных трихомами и способных к частичному свертыванию во время засухи (Максимов, 1952; Lundegårdh, 1957; Walter, 1968; Cherepanova et al., 2015). В течение миллионов лет адаптации к летним засухам, неизбежно сопровождавшимся пожарами (Komarek, 1973; Санников, 1992; Agee, 1993; Санников и др., 2012), здесь формировалась вечнозеленая жестколистная ксеро- и пиропитная флора, сходная с современной флорой «верещатников» и «макквиса» Западного Средиземноморья.

Можно предположить, что именно в подобной среде еще в конце палеогена в популяциях распространенных здесь видов семейства *Ericaceae* (Ахметьев, 2007) в результате появления и отбора полезных мутаций и полиплоидии возникали генетически оригинальные особи, а затем и микропопуляции новых форм (“microspecies”). Они оказались более адаптированными к размножению, возобновлению и выживанию в условиях периодических колебаний гидротермического режима погоды и частых пожаров. В итоге многих поколений действия отбора и других факторов микроэволюции (Maug, 1963; Завадский, 1968; Тимофеев-Ресовский и др., 1977; Грант, 1991) постепенно формировались первичные достаточно жизненные и стабильно воспроизводящиеся популяции новых видов, в частности, *C. vulgaris*.

Высокий репродуктивный потенциал (Gimingham, 1960, 1975), способность к зоохории семян (Welch, 1985) и толерантность к экстремумам среды способствовали возобновлению, выживанию, широкому расселению и инвазии *C. vulgaris* в новые адаптивные зоны Палеарктики (рис. 5). Особенно успешно это могло происходить на олиготрофных песчаных аренах с незначительной конкуренцией трав на гарях под пологом сосновых лесов, с которыми вереск как пиропит, по-видимому, был изначально тесно ассоциирован и коадаптирован.

Парадоксально существование и даже доминирование вереска в некоторых сообществах на островах Северной и Средней Атлантики, на расстоянии 950–1250 км от континентальной Европы (Исландия, Азорские острова). Можно предположить, что орнитохорное расселение вереска с Пиренейского полуострова на Азорские острова происходило по цепи островов вулканического происхождения (Жиров, 1964), ныне погруженных в океан (см. рис. 5). Гипотеза орнитохории как наиболее вероятного (если не единственного возможного) фактора распространения вереска между атлантическими островами (на расстоянии до 350–400 км) подтверждается его успешной постгляциальной реколонизацией из Шотландии в Исландию.

Ареал *C. vulgaris* в палеогене–миоцене, по-видимому, охватывал не только Северо-Восточную Приатлантику, но и другие регионы Северной Евразии с достаточно благоприятными климатическими, почвенными и фитоценотическими условиями. Об этом свидетельствуют его реликтовые островные популяции в Притоболье Западной

Сибири, на севере Малой Азии, а также отдельные эндемичные местонахождения в Сибири, Центральном Казахстане и даже в Хакасии (Beijerinck, 1940; Gimmingham, 1960; Горчаковский, 1962). По крайней мере, в неогене вплоть до начала плейстоцена (1,8 млн лет ВР), т. е. в течение около 35 млн лет, по-видимому, не было существенных морских, горных и фитоценологических барьеров (Гончарова, Щерба, 1997; Беньямовский, 2007) для распространения вида *C. vulgaris* на восток Северной Евразии. Кроме того, через Карпаты и Балканы он проник в Малую Азию, расселившись по южному побережью Черного моря, где его маргинальные реликтовые поселения сохранились и поныне (см. рис 1).

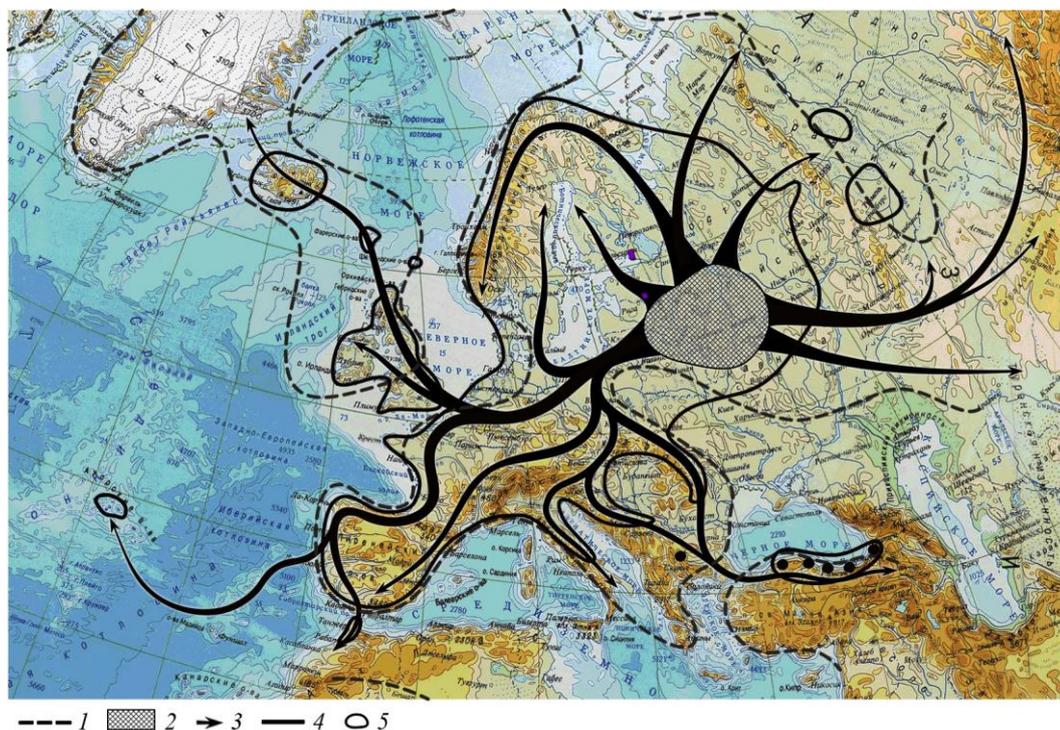


Рис. 5. Гипотеза Западно-Палеарктического центра происхождения и расселения популяций *Calluna vulgaris* (L.) Hull. 1 – ориентировочные границы морей в эоцене (по: Lomolino et al., 2006); 2 – гипотетичный регион происхождения анцестральных популяций *C. vulgaris*; 3 – вероятные пути расселения популяций *C. vulgaris*; 4 – границы современного ареала *C. vulgaris*; 5 – островные атлантические популяции *C. vulgaris*.

С другой стороны, вереск широко расселился и стал доминировать в ассоциациях с другими видами *Ericaceae* в климатически оптимальных для него местообитаниях под пологом сосновых и дубово-сосновых лесов или на открытых побережьях в «верещатниках» Восточной Приатлантики. Отсюда, главным образом, орнитохорно он мог через Британские, Фарерские острова и Исландию расселяться и в Гренландию. В среднем палеоцене это было возможно по сплошному массиву суши между Британскими островами и Гренландией (Lomolino et al., 2006; см. рис. 1). Кроме того, в течение почти всего третичного периода, за исключением нескольких миллионов лет в начале олигоцена (около 30 млн лет ВР), когда существовало Сарматское море Западного Паратетиса (Lomolino et al., 2006; Беньямовский, 2007; Ахметьев, 2007), было возможно расселение вереска и на юг, вплоть до Средиземного моря.

В плейстоцене в центральной и северо-восточной части Северной Евразии в связи со сплошным распространением мерзлотных и холодных почв популяции вереска были элиминированы в этих регионах. Они сохранились здесь лишь в отдельных реликтовых популяциях и в единичных местонахождениях на наиболее теплых инсоли-

рованных местообитаниях с глубоко протаивающими летом почвами (Казахский мелкосопочник, Хакасия и др.) (Горчаковский, 1962; Санников и др., 2013б).

В гляциальные фазы плейстоцена реколонизации вереска из Западной Европы в Зауралье, несомненно, препятствовали ледники Альп, Скандинавии и Русской возвышенности, особенно североуральский ледник. Его перигляциальная зона с мерзлотными почвами, исключающими выживание эдафотермофильного вереска, достигала на юге широты 55–56° (Санников и др., 2013б). В это время поселения *C. vulgaris* в Притоболье оставались лишь на инсолированных песчаных почвах вершин увалов, где в межгляциальные фазы они сохранялись и от затопления флювиогляциальными водами Арало-Тургая и Тобола.

Главным фактором, лимитирующим современную границу ареала вереска на северо-востоке Русской равнины и севере Прииртышья Западной Сибири, по-видимому, является гипотермия корнеобитаемого слоя «холодных» здесь почв (Дадыкин, 1952; Норин, 1956; Тыртиков, 1975). Эта граница конгруэнтна по очертаниям с южной границей распространения почвенной мерзлоты, отступая к юго-западу от нее (на 150–250 км) в Зауралье, но несколько меньше на северо-востоке или даже совпадая с ней на севере Русской равнины. Вероятно, она находится в некоторой зоне термоэкотона, где суммы эффективных температур почвы в ризосфере вереска близки к минимуму для его выживания и роста.

С другой стороны, юго-восточная граница ареала вереска в лесостепях Русской равнины (Пенза) и на юге Притоболья Западной Сибири (Курган), вероятно, лимитируется дефицитом увлажнения атмосферы и почвы. В островных сосновых борах этих регионов вереск не встречается южнее изолинии средней годовой суммы осадков менее 400 мм, где гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова (1958) летом менее 0,9, а влажность песчаных почв близка к их наименьшей влагоемкости (4–5%) и, по-видимому, недостаточна для выживания вереска. В Средиземноморье (Иберия, Апеннины, Динарские Альпы) его маргинальные южные популяции также встречаются только в относительно лучше увлажняемых горных местообитаниях.

В общем, особенности палеогеографии, современного ареала, экоареала и экологии *Calluna vulgaris*, а также отсутствие его природных популяций в Северной Америке и Африке (за исключением крайнего северо-запада Марокко) позволяют предположить, что гипотетичный регион его происхождения расположен где-то в северо-западной части (массиве) Западно-Палеарктической области Голарктики, между Атлантикой и Карско-Туранским морем. Анцестральные популяции вереска могли возникнуть здесь в конце палеогена или начале неогена и адаптироваться в условиях субтропического теплого и влажного, но сезонно сухого и жаркого арктического климата одного из субконтинентальных регионов Западной Палеарктики. Вероятно, это происходило на северных побережьях Восточного Паратетиса с гумидным зимневлажным и умеренно жарким летнезасушливым климатом типа современного средиземноморского (Ахметьев, 2007). Наиболее вероятными регионом и ценотической средой происхождения и формирования первичных популяций вереска могли быть сосновые леса на песчаных аренах центральной и южной частей современной Русской равнины (от Полесья до Волги и Южного Урала). С конца олигоцена по мере исчезновения обширных морских барьеров вереск смог широко расселиться в регионах Сибири, Средиземноморья и на островах Северо-Восточной Атлантики (см. рис. 5).

Результаты масштабных систематизированных исследований геногеографии хлоропластной ДНК популяции *C. vulgaris*, проведенных нами (см. рис. 1) в пределах всего современного ареала вида, не противоречат гипотезе его происхождения в центре Русской Равнины. Именно здесь расположена компактная группа популяций вереска (от Прибалтики до Среднего Поволжья) с доминирующим во всем ареале, вероятно, анцестральным гаплотипом *D*. Отсюда по этому генетическому маркеру прослежива-

ются отчетливые пути распространения вереска на восток (Урай) и север Евразии (Кемь, Архангельск), в Малую Азию (Анкара), а также на Азорские острова и в Исландию. Эти направления, отражающие генетические связи современных популяций вереска с его плейстоценовыми рефугиумами, по-видимому, в общем соответствуют направлениям его гипотетичных анцестральных миграций (см. рис. 2). Однако, безусловно, необходима основательная верификация предлагаемой гипотезы Западно-Палеарктического происхождения *C. vulgaris*, путем количественного филогенетического анализа.

Альтернативные гипотезы

Кроме основной Западно-Палеарктической гипотезы анцестрального центра происхождения *C. vulgaris*, имеются некоторые палеоэкогеографические основания и для других, альтернативных.

Гипотеза Гренландского происхождения. На основании данных палео- и фитогеографии (Вульф, 1944; Сеницын, 1967; Mirov, 1967; Lomolino et al., 2005) можно предположить, что вид *Calluna vulgaris* (L.) Hull мог появиться еще в палеогене – начале неогена где-либо на северо-востоке континента Северной Америки, наиболее вероятно, в Гренландии. В эти эпохи здесь, так же, как и в Палеарктике, доминировали гумидный и теплый, но сезонно переменный и регионально неоднородный (в зависимости от континентальности и высоты местности) более или менее жаркий сухой субтропический климат и соответствующие типы растительности (Сеницын, 1967; Ахметьев, 2010).

Еще в среднем палеоцене (около 60 млн лет BP), когда Гренландия, Фарерские и Шетландские острова были монолитны с Британскими (Lomolino et al., 2006), здесь могли возникнуть и развиваться первичные популяции вереска. В течение десятков миллионов лет неогена они, постепенно адаптируясь к условиям местного климата и почв, беспрепятственно расселялись вплоть до юга Британских островов. Кроме того, в олигоцене (37–24 млн лет BP) и в начале миоцена (20–15 млн лет BP), вероятно, более или менее длительное время существовали сухопутные перешейки между Гренландией, Исландией и Британией. Вследствие тектонических и вулканических процессов на дне Атлантики они могли периодически возникать на месте современного шельфа и Фарерского донного порога (ныне глубиной всего около 250 м), а также между Британией и материком Палеарктики, например, в Нормандии (Mirov, 1967). При этом североатлантические популяции вереска гренландского происхождения распространялись на материк.

Исследования по экологии и биогеографии птиц, потребляющих побеги и семена вереска, в частности куропаток тундряной и белой (*Lagopus mitus*, *L. lagopus*), казарок черной и белошекой (*Branta leucopsis*, *B. bernicla*) и других видов, позволяют предположить вероятность орнитохории его семян (с экскрементами птиц) из Исландии на Фарерские острова и далее в Шотландию. Известно, что дальность ежегодных перелетов казарок и гусей по древним путям их миграции из Гренландии и Исландии к местам зимовки в Европе через Фарерские, Шетландские и Британские острова достигает нескольких сотен километров в сутки (Baker, 1978). Вероятность столь дальней орнитохории семян вереска подтверждается его реколонизацией в голоцене через всю Атлантику в Исландию (где он, по-видимому, полностью исчезал в гляциофазы плейстоцена), на расстояние до 400 км от Шотландии.

В плиоцене (5,8–1,8 млн лет BP) ширина пролива (Ла-Манш), разделявшего Британские острова с Европой, резко сократилась (Lomolino et al., 2006), а в гляциальные фазы плейстоцена он вообще исчезал, сменяясь песчаными маршами. После их промывания осадками вереск мог расселяться на западное побережье Палеарктики, а отсюда

как на ее север, в Скандинавию, так и на восток, в Северную Евразию, а также и на юг, в Северную Африку через Гибралтар.

Встречаемость природных (не интродуцированных европейскими переселенцами) популяций вереска на восточном побережье Атлантики Северной Америки – на о. Нью-Фаундленд, в окрестностях г. Бостон и т. д. – не доказана. Несомненно, она могла бы существенно подтвердить «гренландскую» гипотезу происхождения (Иберия, Апеннины, Динарские Альпы), но для этого, прежде всего, необходимы популяционно-генетические тесты.

Гипотеза марокканского происхождения. И, наконец, не следует полностью исключать еще одну, хотя и наименее вероятную, версию марокканского происхождения вереска, высказанную нами ранее (Санников и др., 2014). Популяции *C. vulgaris* встречаются на крайнем северо-западе Марокко и, возможно, на Канарских островах (Горчаковский, 1962), в 100–130 км к западу от Африки. Кроме того, как ни парадоксально, вереск в ассоциациях с зелеными и сфагновыми мхами произрастает на Азорских островах, в среднегорном поясе (Галанин, 2011), на расстоянии 1500 км от берегов Северной Америки и 1300 км от Африки. Здесь заросли вереска формируют целый пояс растительности на высоте свыше 2600 м, в условиях зимневлажного прохладного (около 10–12°C), летом сравнительно сухого и теплого (18–20°C) океанического климата.

Поэтому имеются некоторые основания предполагать, что его первичные популяции могли возникнуть и эволюционировать где-либо в условиях субокеанического, в общем, тропического гумидного, но сезонно жаркого и сухого климата побережий Атлантического океана в предгорьях Марокко или даже на островах смежной Атлантики.

В начале неогена в связи с экстремальным усилением засушливости климата и почв на широте Сахары, где тогда находился тропик Рака (Синицын, 1967), вереск, возможно, был вытеснен более ксерофитными видами на острова Макаронезии. Судя по его успешной постгляциальной трансатлантической реколонизации из Шотландии в Исландию (на расстояние около 400 км), вереск мог расселиться на острова Атлантики – Канарские и далее Азорские – орнитохорно. Можно предположить, что острова Макаронезии, приуроченные к мелководьям Атлантики, представляют собой остатки неогеновой суши «Атлантиды», погружившейся в океан (Жиров, 1964; Галанин, 2011). Кроме того, расселение вереска и других видов биоты могло происходить и по перешейкам суши между некоторыми островами, которые периодически возникали и исчезали вследствие тектонических колебаний и вулканических процессов на дне Атлантики (Жиров, 1964; Синицын, 1967; Lomolino et al., 2006; Галанин, 2011).

С другой стороны, первичные марокканские популяции вереска в неогене после уменьшения ширины Тетиса в миоцене могли орнитохорно или по периодически возникавшим перешейкам суши через Гибралтар расселяться в Европу, Северную Евразию и Малую Азию, а также на Британские и североатлантические острова.

Следует учесть, что марокканской гипотезе происхождения вереска, в отличие от «голарктических» гипотез, противоречат два антитезиса: 1) существование вплоть до миоцена мощного изоляционного барьера от Палеарктики – Тетиса и 2) крайне жаркий и гумидный палеоклимат тропической зоны Марокко, мало соответствующий экологической нише вида *C. vulgaris*.

Заключение

В итоге обобщения литературы по палеогеографии и результатов собственных исследований по географии и экологии вереска обыкновенного (*Calluna vulgaris* (L.) Hull.) представляется наиболее вероятной гипотеза голарктического происхождения этого вида на континенте Западной Палеарктики. Можно предположить, что этот арктиотретичный вечнозеленый вид возник и сформировался еще в конце палеогена в условиях субконтинентального субтропического периодически влажного и сухого климата

средиземноморского типа где-либо на песчаных аренах северных побережий Тетиса. Вероятно, отсюда его популяции сухопутно или орнитохорно расселились в Западную и Восточную Евразию, на северо-запад Африки и острова Северной Атлантики. Менее вероятны альтернативные гипотезы об анцестральных центрах происхождения вереска в Гренландии и, тем более, в Марокко. Для проверки всех альтернативных гипотез необходим масштабный геногеографический и генеалогический анализ популяций *C. vulgaris* в пределах всего ареала вида.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 15-04-03-899). Авторы выражают благодарность профессору Л. Пауле (Технологический университет, Зволен, Словакия) за предоставление серии образцов вереска из Европы, а также сотруднику Ботанического сада УрО РАН Е.В. Егорову за оформление рисунков.

Список литературы

Ахметьев М.А. Флора и климат палеоцена и эоцена центральной части Северной Евразии // Пролиты Северного полушария в мелу и палеогене. М.: МГУ, 2007. С. 137–151.

Беньямовский В.Н. Палеогеновые меридиональные пролиты Северной Евразии // Пролиты Северного полушария в мелу и палеогене. М.: МГУ, 2007. С. 80–118.

Вульф Е.В. Историческая география растений: История флор земного шара. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1944. 546 с.

Галанин А.В. Краткий очерк геологии и биогеографии Азорских островов. Владивосток, 2011 (электронный ресурс: <http://uchtoma.atlantida1.htm>).

Горчаковский П.Л. География, экология и история формирования ареала вереска // Ботан. журнал. 1962. Т. 47. № 9. С. 1244–1257.

Гончарова И.А., Щерба И.Г. Паратетис в конце раннего – среднем миоцене и его связи с окружающими бассейнами // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 1997. Т. 5. № 3. С. 102–107.

Дадыкин В.П. Особенности поведения растений на холодных почвах. М.: Изд-во АН СССР, 1952. 227 с.

Жиров Н.Ф. Атлантида. Основные проблемы атлантологии. М.: Мысль, 1964. 431 с.

Максимов Н.А. Физиологические основы засухоустойчивости растений // Максимов Н.А. Избранные работы по засухоустойчивости и зимостойкости растений. М.: Изд-во АН СССР, 1952. Т. 1. С. 139–417.

Мицихина Ю.Д., Петрова И.В., Абдуллина Д.С. Градиенты климата и экоареал *Calluna vulgaris* (L.) Hull в сосновых лесах Русской равнины и Западной Сибири // Известия Самарского научного центра РАН. 2015. Т. 17. № 6. С. 225–230.

Мицихина Ю.Д. Эколого-географические особенности структуры ценопопуляций вереска обыкновенного (*Calluna vulgaris* (L.) Hull) в сосновых лесах Притоболья Западной Сибири и Русской равнины: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Екатеринбург, 2016. 23 с.

Норин Б.Н. Особенности семенного возобновления древесных пород на полуострове Ямал // Растительность Крайнего Севера СССР и ее освоение. Вып. 1. М., Л.: Изд-во АН СССР, 1956. С. 46–58.

Петрова И.В., Санников С.Н., Санникова Н.С., Шавнин С.А., Егоров Е.В., Абдуллина Д.С. Экогеографические особенности ценопопуляций вереска обыкновенного на Русской равнине и в Западной Сибири // Известия Оренбургского государственного аграрного университета, 2009. № 1 (21). С. 257–261.

Санников С.Н. Принципы построения рядов климатически замещающих типов леса // Экология. 1974. № 1. С. 5–12.

Санников С.Н. Экология и география естественного возобновления сосны обыкновенной. М.: Наука, 1992. 264 с.

Санников С.Н., Петрова И.В., Полежаева М.А., Мицихина Ю.Д., Черепанова О.Е., Дымшакова О.С. Генетическая дивергенция восточно-европейских и притобольских популяций *Calluna vulgaris*(L.) Hull // Экология. 2013. № 2. С. 110–114.

Санников С.Н., Петрова И.В., Дымшакова О.С., Черепанова О.Е. Генетическая и фенотипическая дифференциация притобольских и европейских популяций *Calluna vulgaris*(L.) Hull // Генетика. 2014. Т. 50. № 9. С. 1050–1058.

Санников С.Н., Санникова Н.С., Петрова И.В. Очерки по лесной популяционной биологии. Екатеринбург: УрО РАН, 2012. 270 с.

Санникова Н.С., Санников С.Н., Петрова И.В., Мицихина Ю.Д., Черепанова О.Е. Факторы конкуренции древостоя-эдификатора: количественный анализ и синтез // Экология. 2012. № 6. С. 403–409.

Селянинов Г.Т. Принципы агроклиматического районирования СССР // Вопросы агроклиматического районирования СССР. М.: Изд-во МСХ СССР, 1958. С. 7–13.

Синицын В.М. Введение в палеоклиматологию. Ленинград: Недра, 1967. 232 с.

Тыртыков А.П. Динамика растительного покрова и развитие мерзлотных форм рельефа. М.: Наука, 1979. 115 с.

Шиманюк А.П. Естественное возобновление на концентрированных вырубках. М.: Изд-во АН СССР, 1955. 355 с.

Agee J.K. Fire ecology in Pacific Northwest forests. Washington, D.C.: Covelo, California: Island Press, 1993. 493 p.

Baker R.R. The evolutionary ecology of animal migration. London: Hodder and Soughton, 1978. 1012 p.

Beijerinck W. *Calluna*: a monograf on the Scottish heather // Verhandelingen der koninklijke nederlandse akademie van de weten schappen. Amsterdam, 1940. Vol. 38. P. 1–80.

Cherepanova O.E., Petrova I.V., Mishchikhina Yu.D. Leaf morphology and anatomy in marginal populations of common heather, *Calluna vulgaris* (L.) Hull from West Siberia and Atlantic Europe // Scvorcovie. Russian Academy of Scienses. 2015. No. 2(1). P. 35–44.

Faegri K., Iversen J. Textbook of pollen analysis. 4th ed. Chichester, New York etc.: Wiley and Sons. 328 p.

Gaudio N., Belandier P., Dumas Y., Ginisty C. Growth and morphology of three understorey species (*Calluna vulgaris*, *Molinia coerulea* and *Pteridium aquilinum*) according to light availability // Forest Ecology and Management, 2011. Vol. 261. No. 3. P. 489–498.

Gimingham C.H. Biological flora of British Isles: *Calluna* Salisb. A monotypic genus // J. Ecology. 1960. Vol. 48. No. 2. P. 455–483.

Gimingham C.H. Ecology of heathland. New York: Halsted Press, 1975. 334 p.

Hutchinson G.E. Concluding remarks // Cold Spring Arbor Symposium on Quantitative Biology, 1956. Vol. 22. P. 415–427.

Kaland P.E. The origin and management of Norwegian coastal heaths as reflected by pollen analysis // Behre K.E. (ed.) Antropogenic indicators in pollen diagrams. Balkema: Rotterdam, Boston. P. 19–36.

Komarek E.V. Ancient fires // Proc. Ann. Tall. Timbers Fire Ecol. Conf. (Fla.), 1973. Vol. 12. P. 219–241.

Kron K.A., Tudd W.S., Stevens P.F., D.M. Crayn, Anderberg A.A., Gadek P.A., Quinn C.T., Luteyn T.L. Philogenetic classification of *Ericaceae*: molecular and morphological evidence // Botanical rewiev. 2002. Vol. 68. No. 3. P. 335–423.

Lang G. Quartäre Vegetationsgeschichte Europas: Methoden und Ergebnisse. Jena; Stutgard; N.Y., 1994. 462 S.

Lomolino M.V., Riddle B.R., Brown J.H. Biogeography. 3rd ed. Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates, Inc., Publishers, 2006. 846 p.

Lundegårdh H. Klima und Boden in ihrer Wirkung auf das Pflanzenleben. Jena: Gustav Fischer Verl., 1957. 584 S.

Mai D.H. Tertiäre Vegetationsgeschichte Europas. Methoden und Ergebnisse. Berlin : Gustav Fischer Verlag, 1994. 670 S.

Nilsen L.S., Johansen L., Velle L.G. Early stages of *Calluna vulgaris* regeneration after burning of coastal heath in Central Norway // Applied Vegetation Science. 2005. Vol. 8. P. 57–64.

Walter H. Vegetation der Erde in öko-physiologischer Betrachtung. Bd. 2: Die gemäßigten und arktischen Zonen. Jena: Fischer, 1968. 1005 S.

Welch D. Studies in the grazing of heather moorland in north-east Scotland. IV. Seed dispersal and plant establishment in dung // J. of Appl. Ecol. 1985. Vol. 22. P. 461–472.

Рецензент статьи: доктор биологических наук, заместитель директора Ботанического сада УрО РАН В.И. Пономарёв.

УДК 581.5; 504.7

*В.А. Усольцев^{1,2}*¹Уральский государственный лесотехнический университет,
²Ботанический сад УрО РАН, г. Екатеринбург**БИОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ДРЕВЕСНЫХ ВИДОВ ЕВРАЗИИ
С ПОЗИЦИЙ БИОГЕОГРАФИИ**

Биогеография представляет науку на стыке биологии и географии, которая изучает закономерности распространения и распределения животных, растений и микроорганизмов в географических градиентах (Dansereau, 1957; Воронов, 1963; Второв, Дроздов, 2001; Lomolino et al., 2006). «В наиболее общем виде биогеография изучает распределение биологических объектов по Земле, - пишет Елена Наймарк (2009). - Но если задуматься, то это не столько предмет, сколько задача этой науки – обрисовать и объяснить закономерности пространственного распределения биологических объектов. А предметом в этом случае должны быть сами живые объекты и их специфические свойства, относящиеся к пространству: то есть, ареал, фауна, экосистема, таксоценоз и еще некоторые другие свойства живых организмов и их группировок. В зависимости от выбора предмета биогеографии меняется методология и масштаб исследований – временной и пространственный» (с. 311). Иными словами, нет четкого определения предмета, изучаемого биогеографией.

До сих пор не сложилось также единого мнения и в отношении статуса биогеографии как науки. Например, А.И. Кафанов (2009) разделяет биологическую и географическую части биогеографии, мотивируя тем, что каждая из них имеет свой предмет, свои задачи и масштаб исследований: география занимается описанием местностей в терминах таксономии или экологии, а биология - выяснением происхождения видов того или иного района и динамики их пространственного распределения.

Марк Ломолино с соавторами (Lomolino et al., 2006) уходят от обсуждения подобных вопросов и сосредоточивают внимание на коренных отличиях биогеографии как науки от биологии и других, близких по своему статусу наук. Они полагают, что биогеография является не экспериментальной, а сравнительной и «наблюдательной» (observational) наукой, поскольку обычно изучает объекты в пространственно-временных шкалах, где экспериментировать невозможно. Другое отличие состоит в том, что биогеография имеет дело с данными, полученными многими исследователями, работавшими в разных областях и в течение продолжительного времени. И, наконец, биогеография является типичной синтетической наукой, объединяющей не только фактические данные, но и теории различных дисциплин.

В подтверждение изложенной концепции Марк Ломолино с соавторами (Lomolino et al., 2006) на обложку своей книги вынесли карту глобального распределения годичной чистой первичной продукции (ЧПП) растительного покрова, составленную по данным на 2002 год (рис. 1).

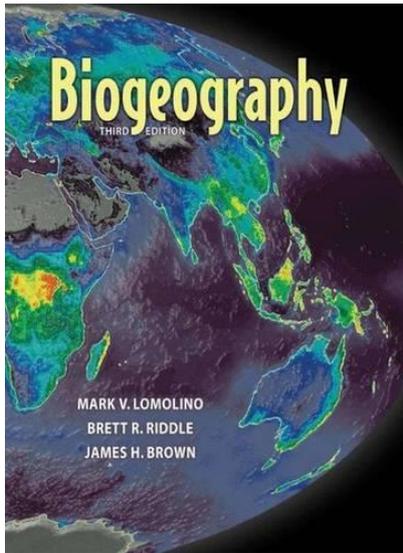


Рис. 1. Обложка книги Марка Ломолино с соавторами (2006) с нанесённой на ней картой распределения ЧПП растительного покрова планеты.

И это не случайно. М. Хастон и С. Волвертон (Huston, Wolverton, 2009) пишут: «Картина глобального распределения фитомассы и ЧПП является тем лекалом, по которому происходит эволюция жизни на Земле. Представлениями о глобальной модели биологической продуктивности сформированы многие аспекты экологической и эволюционной теории, особенно те, которые касаются биологического разнообразия, видообразования, динамики популяций, их устойчивости, реликтовых видов и их сохранения».

Необходимо отметить, что текущие попытки количественного географического анализа глобального распределения ЧПП лесного покрова сводятся к её анализу только по широтному градиенту, причем в состоянии, обезличенном по видовому составу, возрасту и морфологии (Anderson et al., 2006; Keeling, Phillips, 2007; Huston, Wolverton, 2009) (рис. 2, 3).

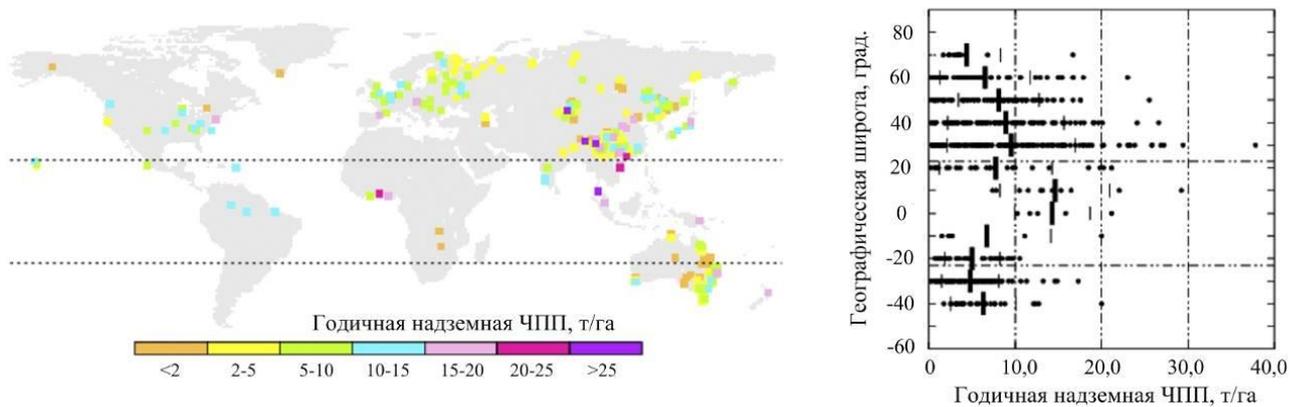


Рис. 2. Глобальное распределение годичной надземной ЧПП спелых насаждений планетарных лесов (Huston, Wolverton, 2009).

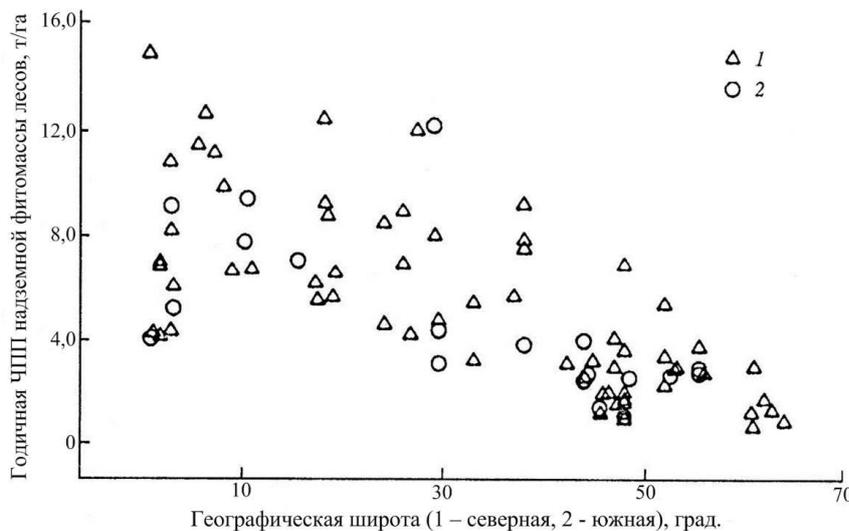
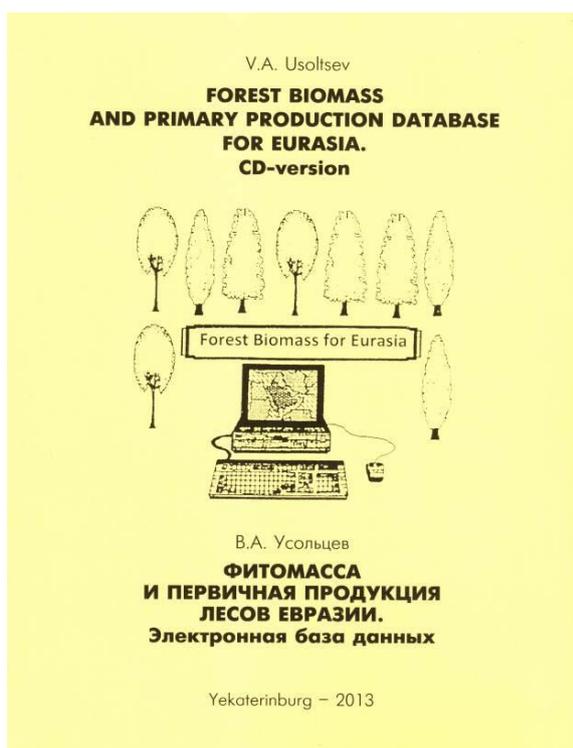


Рис. 3. Распределение годичной ЧПП надземной фитомассы лесов (т/га) от тропиков к полюсам (Anderson et al., 2006).

Однако еще столетие назад русским учёным В.Л. Комаровым (1921) было разработано учение о меридиональной зональности растительного покрова, которая дополняет широтную зональность и должна учитываться при выделении биогеографических областей. В.Л. Комаров различает на крупных континентах два типа флор: приокеанские, вытянутые полосой вдоль побережий, и континентальные, развивающиеся в отдалении от первых. Пересекаясь с известными семью широтными поясами, они дают на пространствах Старого и Нового Света 42 флористических округа, каждый со своим климатом, почвой, своим эндемизмом растений и преобладающим типом растительного покрова.



Автором в течение нескольких лет разработан методический подход, на основе которого выполнен количественный анализ распределения фитомассы, ЧПП и других показателей биологической продуктивности каждого из основных семи лесообразующих видов (родов) Евразии по двум климатически обусловленным географическим градиентам – природной (широтной) зональности и континентальности климата в направлении от тихоокеанского и атлантического побережий к полюсу континентальности в Якутии. Результаты опубликованы в монографии «Биологическая продуктивность лесообразующих пород в климатических градиентах Евразии (к менеджменту биосферных функций лесов). Екатеринбург: Уральский государственный лесотехнический университет, 2016».



Анализ выполнен не по обезличенным показателям биологической продуктивности лесов, а дифференцированно, по их фракционному составу, т.е. отдельно по стволам, ветвям, ассимиляционному аппарату, корням и нижнему ярусу, поскольку каждая фракция вносит в общую продукцию свой специфический вклад и имеет свои скорости круговорота веществ.

Это стало возможным благодаря базе данных о фитомассе и ЧПП, впервые сформированной автором в наиболее полном объеме – более 8 тыс. определений фитомассы и 2,6 тыс. определений ЧПП и фитомассы (Usoltsev, 2013). Она опубликована на английском и русском языках и имеется в свободном доступе в интернете (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/3059>).

Необходимо отметить, что попытки выявления глобальных закономерностей из-

менения ЧПП лесов от таких климатических показателей, как температура и осадки, сегодня пока безуспешны, поскольку не обнаруживают статистически значимых закономерностей (рис. 4). Причина в том, что игнорируются возраст и основные морфометрические показатели древостоев, которые варьируют в естественных условиях в широком диапазоне, перекрывающем диапазон варьирования ЧПП под влиянием собственно температуры и осадков.

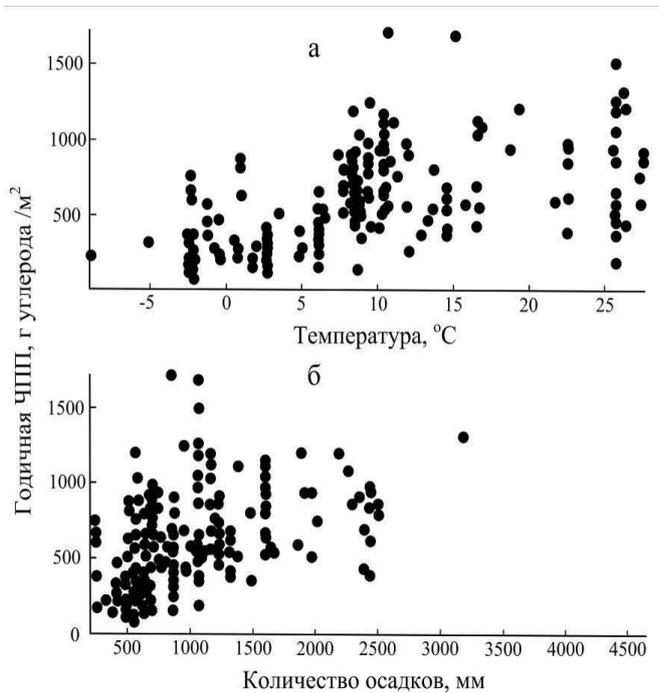


Рис. 4. Зависимость годичной ЧПП по углероду по данным 513 местобитаний 8 биомов Земного шара от среднегодовой температуры (а) и среднегодового количества осадков (б) (Luyssaert et al., 2007).

Полученные результаты (Усольцев, 2016) покажем на примере наиболее представленного в базе данных подрода *Pinus* L. (двухвойных сосен). Распределение пробных площадей с определениями ЧПП и фитомассы сосняков на карте Евразии показано на рис. 5. С целью выявления географических закономерностей в изменении ЧПП каждая пробная площадь, на которой было выполнено её определение, позиционирована по

зональным поясам (от 1-го до 5-го) на карте-схеме Евразии (рис. 6) и соотнесена с индексом континентальности на карте-схеме изоконт С.П. Хромова (рис. 7).

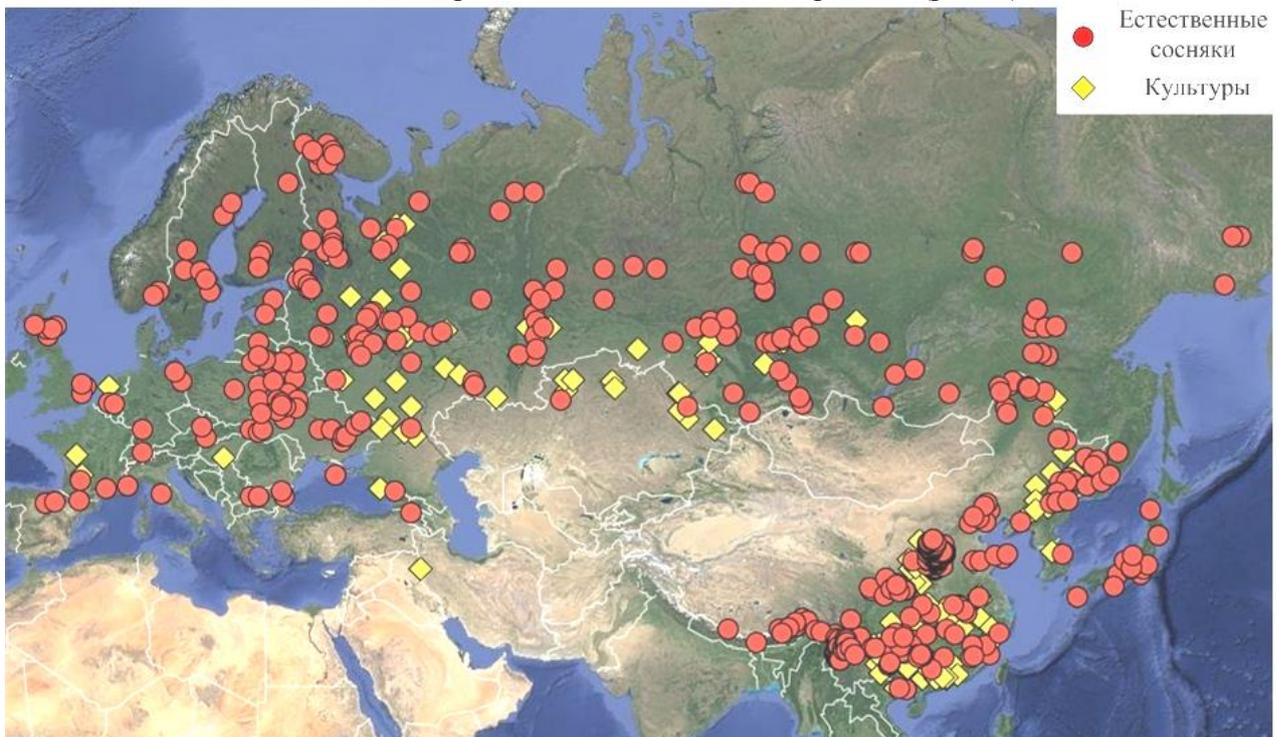


Рис. 5. Распределение пробных площадей с измерениями фитомассы (т/га) 3020 сосновых насаждений (подрод *Pinus*) на территории Евразии.

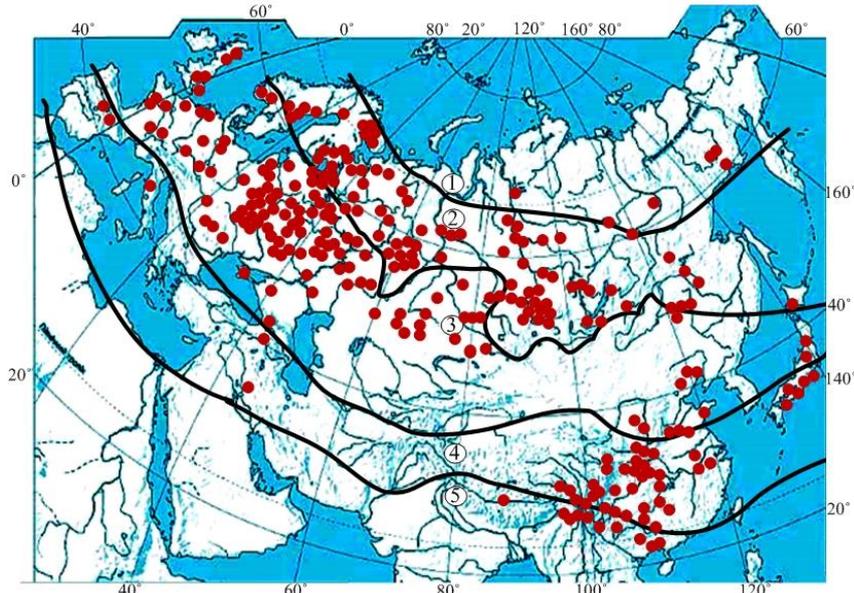


Рис. 6. Распределение пробных площадей, на которых определена фитомасса насаждений сосны (т/га), по зональным поясам: 1 – субарктический, 2 – северный умеренный, 3 – южный умеренный, 4 - субтропический, 5 – субэкваториальный (Алисов, Полтараус, 1974; Базилевич, Родин, 1967).

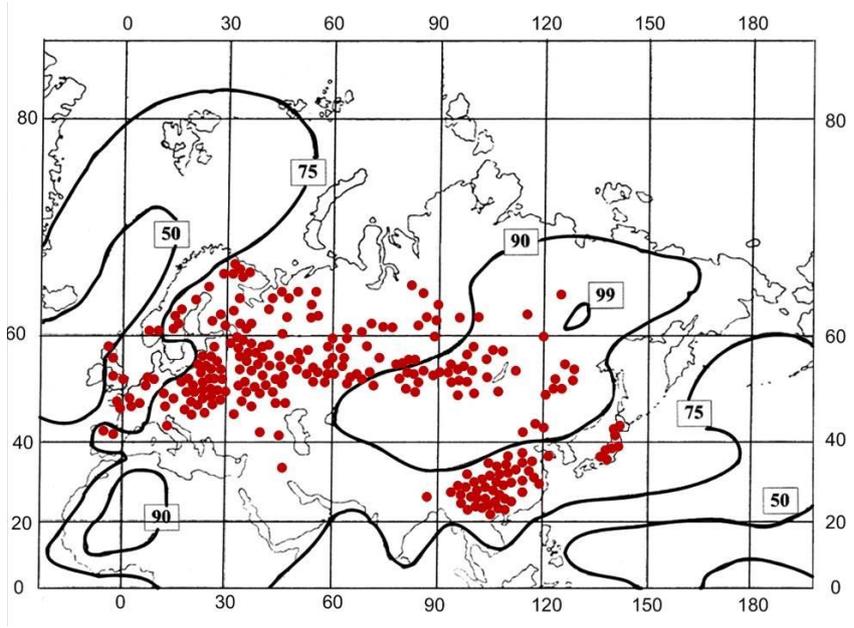


Рис. 7. Карта-схема изолиний континентальности климата Евразии (Хромов, 1957) с нанесенным положением пробных площадей, на которых выполнено определение фитомассы сосновых насаждений (т/га).

Закономерности географического распределения ЧПП сосняков получены на основе многофакторного регрессионного моделирования, при котором в

число независимых переменных включены не только номер зонального пояса и индекс континентальности, снятый с карты-схемы изоконт, но также возраст древостоев и их морфометрические показатели, связанные в рекурсивной системе уравнений:

$$N=f(A, Zon, IC) \rightarrow M=f(A, N, Zon, IC) \rightarrow P_i=f(A, N, M, Zon, IC) \rightarrow \ln Z_i = f(A, N, P_i, Zon, IC),$$

где N - число стволов, тыс. экз/га; A – возраст древостоя, лет; M – запас стволовой древесины, м³/га; P_i - фитомасса в абсолютно сухом состоянии стволов с корой, ветвей, хвои, корней, надземная, общая и нижнего яруса растительности, в который включены, живой напочвенный покров, подрост (соответственно $P_S, P_B, P_F, P_R, P_A, P_T$ и P_U), т/га; Z_i – ЧПП i -й фракции ($Z_S, Z_B, Z_F, Z_R, Z_A, Z_T$ и Z_U , соответственно: стволов, ветвей, хвои, корней, надземной, общей и нижнего яруса) сосновых насаждений, т/га в год; Zon – номер зонального пояса: 1, 2, 3, 4 и 5, соответственно субарктический, северный умеренный, южный умеренный, субтропический и субэкваториальный; IC – индекс континентальности климата по С.П. Хромову, %.

Полученные расчетом уравнения протабулированы по задаваемым значениям возраста, а также показателям зональности и континентальности, из полученных возрастных трендов взяты значения ЧПП для возраста 100 лет и нанесены на графики за-

висимости от номера зонального пояса (рис. 8) и индекса континентальности климата (рис. 9). Показатели общей ЧПП как древостоя (см. рис. 8 и 9), так и нижнего яруса (суммарный показатель напочвенного покрова, подроста и подлеска) (рис. 10) увеличиваются в направлении от северной к южной оконечности Евразии и снижаются в направлении от атлантического и тихоокеанского побережий к полюсу континентальности, а по некоторым фракциям (ветви и корни) закономерности имеют колоколообразный характер.

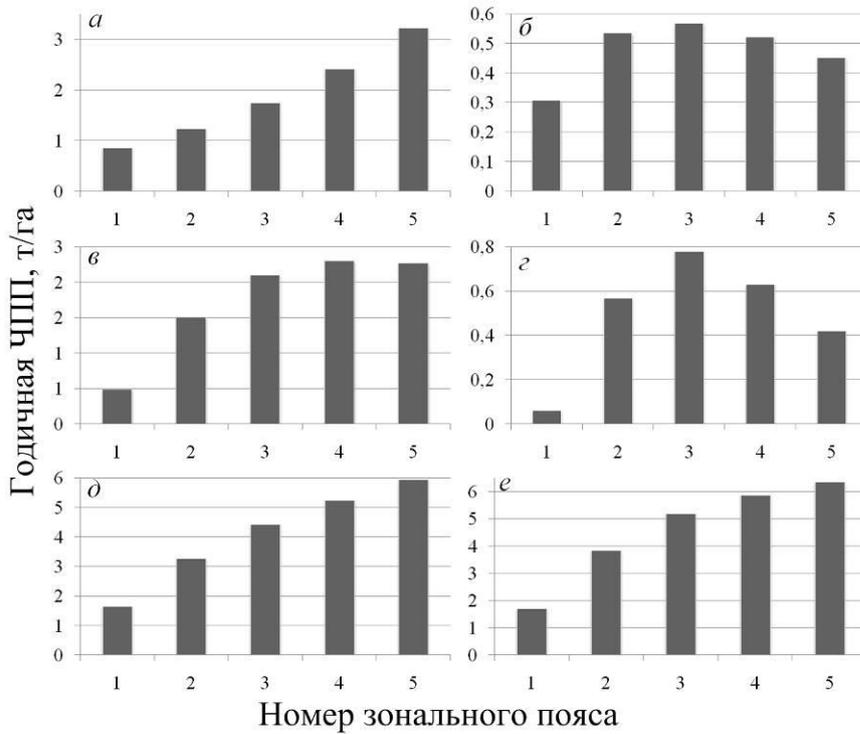


Рис. 8. Изменение расчетных показателей ЧПП двухвойных сосен, т/га: хвои (а), ветвей (б), стволов (в), корней (г), надземной (д) и общей (е) в возрасте 100 лет по климатическим поясам при индексе континентальности климата по С.П. Хромову, равном 80%.

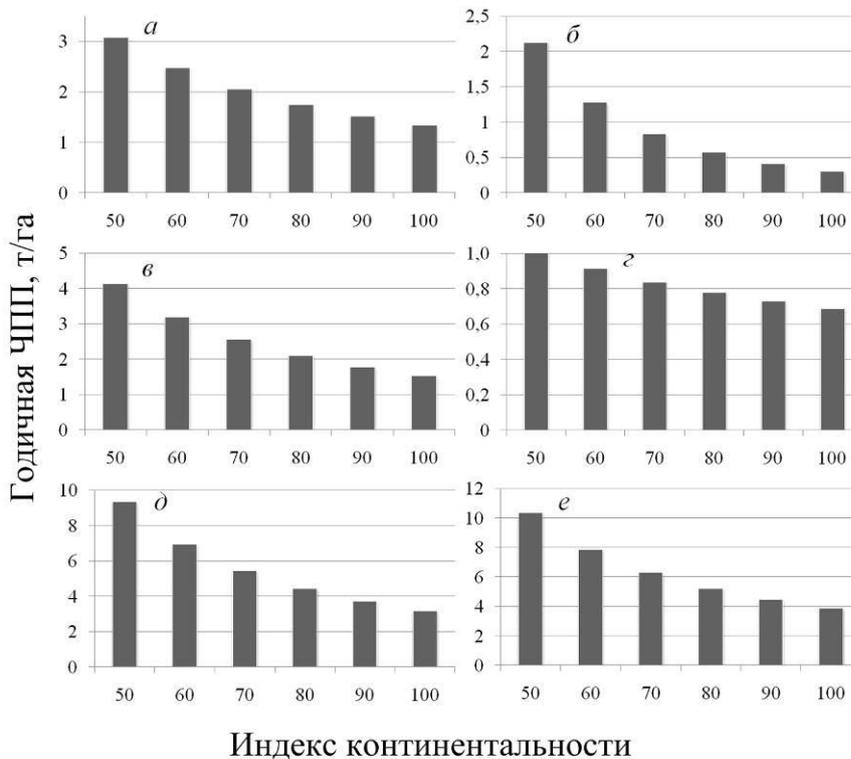


Рис. 9. Изменение расчетных показателей ЧПП двухвойных сосен, т/га: хвои (а), ветвей (б), стволов (в), корней (г), надземной (д) и общей (е) в возрасте 100 лет в связи с индексом континентальности, по С.П. Хромову, в южном умеренном климатическом поясе.

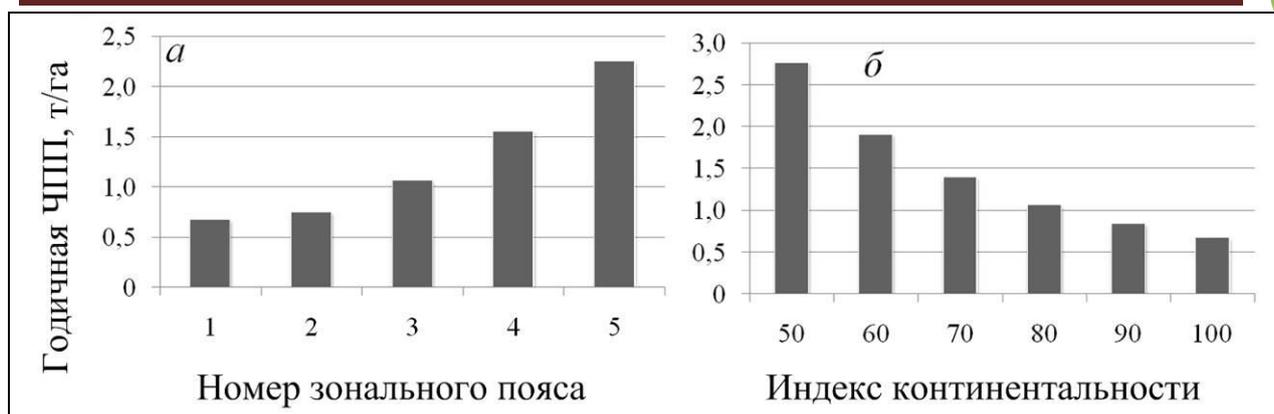


Рис. 10. Связь расчетных показателей ЧПП нижнего яруса в возрасте сосняков 100 лет с их зональной принадлежностью при индексе континентальности климата, равном 80% (а) и с индексом континентальности, по С.П. Хромову, в южном умеренном климатическом поясе (б).

Названные закономерности во многом видоспецифичны, причём, не только в количественных показателях совпадающих трендов, но и в характере самих трендов (колоколообразные, монотонные убывающие или возрастающие). При этом определённого сходства или, напротив, различия между хвойными и лиственными видами не обнаружено.

Зато такие различия проявились при анализе продуктивности ассимиляционного аппарата (ПАА) (foliage efficiency), или относительной ЧПП, т.е. величины ЧПП, приходящейся на единицу массы ассимиляционного аппарата (рис. 11). Очевидно, что в направлении от северного умеренного до субэкваториального зонального пояса ПАА у листопадных видов снижается, а у вечнозеленых ели с пихтой и сосны в том же диапазоне возрастает.

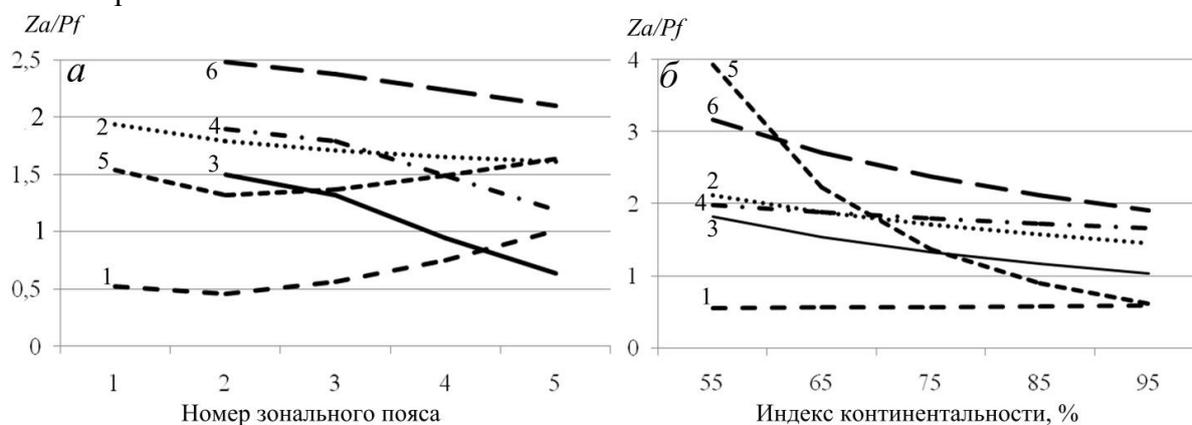


Рис. 11. Связь расчётных значений ПАА древостоев в возрасте 50 лет в березняках и осинниках и 100 лет в древостоях остальных видов с зональной принадлежностью при индексе континентальности, равном 75 (а), и с индексом континентальности в южном умеренном поясе (б). Обозначения древесных видов: 1 – ель и пихта, 2 – лиственница, 3 – берёза, 4 – дуб, 5 – сосна, 6 – осина и тополи.

У вечнозелёных сосны и ели в зональном градиенте (см. рис. 11а) при переходе от субарктического к северному умеренному поясу ПАА снижается, что, по-видимому, связано с тем, что в этом направлении происходит сдвиг деревьев сосны одного и того же возраста от виргинильной к сенильной стадии онтогенеза (Санников и др. 2012) с соответствующим снижением ПАА. Далее в южном направлении вследствие более высоких зимних температур возрастает зимнее накопление ассимилятов, сопряженное с

осенне-зимним опадом хвои, что, по-видимому, определяет тенденцию увеличения ПАА в направлении от умеренного к субэкваториальному поясу.

Показатели ПАА листопадных лиственницы, дуба, берёзы и осины, во всяком случае в умеренном поясе, выше, чем у вечнозеленых (см. рис. 11а), что соответствует известной в физиологии древесных растений повышенной физиологической активности листопадных по сравнению с вечнозелеными (Крамер, Козловский, 1983). Но в зональном градиенте ПАА листопадных в направлении от умеренного к субэкваториальному поясу не возрастает, как у вечнозелёных, а снижается, возможно, за счет всё более высоких затрат на дыхание при более коротком физиологически активном периоде по сравнению с вечнозелёными.

Изложенные закономерности получены впервые и будут уточняться по мере наполнения базы данных и совершенствования алгоритмов моделирования ПАА. Результаты исследования полезны при валидации результатов имитационных экспериментов по оценке углерододепонирующей способности лесов, в менеджменте биосферных функций лесов и могут дать представление о возможных смещениях показателей биологической продуктивности лесов в связи со сдвигами широтной и меридиональной зональности под влиянием изменения климата.

Благодарности. Автор выражает признательность д.б.н., профессору С.Н. Санникову, инициировавшему данное исследование и давшему ряд полезных советов при обсуждении полученных результатов.

Список использованной литературы

- Алисов Б.П., Полтараус Б.В.* Климатология. М.: Изд-во МГУ, 1974. 300 с.
- Базилевич Н.И., Родин Л.Е.* Картосхемы продуктивности и биологического круговорота главнейших типов растительности суши // Изв. ВГО. 1967. Т. 99. № 3. С. 190-194.
- Воронов А.Г.* Биogeография (с элементами биологии) /учебник для вузов. М.: МГУ, 1963. 342 с.
- Второв П.П., Дроздов Н.Н.* Биogeография /учебник для вузов. М.: Владос-Пресс, 2001. 302 с.
- Кафанов А.И.* Биogeография: география или биология? // Журнал общей биологии. 2009. Т. 70. № 1. С. 46-65.
- Комаров В.Л.* Меридиональная зональность организмов // Дневник I всероссийского съезда русских ботаников в Петрограде. Вып. 3. Петроград, 1921. С. 27-28.
- Крамер П.Д., Козловский Т.Т.* Физиология древесных растений / пер. с англ. М.: Лесная пром-сть, 1983. 462 с.
- Наймарк Е.Б.* О предмете биogeографии // Журнал общей биологии. 2006. Т. 67. № 4. С. 311-313.
- Санников С.Н., Санникова Н.С., Петрова И.В.* Очерки по теории лесной популяционной биологии. Екатеринбург: УрО РАН, 2012. 273 с.
- Усольцев В.А.* Биологическая продуктивность лесообразующих пород в климатических градиентах Евразии (к менеджменту биосферных функций лесов). Екатеринбург: Уральский государственный лесотехнический университет, 2016. 384 с.
- Хромов С.П.* К вопросу о континентальности климата // Известия Всесоюзного географического общества. 1957. № 3. С. 221-225.
- Anderson K.J., Allen A.P., Gillooly J.F., Brown J.H.* Temperature-dependence of biomass accumulation rates during secondary succession // Ecology Letters. 2006. No. 9. P. 673-682.

Dansereau P.M. Biogeography; an ecological perspective. N. Y.: Ronald Press Co, 1957. 394 p.

Huston M.A., Wolverton S. The global distribution of net primary production: resolving the paradox // *Ecological Monographs*. 2009. V. 79. No. 3. P. 343–377.

Keeling H.C., Phillips O.L. The global relationship between forest productivity and biomass // *Global Ecology and Biogeography*. 2007. Vol. 16. P. 618–631.

Lomolino M.V., Riddle B.R., Brown J.H. Biogeography. 3rd ed. Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates Inc., 2006. 846 p.

Luysaert S., Inglima I., Jung M. et al. CO₂ balance of boreal, temperate, and tropical forests derived from a global database // *Global Change Biology*. 2007. Vol. 13. P. 2509–2537 (doi: 10.1111/j.1365-2486.2007.01439.x).

Usoltsev V.A. Forest biomass and primary production database for Eurasia. CD-version. The second edition, enlarged and re-harmonized. Yekaterinburg: Ural State Forest Engineering University, 2013 (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/3059>).

Рецензент статьи: доктор сельскохозяйственных наук, профессор Уральского государственного лесотехнического университета В.А. Азарёнок.

ЭКОНОМИКА

УДК 630*9

*В.Ф. Багинский¹, О.В. Лапицкая²*¹Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины, г. Гомель, Беларусь;²Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого,
г. Гомель, Беларусь**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ, ЭКОНОМИКИ И
ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА В ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ РЕСПУБЛИКИ
БЕЛАРУСЬ****Введение**

Лесное хозяйство имеет своей деятельности много аспектов. Поэтому и проблемы, возникающие в отрасли, многообразны. В настоящей статье остановимся на проблемах, связанных с экономикой и организационной структурой отрасли, экологией и некоторыми видами лесохозяйственной деятельности. Каждая из перечисленных проблем тоже многогранна, поэтому будем освещать только некоторые наиболее важные вопросы, решаемые лесным хозяйством Беларуси.

В настоящее время в лесном хозяйстве на первый план выходит экономика. Материальное благополучие отрасли и ее работников определяется не только выполнением мероприятий, финансируемых из государственного бюджета, но в гораздо большей степени - от коммерческой деятельности лесхозов, связанной с заготовкой, реализацией и переработкой древесины. Поэтому рациональному использованию древесины уделяется повышенное внимание.

Любая деятельность предприятий и организаций сегодня невозможна без учёта экологического императива (Шимова, 2000). Лесное хозяйство не составляет исключения. В то же время, экологические проблемы отрасли весьма специфичны, так как именно лесное хозяйство в значительной мере обеспечивает экологическую стабильность государства. Поэтому нас в наибольшей мере интересует, в какой степени отрасль реализует свои возможности по регулированию экологической обстановки в стране. При этом особое внимание следует уделить не традиционным аспектам экологического регулирования (водоохранным, почвозащитным и т.п. функциям леса), которые достаточно подробно и давно освещаются в литературе, а вопросам оптимизации поглощения лесами диоксида углерода, реализации на свободном рынке углеродных квот, а также экологизации лесопользования (Усольцев и др., 2009; Пугачевский и др., 2010; Рожков, 2011).

Среди других проблем отрасли особое внимание привлекает лесовосстановление и лесоразведение. Здесь ведется оживленная дискуссия о путях и методах создания новых лесов. Особый интерес представляют аргументы в пользу создания насаждений

естественного или искусственного происхождения. Оба метода имеют свои положительные и отрицательные стороны. Вокруг этого вопроса разгораются жаркие споры о соотношении естественного и искусственного восстановления лесов с учетом их продуктивности, устойчивости и сохранения биологического разнообразия.

Основные аспекты перечисленных проблем, являющихся актуальными в Беларуси, рассмотрены ниже.

Материалы и методика

Материалом для настоящей работы послужили открытые ведомственные плановые и отчетные сведения за последние десятилетия и литературные источники, приведенные в списке литературы (Нормативные материалы..., 1984; Правила по отводу..., 2006; Правила рубок..., 2008; Правила проведения лесоустройства..., 2008; Государственный учёт..., 2011).

Методика проведения исследований включала использование общеизвестных лесоводственных, лесоустроительных, экономических и экологических методов с применением математического моделирования и системного анализа (Нормативные материалы..., 1984; Ермаков, 1993; Янушко, 2001; Уткин, 2003; Комплексная продуктивность..., 2007; Багинский, 2009; Усольцев и др., 2009, 2010; Лапицкая, 2005; Рожков, 2011; Багинский, 2013).

Результаты и обсуждение

Экономические проблемы лесного хозяйства многообразны. В то же время многие из них ранее детально обсуждались. Так, вопросы торговли контрафактной древесиной и несанкционированные рубки леса описаны нами ранее (Багинский, 2012). Важной проблемой, имеющей экономическое, лесоводственное и экологическое значение, является структура отрасли и ее совершенствование. За последние десятилетия структура лесного хозяйства претерпела большие изменения в России и других странах на постсоветском пространстве. Поэтому опыт Беларуси здесь представляет определенный интерес.

Леса в нашей стране являются государственной собственностью. Это позволило сохранить управляемость отрасли. В Беларуси существует четкая система управления лесным хозяйством. Она включает Министерство лесного хозяйства, в каждой области имеются Государственные производственные лесохозяйственные объединения (ГПЛХО), которым подчинены лесхозы. Если мы посмотрим на вывеску любого лесхоза в Республике Беларусь, то увидим, что лесхоз именуется «Государственное лесохозяйственное учреждение» (например, Речицкий опытный, Гомельский лесхоз и т. д.). При внимательном анализе деятельности лесхоза можно обнаружить, что он в основной своей деятельности функционирует как государственное предприятие. Поэтому необходимо разобраться в этой двойственности функций лесхоза.

На законодательном уровне деятельность лесного хозяйства регулируют законы, принимаемые Национальным собранием и утвержденные Президентом Республики Беларусь, а также Указы Президента. Распорядительные функции возложены на Правительство страны, облисполкомы и райисполкомы в пределах их полномочий.

Непосредственное ведение хозяйства в лесах Беларуси – рациональное использование, воспроизводство, охрана и защита леса, сохранение и приумножение экологических функций лесов – возложены на Министерство лесного хозяйства и его органы на местах, а также на другие министерства и ведомства, которым леса переданы в управление.

Структура отрасли «лесное хозяйство» определена «Лесным кодексом Республики Беларусь», который принят в 2000 году. Новый вариант Лесного кодекса принят в 2015 году. Структуру лесного хозяйства он принципиально не меняет.

В составе Министерства лесного хозяйства помимо ГПЛХО функционируют «Лесостроительное республиканское унитарное предприятие» (Белгослес) и ряд специализированных предприятий и учреждений: «Белгосохота», «Беллесэкспорт», «Белгипролес», «Беллесозащита», «Республиканский лесной селекционно-семеноводческий центр».

Почему в названии лесхозов присутствует слово «учреждение»? Дело в том, что определенная доля финансирования лесхозов осуществляется за счет средств республиканского бюджета. Это расходы на лесовосстановление, лесоустройство, охрану и защиту леса, природоохранные мероприятия, т.е. на те мероприятия, которые не могут быть окупаемы в кратко- и среднесрочной перспективе: рубки ухода в молодняках, мелиорация и т. д.

По нормам Гражданского кодекса РБ учреждениями признаются такие организации, которые создаются собственником для осуществления управленческих, социально-культурных или иных функций некоммерческого характера. В системе лесного хозяйства к учреждениям следует отнести, например, такие организации как ГПЛХО, «Беллесозащита», которые действительно выполняют чисто управленческие функции. Лесхоз такие функции тоже осуществляет. В то же время он ведет и хозяйственную (коммерческую) деятельность. Поэтому в 1990-е годы стоял вопрос, какой юридический статус определить лесхозам.

В период разработки и принятия лесного кодекса (1990-е годы) доля бюджетного финансирования доходила до 60-70 %, а в некоторых лесхозах и выше. Придание лесхозам статуса предприятия, хотя и повышало их права в хозяйственной и финансовой сфере, но лишало бюджетного финансирования. На это отрасль пойти не могла.

Правда, бюджетное финансирование за последние годы постепенно сокращалось и в настоящее время составляет в среднем 25-30 % (пределы - от 20 до 50 %) от общих затрат лесхоза. Вызвано это увеличением объемов работ по хозрасчетной деятельности, ростом индекса цен на древесину и услуги, оказываемые лесхозами. Но и 20-50 % финансирования из бюджета – это лесхозам существенная поддержка, обеспечивающая процесс лесовыращивания, охрану и защиту леса. Поэтому термин «учреждение» в названии лесхозов сохраняется. В то же время лесхоз функционирует и как предприятие.

Структура лесного хозяйства исторически неизменна, и менять ее нет необходимости. В то же время ряд положений по ведению хозяйства нуждаются в поправках. Совершенствование структуры действующих лесхозов (изменение количества лесничеств, мастерских участков и обходов, организация лесопунктов, создание новых лесхозов и т. п.) происходит постоянно. При этом нередко организация новых лесхозов и их структурных подразделений осуществляется на субъективной основе. Например, каждый район хотел бы иметь лесхоз на своей территории.

Беларусь всегда была лесным краем. Появление лесов на ее территории стало возможным после отступления последнего ледника, что произошло примерно 18 тыс. лет назад (Багинский, Есимчик, 1996; Чарняускі, 1998; Янушко, 2001; Лапицкая, Багинский, 2003). Через 3 тыс. лет после его отступления территория Беларуси представляла собой степную тундру. Такое сочетание растительности, когда на одной территории росли степные и тундровые растения, больше нигде не встречалось (Чарняускі, 1998). Обильная лесная растительность появилась, когда климат изменился, что произошло в мезолите, т. е. 4-10 тыс. лет назад. В то время на этой территории уже жили люди. В шестом тысячелетии до н.э. климат стал максимально теплым. Вся местность покрывалась лесами, появилась обильная фауна. Территория нынешней Беларуси к этому времени на 85 % была покрыта лесами. Остальную площадь занимали открытые болота и воды (Чарняускі, 1998; Лапицкая, Багинский, 2003).

Потребление древесины и других продуктов леса на территории нынешней Беларуси началось с появлением здесь человека. Мы не будем подробно останавливаться на особенностях лесопользования в доисторический период и в средние века. Отметим только, что понятие о лесопользовании с течением времени менялось. Так, в Киевской Руси и до XIII-XIV века основу лесопользования составляла заготовка недревесной продукции леса (нынешнее побочное пользование) и охота. Есть красочные описания этого лесопользования в исторических хрониках, которые свидетельствуют, что в этот период древесина не была дефицитным товаром, и её использование не регулировалось (Багинский, Есимчик, 1996).

Первые правовые акты регулирования общего лесо- и древесинопользования на территории нынешней Беларуси появились в конце XV века. В 1492 году Великий князь Казимир Ягайлович в своём Уставе, или Судебнике отмечает, какие наказания вводятся за порубки леса. В 1557 году Великий князь Литовский Сигизмунд Август II издал «Уставу на волоки», где регулировалось землепользование, в т. ч. и сенокосение на лесных землях.

Наиболее полный документ по ведению лесного хозяйства и организации лесопользования появился в 1567 году. Тогда тем же Сигизмундом Августом II введена в действие «Устава и инструкция господарским лесничим». В этом документе был предусмотрен порядок охраны лесов и пользования его дарами, в т.ч. и древесиной (Багинский, Есимчик, 1996; Янушко, 2001).

Отметим, что подобный документ появился в России почти на 100 лет позже: «Уложение царя Алексея Михайловича». В то же время, подобные документы действовали во Франции уже с XIV века. В этом нет ничего удивительного: регулирование начинается, когда некоторый продукт становится товаром. С древесиной такое случилось раньше там, где было больше населения и меньше леса. Не зря великий русский лесовод Г.Ф. Морозов определил лесоводство как «дитя нужды».

После присоединения территории Беларуси к Российской империи по 3 разделам Польши лесное хозяйство и лесопользование развивались в русле общероссийской лесной политики, лесных законов и общего уровня лесного хозяйства. Белорусская древесина интенсивно использовалась для строительства морского флота и новых городов на юге страны: Одесса и др. Лесопользование особенно интенсифицировалось после отмены крепостного права, т.е. в эпоху интенсивного промышленного развития. Расширению вырубок леса способствовали хорошие транспортные пути по рекам бассейнов Днепра, Западной Двины и Немана, позволявшие сбывать древесину в южные безлесные области и вывозить в порты Балтийского моря для экспорта в Западную Европу. Во второй половине XIX века к ним добавились железные дороги С.-Петербург – Одесса, Либава – Ромны, Москва – Брест и Брест – Брянск. Следствием интенсивной рубки лесов стало сокращение лесистости нашей территории, что показано нами ранее (Багинский, 2012). Огромный урон лесам нанесла Первая мировая и последовавшая за ней Гражданская война. По окончании войн потребовалось много леса для восстановления хозяйства.

Анализируя лесопользование в довоенное время, особо надо остановиться на периоде с 1924 по 1931 год. В 1924-1925 годах были приняты новые Лесные кодексы – сначала в России, а потом и в Беларуси. В этих кодексах значительная часть лесов передавалась в местное самоуправление – «леса местного значения». Лесопользование в них проводилось по упрощённой схеме. Практически это было что-то среднее между уведомительной системой и самовольными рубками, которые проводили местные власти. Результат оказался плачевным – леса массово истреблялись. Вскоре в лесах местного значения все ценные насаждения были вырублены.

Большой урон белорусские леса понесли в период с 1928 до 1941 года. Наш лес стал основным источником оплаты за машины и оборудование, ввозимые в СССР. В

этот период были вырублены знаменитые дубравы в Полесье, сосняки и ельники в Могилёвской и Витебской областях и др. На территории, составлявшей примерно 55 % от нынешней (до сентября 1939 года Западная Беларусь принадлежала Польше), в 1930-е годы заготавливали по 18-20, а в отдельные годы и до 25 млн. м³ древесины.

Массовые рубки происходили также потому, что с начала 1930-х годов была раскритикована как буржуазная и отвергнута теория постоянства лесопользования. В этой связи происходили драматические и трагические события, когда многие лесоводы, отстаивающие научный подход, подверглись репрессиям. В этом плане показательна судьба корифея лесостроительства и лесной экономики проф. М.М. Орлова (устное сообщение академика Н.П. Анучина). Чтобы придать видимость научного обоснования новым концепциям безудержного лесопользования, руководители страны предложили М.М. Орлову дать научное обоснование отказу от постоянства пользования лесом. Мотивировали крайней потребностью в древесине для целей индустриализации страны.

М.М. Орлов ответил: «В прежние времена в России случался неурожай и голод. Когда нечем было кормить скот, крестьяне снимали с крыш солому (крыши в российских деревнях в то время накрывали соломой) и кормили скот. Когда же голод угрожал семье крестьянина, он резал последнюю корову и даже лошадь и кормил детей. Никто не упрекает в этом бедного крестьянина. Но и никто не скажет, что это научно обоснованный рацион питания. Вы хозяева страны. Если у вас крайняя нужда – рубите лес. Берите на себя ответственность и рубите. Но с наукой такие рубки не имеют ничего общего».

Брать на себя ответственность власть не хотела. М.М. Орлов подвергся гонениям и вскоре умер прямо на своём рабочем месте. Нашлись «учёные», которые обосновали всё, что требовали власти, получив за это степени и ордена. К сожалению, в нашей истории подобные ситуации возникали и потом. Но повторить слова М.И. Орлова, помня его судьбу, больше никто не решался. Доброе имя этого учёного вернули лишь в 1960 годы.

Военное лихолетье принесло лесам, как и всему народу, огромный урон. Они были уничтожены (вырублены, выгорели) на огромных площадях. В военные годы восстановлением лесов практически не занимались. Достаточно сказать, что по данным за 1944 год, которые привел Ф.Б. Трибушевский (1958), лесистость Беларуси после её освобождения была самой низкой за всю историю – 18,5 %.

В несколько раз перерубалась расчётная лесосека и в годы послевоенного восстановления городов и деревень. Здесь никого нельзя упрекать за перерубы, т.к. необходимо было срочно дать людям кров и тепло. В относительно благополучные 1960-70-е годы следовало соотносить размер рубки с научно обоснованными нормами, но этого сделано не было.

Если учесть, что средний прирост лесов Беларуси в конце XIX – начале XX вв. составлял 15-20 млн. м³ (т.к. был избыток спелых древостоев), а с конца 1920-х годов и до 2000 года из-за рубки спелых насаждений и доминирования молодняков стал близок к 24-25млн. м³ в год, то очевидно, что до XX века шло накопление биомассы в лесах, а с началом XX века и до 1970-х годов велось истощительное лесопользование. Истощительное лесопользование в начале 1960-х годов привело к снижению возраста рубки на 1 класс (Багинский, 2013). Эта мера помогла сохранить объёмы лесопользования в 1960-80-х годах, но уже к 1991 году в Беларуси оставалось 2,4% спелых древостоев, в т.ч. по хвойным – 2,2 % (Нормативные материалы..., 1984; Багинский, Есимчик, 1996).

Но, как говорится, «не было бы счастья – несчастье помогло». Наступивший экономический кризис с конца 1980-х и до второй половины 1990-х годов резко снизил потребление древесины. Если до 1989 года в дополнение к 10-11 млн. м³ древесины, которые с конца 1970-х и до конца 1980-х годов ежегодно заготавливали в лесах рес-

публики по всем видам рубок, ввозили от 2 до 3 млн. м³ пиловочника и фанерного кряжа, то в 1992-1998 гг. заготовки упали до 7-8 млн. м³. Но и эту древесину было трудно реализовать, хотя экспорт круглого леса возрос в несколько раз, достигая 2-2,5 млн. м³. До 1990-х годов экспорт древесины в переводе на круглый лес (в основном вывозилась мебель и фанера) не превышал 1 млн. м³. Добавим сюда леса, исключенные из лесопользования из-за радиоактивного загрязнения после аварии на Чернобыльской АЭС. Все это способствовало накоплению спелых древостоев, которых сегодня имеется около 11 % (Государственный учёт..., 2011).

С конца 1990-х годов в Беларуси произошло восстановление и расширение объемов строительства, деревопереработки, что привело к росту потребности в древесине. При этом объем экспорта не уменьшился. Правда, значительно изменилась его структура. С 2003 года запрещен вывоз необработанной древесины – «кругляка». Исключение сделано для балансов, которые до последнего времени не имели сбыта внутри страны. Но с 2016 года для всех юридических и физических лиц, ведущих лесное хозяйство, запрещен вывоз любой необработанной древесины, в т.ч. и баланса, хотя для линейных лесхозов на 2016 год сделано временное исключение.

Лес в Беларуси всегда был и остаётся одним из немногих природных ресурсов государства. Лесистость страны в настоящее время составляет 39,3%. Покрытые лесом земли занимают свыше 8,2 млн. га, общий запас древесины равен 1,57 млрд. м³. На одного жителя приходится 0,83 га леса с запасом 156 м³ (Государственный учёт..., 2011). Приведенные цифры свидетельствуют о том, что лес (древесина) и экологические полезности лесных насаждений должны составлять значительную долю в формировании валового внутреннего продукта. В то же время, вклад лесного сектора в экономику Беларуси не превышает 3 %. Конечно, здесь сказывается наличие высокоразвитой промышленности (машиностроение, металлургия, химическая промышленность и т. д.) и агропромышленного комплекса, но все же удельный вес лесного сектора должен быть более весомым. В давние и не столь далёкие времена доля лесного сектора в составе валового внутреннего продукта была выше. Так, в 1929 году лесной сектор обеспечивал около 60% валового внутреннего продукта в БССР. Правда, в то время наша страна не имела развитой промышленности, да и абсолютная величина ВВП была небольшой.

В Беларуси издавна было сильно развито лесопиление, производство фанеры и мебели, а выпуск целлюлозы, бумаги весьма ограничен. Это приводило к повышенному спросу на пиловочник и фанерный кряж (особенно высших сортов) и низкому уровню потребления низкокачественной древесины хвойных и мягколиственных пород. В настоящее время успешно реализована программа модернизации деревообрабатывающей промышленности. Упор здесь делается на глубокую переработку древесины. Это позволяет использовать весь ресурсный потенциал лесов Беларуси.

Важно отметить, что у нас уже более 10 лет полностью используют отходы деревообработки: опилки, обрезки и др. Из них делают топливные гранулы и другую продукцию. Ранее отходы деревообработки достигали 50% от потребляемого сырья и использовались не более, чем на 20-25 %. Пока остается проблема полной утилизации лесосечных отходов. Они уже в значительной мере перерабатываются в топливную щепу. Но здесь проблема не только чисто техническая: лесосечные отходы поддерживают почвенное плодородие и обеспечивают сохранение биоразнообразия энтомофауны. Нормативы изъятия лесосечных отходов еще разрабатываются. Пока же считается допустимым изымать до 60 % лесосечных отходов.

В настоящее время в Беларуси может быть использована вся древесина. Мелко-товарные сортаменты идут на производство бумаги разного уровня (писчей и технической) и плитных материалов. Для примера скажем, что только Светлогорский ЦКК будет перерабатывать 2,2 млн. м³ балансов. Но возникла другая проблема – сбыт продукции. В определенной степени это результат мирового экономического кризиса, но эта

проблема постоянно требует особого внимания. На сегодняшний день в лесу лежит не реализованной более миллиона кубометров древесины.

В целом экономические показатели лесхозов достаточно высокие. Рентабельность по хозяйственной деятельности составляет в среднем 20 %. В лучшие годы она доходила до 40-50%. Правда, за последние 2-3 года в связи с кризисом она снизилась до 5 %, но лесоводы считают такое положение временным, и оно улучшится к 2017 году.

Работы в лесном хозяйстве проводятся с учетом экологического императива, т.е. строго соблюдаются принципы устойчивого развития. Здесь достаточно сказать, что лесхозы Беларуси сертифицированы по системе FSC и FESC, а национальная система лесной сертификации признана на международном уровне. У нас есть понимание того, что лес является не только источником древесного сырья, но выполняет и различные экологические функции, производя различные экологические полезности. Сырьевые ресурсы леса предполагают их денежную оценку и реализацию на рынках. Полезности леса включают те экологические функции лесных насаждений, которые жизненно необходимы человеку: водоохранные, почвозащитные, санитарно-гигиенические, выделение атмосферного кислорода и связывание диоксида углерода и т. д. (Комплексная продуктивность..., 2007), но до сих пор рыночной цены они не имеют.

Граница между сырьевыми ресурсами и экологическими полезностями не остаётся неизменной. По мере развития общества и возникновения новых вызовов полезности леса переходят в разряд ресурсов. Так, углерод, депонированный лесными насаждениями, постепенно становится рыночным товаром в виде углеродных квот (Рожков, 2010; Пугачевский и др., 2011). Но Беларусь пока не является участником рынка углеродных квот.

Причина здесь в том, что, хотя наша страна является стороной Приложения 1 к Рамочной конвенции ООН об изменении климата с 1 мая 2000 года, а 25 августа 2005 года ратифицировала Киотский протокол, но не реализовала все возможности для выхода на рынок углеродных квот. Так, чтобы иметь право участвовать в механизмах гибкого Киотского протокола, для его сторон должны быть назначены предельные нормы по выбросам парниковых газов. Эти количественные ограничения по сокращению выбросов зафиксированы в Приложении «В» к Киотскому протоколу. Хотя Беларусь согласилась принять количественный целевой показатель по сокращению выбросов парниковых газов до уровня 92 % от базового объёма выбросов в 1990 году в течение первого периода действия обязательств, т. е. на 2008-2012 годы, но она своевременно не зарегистрировала эти количественные обязательства по сокращению выбросов для включения в Приложение «В».

В настоящее время соответствующие государственные органы занимаются исправлением положения. Поэтому в скором времени Беларусь станет участником рынка углеродных квот. В этом случае депонированный углерод постепенно переместится из категории полезностей в разряд ресурсов. Хотя рынок углеродных квот ещё не развит в полной мере из-за торможения реализации Киотского протокола рядом промышленно развитых стран (США, ФРГ и др.), но всё же стоимость связанного углерода на добровольном рынке углеродных квот уже определилась в 8-10 долларов США за одну тонну.

Другие экологические функции леса (водоохранные, почвозащитные и т.п.) определяются и оцениваются однозначно и хорошо известны. В настоящее время принят новый Лесной кодекс Республики Беларусь. В нем две группы лесов заменены на четыре категории. В принципе, не важно название, а имеет значение содержание термина. По сути, нынешние категории – это те же группы лесов. То, что их выделено четыре, правильно. Мы уже давно предлагали увеличить количество групп лесов. Содержание каждой категории будет определено подзаконными актами.

В настоящее время общеизвестной мировой проблемой стало потепление климата. Связывают это с увеличением в атмосфере нашей планеты диоксида углерода. Поэтому связывание углекислого газа растительностью является одним из главных факторов предотвращения негативных изменений климата. Основное количество диоксида углерода поглощается лесами, и в этом состоит их главная экологическая функция, имеющая планетарное значение.

Поэтому знание о запасах и темпах депонирования углерода приобретает новое значение. Кроме общеупотребительного применения как одного из решающих факторов регулирования составляющих атмосферы и климата, этот показатель стал значимым для регламентирования хозяйственной деятельности. Так, для определения возрастов рубки в Беларуси разработаны экологические и эколого-экономические спелости леса (Лапицкая, 2005; Багинский и др., 2014). Экологические спелости основываются на высокой корреляционной зависимости (0,85-0,97) между объемом депонирования CO_2 и всеми остальными экологическими полезностями леса: водоохранными, почвозащитными, санитарно-гигиеническими. Это еще больше повышает требования к точности определения депонируемого лесами углерода.

При этом нужно знать именно количество углерода, связанного модальными древостоями. Наиболее важное значение имеет углерод, накопленный в стволовой древесине. В этом случае он консервируется на длительное время - на срок использования предметов, изготовленных из этой древесины. Другие надземные части дерева быстро разлагаются, и происходит эмиссия углерода в атмосферу. Поэтому установление количества углерода именно в стволовой древесине наиболее актуально.

Расчет количества связанного углерода проводится у нас по методике, утвержденной Минлесхозом и согласованной с Минприроды (Рожков, 2010). За основу здесь берутся запасы и приросты древесины в весовых единицах и конверсионные коэффициенты перевода запасов древесины в наличный диоксид углерода. Эти коэффициенты близки к 0,5. По подобной методике рассчитаны запасы углерода в лесах Республики Беларусь, выполненные отечественными и зарубежными учёными (Уткин, 2003; Усольцев и др., 2009, 2010). Общий запас углерода в лесах Беларуси определён в размере 498,7 млн. т. (Пугачевский и др., 2010). В переводе на 1га земель, покрытых лесом (8046 тыс. га), это составляет 62 т/га.

Согласно главному итогу Международной конференции ООН по устойчивому развитию «Рио + 20», проходившей в Бразилии в 2012 г., новые акценты в решении проблемы устойчивого развития основаны на «зеленой» идеологии и адекватной ей экономике. По результатам конференции принята декларация «Будущее, которого мы хотим». Ключевое положение документа: обеспечение длительного благополучного развития возможно лишь на основе принципов «зеленой» экономики. Ее формирование и распространение находятся в контексте решения приоритетных социально-экономических проблем, включая проблемы занятости и качества жизни людей. По определению ЮНЕП, «зеленая» экономика повышает благосостояние людей, обеспечивает социальную справедливость и существенно снижает риски для окружающей среды.

В Стратегическом плане развития лесного хозяйства Республики Беларусь до 2030 года отмечено, что развитие «зеленой» экономики усиливает институциональную позицию лесоуправления, корректирует интересы хозяйствования в лесу и содействует росту политического имиджа страны, социально- и эколого-экономической эффективности функционирования лесного хозяйства. Отсюда вытекает стратегическая цель, чтобы формировать экономику лесного хозяйства, адекватную интересам и целям «зеленой» экономики, опираясь на ее ключевые принципы и основополагающие категории: природный капитал и экосистемные услуги. «Зеленая» экономика лесного хозяйства с позиции стратегического видения определяет свою важнейшую категорию –

природный капитал и инструменты его воспроизводства. Исходя из позиции «слабой» и «сильной» устойчивости развития лесного хозяйства, определяющим экономическим инструментом воспроизводства природного капитала является безубыточная лесосека.

В том же документе говорится, что важно различать: коммерчески ориентированную безубыточную лесосеку и экологоориентированную безубыточную лесосеку. Коммерчески ориентированная безубыточная лесосека — это такой объем главного и промежуточного лесопользования, который при сложившихся ценах на лесоматериалы и лесохозяйственные работы обеспечивает самокупаемость комплексного лесного хозяйства. Экологоориентированная безубыточная лесосека — это такой объем главного пользования, который при данном уровне корневых цен и затратах на ведение лесного хозяйства обеспечивает его самокупаемость.

Принципиальным вопросом при определении экологоориентированной безубыточной лесосеки является состав затрат, связанных с ведением лесного хозяйства. Как показывает практика, из расчета должны быть исключены затраты коммерческого характера (промежуточное лесопользование в насаждениях свыше 40 лет, а также затраты, которые должны финансироваться государством: лесоустройство, защита от болезней и вредителей леса). Достижение экологоориентированной безубыточной лесосеки — стратегическая линия развития «зеленой» экономики в лесном хозяйстве, обеспечивающей ее финансовые возможности и строгую регламентацию устойчивого лесопользования.

В целом проблемы экологии, решаемые в лесном хозяйстве, обеспечивают экологическую стабильность в государстве и существенно влияют на этот показатель на всем европейском континенте.

Одной из важнейших работ в лесном хозяйстве является лесовосстановление и лесоразведение. В Беларуси широко распространено искусственное лесовосстановление, т.е. посадка лесных культур. В лесном фонде Беларуси насчитывается 2146 тыс. га лесных культур разного возраста (Государственный учёт..., 2011). Это составляет почти 27 % от всей площади лесов страны. Лесовосстановление — приоритетная работа для лесоводов. Она требует организации лесосеменного хозяйства, создания лесных питомников, посадки лесных культур и организации ухода за ними. Ежегодные объемы этих работ составляют 30-35 тыс. га.

Лесовосстановление (лесоразведение) или «создание новых лесов» — является основой устойчивого функционирования лесного хозяйства и соответственно — качественных показателей лесного фонда (это, прежде всего, продуктивность, породный состав, возрастная структура). Недоработки, упущения, ошибки, допущенные на этом этапе, трудно или даже невозможно исправить на дальнейших этапах лесовыращивания. Благодаря широким масштабам и высокой эффективности искусственного лесовосстановления и лесоразведения лесистость республики за послевоенный период увеличилась с 22,1 до 39 % (Трибушевский, 1958; Государственный учёт..., 2011).

Всего только за послевоенный период создано 2470,5 тыс. га лесных культур (90,7 % методом посадки), в том числе около 352 тыс. га (14 % от общего объема) на землях бывшего сельскохозяйственного пользования. Реконструкция малоценных насаждений лесокультурными методами выполнена на площади 157 тыс. га. За период с 2001 по 2013 гг. создано 446 тыс. га лесных культур. Среднегодовой объем создания лесных культур за анализируемый период составляет 35,5 тыс. га (Багинский, Есимчик, 1996).

Лесные питомники отрасли обеспечивают выращивание свыше 300 млн. стандартных семян и саженцев около 200 видов и форм древесно-кустарниковой растительности, что в полном объеме удовлетворяет потребность лесокультурного производства (и возрастающие его потребности до 2030 года) в посадочном материале.

Объем выращивания посадочного материала из улучшенных семян ежегодно увеличивается: в 2002 году – 20,6 млн. шт. (7,5% от общего объема), в 2005 г. – 37,7 млн. шт. (10,4%), в 2010 г. – 44,9 млн. шт. (16,2%), в 2013 г. – 53,2 млн. шт. (17,2%).

В лесном фонде Беларуси за 30-летний период (1984-2014 гг.) создано около 7200 га плантационных культур сосны и ели. В соответствии с Директивой № 3 Президента Республики Беларусь (2007 г.) создано более 1500 га плантаций быстрорастущих древесно-кустарниковых видов для топливно-энергетических целей.

Лесные культуры создаются 18 видами хвойных и лиственных древесных пород со средним долевым участием в составе культур: сосна обыкновенная – 67 %, ель европейская – 20 %, дуб черешчатый – 9 %, береза повислая – 2 %, ясень обыкновенный – 1,5 %. Площадь лесных культур интродуцированных древесных пород составляет 0,2 % от общего объема создания.

С учётом влияния всех факторов (величина расчётной лесосеки, прогноз передачи сельхозземель и т. д.) в Стратегическом плане развития лесного хозяйства Республики Беларусь до 2030 года составлен прогноз ежегодных объемов создания лесных культур. При этом учитывалось, что лесные культуры будут создавать на площадях, составляющих 52% площадей рубок главного пользования.

Вопросы техники и технологии лесовосстановления и особенно - создания лесных культур достаточно хорошо изучены. Поэтому на них подробно останавливаться нет нужды. В то же время здесь есть ряд проблем. Одной из основных является соотношение естественного и искусственного лесовосстановления. Естественное возобновление дешевле, более соответствует природе леса, обеспечивает большее биоразнообразие. В то же время, оно не всегда гарантирует восстановление древостоев главной породой. Так, во время кризисного периода конца 1980-х годов и в 1990-е годы значительно уменьшились посадки лесных культур. Результатом явилось резкое ухудшение породного состава лесного фонда за счет снижения доли хвойных пород на 12 %.

Лесные культуры обеспечивают надежное восстановление главных пород. Искусственные леса имеют более высокий темп роста в молодости, хотя и уступают несколько естественным лесам в устойчивости к вредителям и болезням. В наибольшей степени отработана технология создания лесных культур сосны и ели. Достаточно разработаны методы посадки дуба.

Проблемным остается восстановление ольхи черной. Она восстанавливается в основном порослевым путем, что приводит к выращиванию низкоствольных древостоев. Культуры ольхи черной, хотя и создаются, но в ограниченных объёмах из-за особенностей условий произрастания этой породы. Требуется дополнительные научные разработки, чтобы обеспечить экономически целесообразное возобновление ольхи черной семенным путем.

Ценной породой является лиственница европейская. Ей стали уделять больше внимания, но объёмы ее посадки недостаточные. Важно не дать погибнуть лиственнице в первое десятилетие ее роста, так как это порода крайне светолюбива и не выносит затенения.

Выводы

В Беларуси сохранилась старая система управления лесным хозяйством: Минлесхоз, в областях ГПДХО, лесхозы, лесничества, мастерские участки и обходы. Это позволило сохранить управляемость в отрасли и предотвратить многие негативные последствия: несанкционированные рубки леса, массовые лесные пожары и т.д.

Все леса в Беларуси являются государственной собственностью.

Основу экономического благополучия лесного хозяйства составляет хозрасчётная деятельность, в основном, продажа заготовленной древесины и изделий из нее.

Осуществляется комплекс мероприятий по рациональному и полному использованию древесного сырья.

Работы в лесном хозяйстве проводятся с учетом экологического императива, т.е. строго соблюдаются принципы устойчивого развития.

Леса Беларуси выполняют многочисленные экологические функции. В настоящее время главными из них считается депонирование диоксида углерода, что имеет большое значение в стабилизации климата. В лесах Беларуси общий запас депонированного углерода составляет около 500 млн. т.

В Беларуси широко распространено искусственное лесовосстановление, т.е. посадка лесных культур. В лесном фонде страны насчитывается 2146 тыс. га лесных культур разного возраста. Это составляет почти 27 % от всей площади лесов страны.

Лесовосстановление и лесоразведение проводятся с учётом современных технологий, широко используется селекционный посадочный материал. Проблемным остается семенное воспроизводство черноольховых насаждений.

Список использованной литературы

Багинский В.Ф. Некоторые проблемы адаптации лесного хозяйства Беларуси к изменению климата // *Навуковий вісник НЛТУ України*. Львів: НЛТУ. 2009. Вип.19. С. 7-14.

Багинский В.Ф. Несанкционированные рубки леса: история вопроса и современное состояние // *Лесное и охотничье хозяйство*. 2013. № 5. С. 31-37.

Багинский В.Ф. Таксация леса. Учебное пособие для ВУЗов. Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2013. 416 с.

Багинский В.Ф., Есимчик Л.Д. Лесопользование в Беларуси. Минск: Беларуская навука, 1996. 367 с.

Багинский В.Ф., Катков Н.Н., Лапицкая О.В. Проблемы и перспективы лесопользования в Республике Беларусь с учётом экологического императива // *Научные основы устойчивого управления лесами. Материалы Всероссийской научной конференции*. М.: Федеральное агентство научных организаций. 2014. С. 22-23.

Государственный учёт лесного фонда республики Беларусь по состоянию на 01 января 2011 года. Минск: Минлесхоз Республики Беларусь, 2011. 91 с.

Ермаков В.Е. Лесоустройство. Минск: Высшэйшая школа, 1993. 256 с.

Комплексная продуктивность земель лесного фонда / Багинский В.Ф., Есимчик Л.Д., Гримашевич В.В., Ермонова И.В., Лапицкая О.В. и др.) / Под ред. В.Ф. Багинского. Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2007. 295 с.

Лапицкая О.В. Принципы определения спелостей леса в условиях рыночной экономики // *Проблемы лесоведения и лесоводства: сб. науч. трудов*. Гомель: ИЛ НАН Беларуси, 2005. Вып. 64. С. 352-363.

Лапицкая О.В., Багинский В.Ф. История лесного хозяйства в Беларуси // *Лес в жизни восточных славян: от Киевской Руси до наших дней* / сб. науч. трудов. Гомель: ИЛ НАН Беларуси, 2003. Вып. 57. С. 64-70.

Нормативные материалы для таксации леса Белорусской ССР. Справочник / Под ред. В.Ф. Багинского. М.: ЦБНТИ-лесхоз, 1984. 300 с.

Правила по отводу и таксации лесосек в лесах Республики Беларусь. Минск: Минлесхоз Республики Беларусь, 2006. 66 с.

Правила проведения лесоустройства лесного фонда. Минск: Министерство лесного хозяйства Республики Беларусь, 2008. 104 с.

Правила рубок леса в Республике Беларусь. Минск: Министерство лесного хозяйства Республики Беларусь, 2008. 96 с.

Пугачевский А.В., Багинский В.Ф., Жданович С.М., Ермохин М.В., Лапицкая О.В. Депонирование и эмиссия углерода на землях лесного фонда в Республике Беларусь // Лесная таксация и лесоустройство. Международный научно-практический журнал. Красноярск: СибГТУ. 2010. № 2. С. 85-99.

Рожков Д.Н. Методические подходы расчета углеродных пулов в лесах Беларуси // Труды БГТУ. 2011. № 1. С. 62-70.

Трибушевский Ф.Б. Лесное хозяйство Белоруссии за годы Советской власти // Сборник работ по лесному хозяйству. Гомель: БелНИИЛХ, 1958. С. 7-16.

Усольцев В.А., Азаренок В.А., Барановских Е.В., Накай Н.В. Депонирование и динамика углерода в фитомассе лесов Уральского региона // Лесная таксация и лесоустройство. Международный научно-практический журнал. Красноярск: СибГТУ. 2009. № 1 (39). С. 183-190.

Усольцев В.А., Воронов М.П., Часовских В.П., Накай Н.В. Депонирование углерода в фитомассе лесов. Расчетный алгоритм и его реализация в среде СУБД ADABAS (на примере Уральского региона) // Лесная таксация и лесоустройство. Международный научно-практический журнал. Красноярск: СибГТУ. 2010. № 1(43). С. 78-92.

Уткин А.И. Международная научная конференция «Роль бореальных лесов и лесного хозяйства в глобальном бюджете углерода (8-12 мая 2001 г. Эдмонтон, Альберта, Канада)» // Лесоведение. 2001. № 2. С. 76-78.

Уткин А.И., Замолотчиков Д.Г., Пряжников А.А. Методы депонирования углерода фитомассы и нетто-продуктивности лесов (на примере Республики Беларусь) // Лесоведение. 2003. № 1. С. 48-57.

Чарняўскі М.М. Эпоха камня на Беларусі. Мінск: ВП «Экаперспектыва», 1998. С. 4-12.

Шимова О.С. Эколого-экономические приоритеты устойчивого развития // Европа – наш общий дом: Экологические аспекты / Тематические доклады международной научной конференции. Минск: НАН Беларуси, 2000. Ч. 1. С. 207-215.

Янушко А.Д. Лесное хозяйство Беларуси. Минск: БГТУ, 2001. 218 с.

Рецензент статьи: доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры зоологии, физиологии и генетики Гомельского государственного университета им. Ф. Скорины (Беларусь) А.М. Дворник.

Г.П. Бутко, Е.В. Кох, О.А. Богословская

Уральский государственный лесотехнический университет, г. Екатеринбург

ЗАВИСИМОСТИ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ДЛЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ СТРАТЕГИЙ КОНКУРЕНТНЫХ ПРЕИМУЩЕСТВ ПРЕДПРИЯТИЙ В ЛЕСНОМ СЕКТОРЕ ЭКОНОМИКИ



Изучение существенных аспектов конкуренции дает возможность формирования общей стратегии и ее составляющей - инновационной стратегии развития предприятия в лесном секторе экономики на основе конкурентных преимуществ (Бутко и др., 2016). Последнее необходимо для утверждения в лидерстве в конкурентной борьбе и показывает также, что необходимо предпринять для экономического превосходства над конкурентами и как достичь конкурентного преимущества. Однако реализация этой цели возможна только средствами информационных технологий (цифрового продукта) в среде современных Web-технологий. Создание цифрового продукта базируется на совокупности моделей, рассматриваемых в данной статье. Конкретная реализация цифрового продукта выполнена в среде ASP.NET MVC 5 Microsoft с использованием пространства имён, рассмотренных ранее (Часовских, Стаин, 2013; Часовских, 2015; Часовских, Кох, 2015 а, б; Часовских и др., 2015в, г).

Формирование стратегии развития предприятия в лесном секторе экономики на основе конкурентных преимуществ требует интегрированного учета различных финансово-экономических и социально-политических аспектов. Каждый из них определяет свой подход к формированию стратегии и рассматривается как в отдельности, так и в сравнительном анализе (Бутко, 2012).

Рассмотрим процесс формирования полезных синергетических эффектов. Синергетический эффект – это полезный эффект взаимодействия подсистем. В настоящее время многие предприятия имеют потребителей как в государственном секторе, так и в секторе коммерческом. Ориентация на синергетические эффекты между выполнением госзаказа и удовлетворением коммерческого спроса позволяет получить дополнительные конкурентные преимущества: меньшую себестоимость и лучшее качество продукции (Волков, 2006).

В реальной действительности для оценок экономического потенциала предпочтительнее доходный метод, в соответствии с которым валовой региональный доход или чистая продукция предприятия исчисляется как сумма доходов, полученных владельцами факторов производства - труда, капитала, природных ресурсов и информации. Данный метод позволяет оценить величину локальных потенциалов - трудового, инвестиционного, природного и инновационного (доход от труда, доход на вложенный капитал и ренту в региональном, отраслевом разрезах и на уровне предприятия). Применение доходного метода является более оправданным в рыночных условиях, чем применение подхода затратного.

При долгосрочном планировании развития производственного потенциала неизбежно появление рисков. Стратегические разработки всегда балансируют между инновационными достижениями и необходимостью прогнозирования на перспективу. Ниве-

лизовать подобное противоречие можно, используя в стратегических разработках условные характеристики, в том числе оборудования деревообработки, определенные исходя из анализа технологического развития и особенностей развития системы.

Дополнительно к методическому инструментарию необходимо найти финансовые ресурсы, от которых зависит реализация стратегии. В условиях дефицита средств возможным решением этой проблемы является изыскание внутренних резервов, таких как применение инструментов финансового планирования и контроля: внедрение бюджетирования, налогового планирования, использование оптимальной учетной политики.

Методическое решение проблем формирования стратегии предприятия на основе конкурентных преимуществ осуществляется вначале на основе оптимизации выбора стратегических зон хозяйствования, далее - на оптимизации производственных программ. Зависимость стратегии предприятия в лесном секторе экономики на основе конкурентных преимуществ от типа обновления рынка и характеристик товара представлена в табл.1.

Основные положения теории стратегических зон хозяйствования (СХЗ) сводятся к следующим (Волков, 2006):

1. Любой рынок или сегмент рынка количественно ограничен, и перспективы спроса на конкретный товар зависят от стадии жизненного цикла.
2. Для каждой технологии также существуют жизненные циклы ее существования. Общая перспектива спроса складывается из стадии спроса на товар и технологию.
3. Вложения в технологию обладают значительной инерционностью. Насыщение рынка определенным товаром заставляет искать другие рынки (сегменты), обслуживаемые этой же технологией.

Выделение и описание стратегических зон хозяйствования происходит следующим образом. При выборе стратегической зоны хозяйствования нужно знать

- на какой стадии спроса находится данный товар согласно теории жизненного цикла, каковы перспективы спроса на него;
- какая технология может быть использована при его изготовлении, каковы перспективы спроса технологии;
- на какой тип потребителя и географический район нацелен данный товар.

На выделенные направления действуют следующие группы факторов: перспектива спроса зависит от ёмкости рынка (потенциальные покупатели) и законодательных инициатив (например, таможенные пошлины, субсидии конкретным производителям и др.). На рентабельность продукции и предприятия в целом влияет цена реализуемой продукции, которая, в свою очередь, зависит от спроса и конкурентов или государства (в случае монополии).

При формировании стратегических зон хозяйствования следует учитывать временные перспективы, так как долгосрочные и краткосрочные результаты деятельности могут отличаться.

Результаты анализа и оценки стратегических зон хозяйствования нагляднее представить в табличной или матричной формах. Для оценки СХЗ среднего предприятия выделяется примерно 30 единиц. После чего их необходимо ранжировать и уменьшить количество до 5-10 наиболее перспективных зон хозяйствования.

На следующем этапе необходимо оценить конкурентное положение предприятия в лесном секторе экономики в каждой стратегической зоне и сравнить его с основными конкурентами. Определить конкурентный статус предприятия лесного сектора экономики можно с помощью выставления экспертных оценок по выделенным ключевым факторам (Часовских и др., 2015), с последующей математической обработкой, опреде-

лением средних значений, а по некоторым показателям для большей точности и удельных весов и в дальнейшем представлением в табличной или матричной форме.

Таблица 1

Зависимость стратегии конкуренции от типа обновления рынка и товара

Рынок				Предприятие	
Разновидность	Товар	Характеристика рынка	Цель деятельности	Выбор стратегии	Инструмент управления деятельностью предприятия
Старый	Старый	Насыщенный, слабо развивающийся	Расширение рынка	Проникновение на рынок	Снижение цен, интенсификация товародвижения, развитие дистрибьюторской сети, активизация продвижения товара к потребностям, реклама
Старый	Новый	Насыщенный	Создание нового или модифицированного товара в расчете на прежних покупателей и увеличение емкости рынка	Разработка товара	Улучшение качества товара, активизация продвижения товара от производителя к потребителям
Новый	Старый	Развивающийся слабо насыщенный	Сохранение или увеличение сбыта товара	Развитие рынка	Поиск новых секторов рынка и новых методов товародвижения, поиск и использование активных форм продвижения товара на рынок

Анализ позиций конкурентов представляется более сложным процессом в связи с тем, что информация об экономических показателях конкурентов, как правило, малодоступна, но алгоритм проведения оценки аналогичен.

Проведение сравнительного анализа конкурентоспособности дает возможность определить наиболее подходящие стратегические зоны хозяйствования, и наметить бизнес-стратегии. С учетом выделенных конкурентных факторов успеха разрабатываются оперативные и перспективные стратегии.

В условиях рынка основными показателями стратегии могут быть нормативы конкурентоспособности - ключевые направления для проведения исследований по повышению конкурентоспособности. Нормативы конкурентоспособности базируются на следующих показателях:

- качество продукции;
- ресурсоемкость продукции;
- сегментация товаров по рынкам;
- стабильность организации;
- уровень технического оснащения производства.

Полученные результаты используются при построении моделей цифрового продукта.

Кроме того, составление рейтинга предприятий лесного сектора экономики по уровню конкурентоспособности позволит сформировать реестры и карты конкурентоспособности на региональном уровне для привлечения потенциальных инвесторов.

По нашему мнению, инновационно-инвестиционная система управления, как составляющая маркетинговой системы управления конкурентоспособностью, охватывает научно-техническое развитие предприятия лесного сектора экономики. Поэтому в процессе работы исследована система управления научно-техническим развитием предприятия лесного сектора экономики.

Инновационно-инвестиционная система управления предприятием лесного сектора экономики обладает всеми признаками экономической системы, а именно:

- совокупность инноваций и инвестиций (для промышленных предприятий, в первую очередь, прямых инвестиций), находящихся в отношениях и связях друг с другом и с внешней средой и образующих определенную целостность, единство;
- зависимость инноваций и инвестиций от их места, функций внутри целого, то есть целостность;
- инновации и инвестиции можно описать отдельно через сеть связей и отношений, то есть структурность.

С нашей точки зрения, сравнительные конкурентные преимущества определяют конкурентоспособность организации относительно других лесопромышленных предприятий, присутствующих на конкретном рынке, что является свойством нашей модели для цифрового продукта.

Возможны следующие пути повышения конкурентоспособности предприятия лесного сектора экономики.

Во-первых, предприятию лесного сектора экономики необходимо рассмотреть возможность завоевания большей доли на том же самом рынке для тех же самых товаров (проникновение на рынок). После этого рассмотреть возможности новых рынков для тех же самых товаров (развитие рынка). Затем необходимо рассмотреть возможности предложения тому же самому рынку новых, потенциальных, интересных для него товаров (разработка товара). И, наконец, изучить возможности предложить новые товары новым рынкам (диверсификация). Рассмотрим более подробно стратегии поведения на рынках, как свойства моделей цифрового продукта:

Стратегия проникновения на рынок. Реализуется на растущих и не насыщенных рынках. Для предприятия лесного сектора экономики характерно расширение сбыта существующего ассортимента товаров на имеющихся рынках. При этом задействованы такие средства, как интенсификация товародвижения, наступательное продвижение, установление оптимальных цен.

Стратегия развития рынка. Предприятие лесного сектора экономики ищет пути расширения рынка; использует меняющуюся демографическую ситуацию, открывает новые сегменты и географию рынка; предлагает новые области применения для продукции; наращивает усилия по продвижению и сбыту продукции.

Стратегия разработки товара эффективна при наличии у предприятия лесного сектора экономики пользующихся спросом продуктов и торговых марок. В такой ситуации возможна разработка новых или модификация имеющихся товаров с улучшенными качествами. Важным является лояльность покупателей к продукции данной компании. При этом каналы сбыта остаются традиционными.

Стратегия диверсификации применима с целью исключения зависимости компании от выпуска одного типа товаров. Реализуется через организацию производства новых товаров, расширение ассортимента и выход на новые рынки.

Для предприятий лесного сектора экономики эффективной может быть любая из предложенных стратегий, в зависимости от конкретной ситуации.

При формировании стратегии предприятия лесного сектора экономики на основе конкурентных преимуществ за основу принимаем достигнутый уровень конкурентоспособности предприятия. Это понятие относительное, так как в его основе лежит сравнение ряда предприятий и признаков. Поэтому правильнее говорить о степени кон-

курентоспособности, которая зависит от объекта сравнения и изменяется с изменением объекта. Так, деревообрабатывающие предприятия могут быть конкурентоспособными на региональном уровне и не быть таковыми на внешнем рынке. Кроме того, необходимо акцентировать внимание на многовариантности инновационной стратегии.

Стремление предприятий лесного сектора экономики к увеличению доли рынка объясняется тем, что большей доле рынка обычно соответствует и более высокая прибыль. Главной целью ценообразования является определение оптимального сочетания величины прибыли и доли рынка, которое обеспечит увеличение прибыльности компании в долгосрочном периоде. Высокая прибыль может быть достигнута при создании оптимального сочетания возможностей продавца с потребностями покупателей.

Рассмотрим способы увеличения доли рынка.

1. Снижение цен - является самым быстрым и эффективным способом увеличения объема продаж. Цену товара следует снижать, если данный товар обладает меньшей ценностью, чем у конкурентов. Если конкуренты также в состоянии снизить цены на свою продукцию, то долгосрочные затраты, связанные со снижением цен, могут превысить кратковременные выгоды.

2. Товарное дифференцирование (сегментация), реклама и совершенствование системы дистрибьюции. Этот способ более длительный и затратный. Он способствует увеличению объема продаж в будущем и получению более устойчивой прибыли.

3. Реклама (использование интенсивных маркетинговых коммуникаций для создания предпочтений относительно торговой марки).

4. Совершенствование системы (насыщение каналов) дистрибьюции.

Формирование конкурентных преимуществ предприятия лесного сектора экономики с помощью разработки ценовой стратегии предполагает координацию взаимосвязанных маркетинговых, конкурентных и финансовых решений, единой целью которых становится максимальное использование возможностей установления прибыльных цен.

В итоге предприятие лесного сектора экономики должно установить такую цену на товар, которую готовы заплатить потребители. Готовность потребителей заплатить определенную сумму за конкретный товар должна рассматриваться при этом не как фактор, ограничивающий свободу ценообразования, а как управляемая переменная величина и в моделях цифрового продукта. Стратегия ценообразования должна быть направлена на создание экономической ценности своего товара.

Управление готовностью потенциальных покупателей заплатить за товар оптимальную для предприятия лесного сектора экономики цену должно строиться на основе взаимоувязанных ценовой, товарной, распределительной и коммуникативной стратегий.

Разные сегменты рынка по-разному воспринимают стоимость товара, поэтому целесообразно дифференцировать предложения для разных групп потребителей. В моделях цифрового продукта будем использовать следующие направления дифференциации:

- поставлять дифференцированные товары для потребителей, готовых заплатить наибольшую цену, то есть предлагать этой группе широкий ассортимент дорогих товаров и сопутствующих услуг;

- предлагать товары с разными качественными преимуществами, отражающимися на цене товара, относительно большему числу сегментов покупателей (например, различные модели автомобилей);

- использовать особые каналы распределения товара (фирменные магазины, супермаркеты, специализированные магазины с набором взаимосвязанных товаров и др.);

- обеспечивать доступность товара по низким ценам в определенных местах (например, на выставках, ярмарках);
- предлагать товар по низкой цене в строго оговоренное время, что снижает вероятность приобретения товара в данный момент у конкурентов или ценными для компании покупателями.

Таким образом, информационные послания о цене товара каждому сегменту потребителей должны быть строго структурированы.

Следует отметить, что такую стратегию ценообразования может позволить себе только эффективное предприятие лесного сектора экономики с диверсифицированными рынками и надежными источниками финансирования. Ведь ему необходимо будет «выдержать» низкие цены дольше своих конкурентов. Самое главное - это позаботиться о должном количестве товаров, способном удовлетворить спрос на рынке, что образует параметры нашей модели цифрового продукта.

Не устоявший в ценовой борьбе конкурент будет вынужден объявить о своем банкротстве и продать свое предприятие. Победившей компании следует завладеть его производственными мощностями и использовать их в своем бизнесе, либо вывести из строя. Иначе, после возвращения цен на прежний уровень, конкурент может попытаться снова вернуться на данный рынок. Чтобы лишить конкурентов возможности возобновлять производство при повышении уровня цен в будущем, нужно продать оборудование, сдать в долгосрочную аренду площади, уволить рабочих и специалистов, полностью перепрофилировать производство и т.п.

Для защиты от подобных действий конкурентов следует:

- максимально снизить издержки на период резкого снижения цен путем сокращения производства данного товара;
- заключить с основными клиентами долгосрочные контракты;
- временно переключиться на производство других товаров, например, с производства офисной мебели временно перейти на изготовление мебели для дома;
- соблюдать стратегию ценообразования в условиях монопольного рынка.

В этом случае основная стратегия предприятия лесного сектора экономики - лидера для борьбы с потенциальными конкурентами в своем сегменте - предельное ценообразование.

Применение методов стратегического ценообразования создаст компании преимущества перед конкурентами и принесет максимальную прибыль.

Методы ценообразования по ориентиру установления цен:

- затратное ценообразование по формуле «издержки плюс прибыль»;
- ценообразование на основе ценности товара в глазах покупателя;
- ценообразование, ориентированное на потребителя;
- ценообразование, ориентированное на конкурентов;
- ценообразование, ориентированное на рыночную ситуацию.

Самым распространенным является затратное ценообразование по формуле «издержки плюс прибыль». Издержки производства товара, как известно, складываются из переменных издержек, величина которых изменяется прямо пропорционально объему производства товара, и постоянных издержек.

Установление цены без учета ее влияния на объем выпуска, а объема выпуска - на полные издержки производства, приводит к снижению прибыльности предприятия лесного сектора экономики - производителя.

Мы определили основные параметры и ограничения моделей цифрового продукта, что является достаточным для исследований и разработки в среде ASP.NET MVC 5 Microsoft с использованием пространства имён, рассмотренных ранее (Часовских, Стаин, 2013; Часовских, 2015; Часовских, Кох, 2015 а, б; Часовских и др., 2015в, г).

Конкретное решение будет рассмотрено в следующей публикации.

Список использованной литературы

Бутко Г.П. Конкуренция: теория, методология, практика. Екатеринбург: ООО «УИПЦ», 2012. 342 с.

Бутко Г.П., Поротников П.А., Кох Е.В., Богословская О.А., Корсунов П.П. / под ред. профессора Часовских В.П. Управление конкурентоспособностью предприятий лесопромышленного комплекса на основе системы маркетинговых средств. Екатеринбург: Уральский государственный лесотехнический университет, 2016. 178 с.

Волков Л. Обескуражить конкурентов // Деловой квартал. 2006. № 7. С. 52 - 60.

Ершова И.В. Конкурентные стратегии технологически ориентированных предприятий. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 1999. 151 с.

Часовских В.П. Сайт преподавателя вуза – реальное приложение // Эко-потенциал. 2015. № 1 (9). С. 61-78 (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/4050>).

Часовских В.П., Кох Е.В. Сайт преподавателя вуза – база данных и первая страница // Эко-потенциал. 2015а. № 1 (9). С. 79-90 (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/4048>).

Часовских В.П., Кох Е.В. Сайт преподавателя вуза – проект MVC в Visual Studio 2013 // Эко-потенциал. 2015б. № 1 (9). С. 91-94 (<http://elar.usfeu.ru/bitstream/123456789/4049/1/Chasovskikh2.pdf>).

Часовских В.П., Кох Е.В., Стаин Д.А. Исследования системных связей, закономерностей функционирования образовательной системы вуза и повышение эффективности управления её за счет создания портфолио студента современными средствами Web-технологий // Эко-потенциал. 2015в. № 2(10). С. 106-108 (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/4292>).

Часовских В.П., Мехренцев А.В., Кох Е.В., Стаин Д.А. Сайт выпускающей кафедры университета – современный подход // Эко-Потенциал. 2015г. № 3. С. 50-55 (<http://elar.usfeu.ru/bitstream/123456789/4814/1/Chasovskikh.pdf>).

Часовских В.П., Стаин Д.А. Структура, содержание и среда разработки веб-сайта вуза // Эко-потенциал. 2013. № 3-4. С. 160-172 (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/2739>).

Часовских В.П., Стаин Д.А., Кох Е.В. Исследование системных связей и закономерностей рейтингового мониторинга как средства повышения качества вузовского образования. Екатеринбург: Уральский государственный лесотехнический ун-т, 2015. 155 с. ISBN 978-5-94984-518-9.

Рецензент статьи: кандидат экономических наук, доцент кафедры менеджмента и управления качеством ИЭУ УГЛТУ Л.Ю. Помыткина.

УДК 338.24.021.8

И.Н. Афанасьева, И.А. Иматова, М.В. Кузьмина, Э.Ф. Валиев

Уральский государственный лесотехнический университет, г. Екатеринбург

**КОНЦЕССИЯ ОБЪЕКТОВ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО
ХОЗЯЙСТВА: ОЖИДАНИЯ И РИСКИ**

Направленность и темпы дальнейших преобразований в Российской Федерации, политическая стабильность в обществе в определяющей степени зависят от достижения стратегической цели государства – повышения уровня и качества жизни населения. Важнейшим направлением социально-экономических преобразований является реформирование и развитие жилищной сферы, создающей необходимые условия для жизнедеятельности человека. Обеспечивает содержание жилищного фонда и доведение жилищно-коммунальных услуг до непосредственных потребителей жилищно-коммунальное хозяйство, являющееся той отраслью экономики, которая не только непосредственно влияет на условия жизнедеятельности населения, но и сдерживает процесс реформирования экономики страны в целом. Кризисное состояние данной отрасли исторически обусловлено рядом обстоятельств: неэффективной системой управления; неоправданным ее отнесением к проблемам местного значения, высокими затратами, связанными с использованием устаревших технологий и неразвитостью конкурентной среды (Шварева, 2008).

Состояние дел в жилищно-коммунальном хозяйстве практически всех муниципальных образований Свердловской области постоянно подвергается критике со стороны населения (основных пользователей услуг ЖКХ) и средств массовой информации. В каждой публикации недостаточный уровень качества и несвоевременность оказываемых услуг жилищно-коммунальными службами авторы объясняют существенным износом имеющихся в городских и сельских поселениях сетей водоводов, теплоснабжения и канализации.

Так, по данным Министерства энергетики и жилищно-коммунального хозяйства Свердловской области замены требуют 2496 км тепловых сетей, 5371 км - водопроводных сетей, 3314 км – канализационных сетей, что составляет соответственно: 33,5%; 47,2% и 49,4% от их общей протяженности. В связи с изношенностью оборудования область теряет до 20% энергоресурсов в тепловых сетях, 40% – в водоснабжении.

Для устранения «прорех» в коммунальном хозяйстве, повсеместно приводящих к разрывам труб, другим поломкам, а соответственно к прекращению подачи воды и тепловой энергии в жилые дома и социальные объекты, муниципальные предприятия не имеют достаточных средств. Возможности местных бюджетов для инвестирования в ЖКХ также крайне ограничены. Замена ветхих коммунальных сетей осуществляется крайне низкими темпами, ежегодно по 2-5% от необходимой потребности.

Стремление большинства материально состоятельных граждан перебраться из квартир массовой застройки в загородные коттеджи обусловлено не только желанием

«вырваться из человеческого муравейника», но и намерением избежать навязанных МУП ЖКХ некачественных, но недешевых услуг.

Коттедж - это собственная автономная система жизнеобеспечения, стабильность функционирования которой является заботой самого хозяина и обходится намного дешевле, чем оплата услуг ЖКХ за городскую квартиру.

Но так как большинство населения в силу ряда причин, в том числе и финансовых, остаются жить в своих городских квартирах, то проблему повышения качества коммунальных услуг надо решать, а решить предложено за счет государственно-частного партнерства (ГЧП). Инициатива Правительства РФ заключается в создании эффективной системы концессионных договоров в жилищно-коммунальном хозяйстве, благодаря которой удастся привлечь частные инвестиции для обновления (модернизации, реконструкции) существующих коммунальных объектов и строительства новых (Федеральный закон..., 2005).

Привлечение инвестиций в жилищно-коммунальное хозяйство, обеспечение эффективного использования имущества, находящегося в государственной или муниципальной собственности и повышение качества товаров, работ, услуг, предоставляемых потребителям на условиях концессионных соглашений, на сегодняшний день являются наиболее проработанной формой ГЧП в плане нормативной и методической документации (Горбань, 2011).

На сегодняшний день в РФ заключено уже около 700 концессионных соглашений в сфере ЖКХ (за 2015 год – 271), в рамках которых в отрасль планируется привлечь почти 130 миллиардов рублей. При этом потребность в коммунальных инвестициях куда больше названной суммы. Только регионам Уральского федерального округа на модернизацию коммунального хозяйства необходимы сотни миллиардов. Например, в Тюменской области инвестпотребность ЖКХ оценивается в 30, в Курганской - в 15, а в Свердловской - в 270 млрд. руб.

Устойчивый интерес к концессии как эффективной форме хозяйствования проявляют многие специалисты. В своих публикациях они освещают в историческом аспекте трансформацию понятия концессии за вековой период, дают современную трактовку сущности концессионных соглашений и их разновидности, подчеркивают функции государства и частных партнеров по бизнесу (Дворцов, 2005; Нагаев, 2011; Марчук, 2013).

Исторически государство с помощью концессий привлекало частный капитал (чаще всего иностранный) для освоения природных ресурсов в труднодоступных территориях или возобновления деятельности, как правило, добывающих предприятий, работа которых была приостановлена из-за военных действий, экологических или стихийных бедствий (Макарова, 2005). По концессионному соглашению, концессионер за счет собственных инвестиций создавал (восстанавливал) всю производственную инфраструктуру (транспортные пути, объекты связи, системы водо- и теплоснабжения, ремонтное хозяйство) и социальные объекты (жилые дома, объекты торговли, бытовых услуг и общественного питания, школы, детские сады и т.д.). Как правило, для восстановления инфраструктуры использовались типовые проекты. Организовав производство, концессионер по особым правилам, установленным в договоре концессии, не только возвращал вложенные средства, но и приумножал свой капитал.

Концессия в системе ЖКХ также предполагает погашение всех затрат концессионера за обусловленный период оказания коммунальных услуг населению территории. При возможных убытках из-за изменения условий соглашения концессионеру гарантируют возмещение недополученных доходов за счет бюджета. По мнению Министра РФ, концессионные соглашения будут основным инструментом преобразования ЖКХ. Гарантией успеха в деле привлечения инвестиций в отрасль является достижение баланса интересов частного инвестора и государства. При концессии предусмотрена передача

прав владения и пользования государственным имуществом частному инвестору на конкретный срок, в течение которого концессионер должен осуществить реконструкцию переданного имущества или строительство нового коммунального объекта и получить доход, который обеспечит возврат и прирост капитала.

Замысел инновационного проекта в сфере ЖКХ по ряду соображений привлекателен. Такие виды деятельности, ориентированные на первоочередные запросы населения, как торговля, аптечное обслуживание, ритуальные услуги, в целом успешно функционируют. Приток в указанные сферы частных инвестиций привел к жесткой конкуренции. Повседневная потребность населения в питьевой и горячей воде, тепловой и электрической энергии, водоотведении, уборке придомовой территории, вывозе бытовых отходов формирует постоянный спрос на соответствующие коммунальные услуги.

Однако, в подавляющем большинстве поселений, частник не может начинать собственное дело «с нуля», над ним довлеет «наследие прошлого», особенно последней четверти прошлого века. Дело в том, что созданные десятилетия назад объекты ЖКХ существенно изношены. Поскольку в большинстве случаев линии водоводов, канализации, теплотрассы «замурованы» в земле, сложно без значительных затрат оценить их техническое состояние, объемы и сметную стоимость работ по их реконструкции и модернизации. По оценкам различных экспертов, для того, чтобы привести все объекты отрасли к нормальному состоянию необходимо тратить порядка 500 млрд. рублей ежегодно на протяжении минимум 5 лет.

Потенциальный инвестор при оценке риска в первую очередь учитывает сложившуюся практику установления тарифов на услуги ЖКХ. Из-за низкой покупательской способности населения, особенно в сельской местности, государство для сохранения социальной стабильности, ограничивает рост тарифов. Инвестор предвидит, что он будет лишен маневра при ценообразовании на предоставляемые услуги. Даже повышение тарифов в пределах, установленных Региональной энергетической комиссией, вызовет сразу массовые протесты жителей микрорайонов.

В отличие от торговли, где индивидуальный покупатель при несогласии с ценой на товар обращается к конкуренту, чаще всего покупатель услуг ЖКХ лишен такого выбора. Важно понимать, что и предприятие ЖКХ часто находится в безальтернативной ситуации, в отличие от других видов услуг, предоставляемых населению, услуги ЖКХ носят массовый характер – одна для всех цена и уровень качества товара. Разбросанные по территории всего муниципального образования котельные и теплотрассы могут оказаться непривлекательными для инвестора. Дело в том, что в этом случае будет затруднена централизация инвестиций концессионера, процесс модернизации затянется во времени, а управление имуществом усложнится. Это обстоятельство также влияет на решение предпринимателя развернуть собственный бизнес в более доходном и менее рисковом бизнесе.

В то же время, численность населения отдельных поселений в муниципальных образованиях области невелика, соответственно сборы платежей за оказанные услуги будут незначительными. Так как набор оказываемых услуг по водо- и теплоснабжению носит социальный характер, нагрузка на местный бюджет при концессии неотвратима. Тем не менее, Минстрой РФ, ответственный за реформирование в сфере ЖКХ, считает создание и развитие системы концессионных соглашений самой разумной на сегодняшний день мерой, приводящей:

- к привлечению частного капитала в коммунальную сферу;
- к «оздоровлению» всех неэффективных объектов и повышению качества коммунальных услуг;
- к стабильности и своевременности оказания коммунальных услуг;
- к сохранению имущества жилищно-коммунального хозяйства в собственности государства.

Правительство РФ разработало регламентирующие документы для каждого этапа передачи имущества ЖКХ концессионеру, начиная с порядка проведения конкурса по отбору победителя и заканчивая методикой определения размера возмещения затрат, если по окончании периода действия концессионного соглашения у предпринимателя будут убытки от хозяйственной деятельности, в том числе и инвестиционные.

Важным обстоятельством являются законодательно закрепленные меры организационной, экономической и финансовой государственной поддержки при модернизации и строительстве объектов ЖКХ концессионерами:

- разработана типовая финансовая модель проекта ГЧП;
- установлены правила определения плановых показателей надежности и качества коммунальных услуг;
- утверждена типовая конкурсная документация;
- подготовлена документация, включающая регистрацию прав на имущество и схемы теплоснабжения, водоснабжения и водоотведения неэффективных объектов во всех муниципальных образованиях;
- закреплена необходимость долгосрочного тарифного регулирования и выплаты компенсаций при пересмотре цен за услуги;
- гарантировано субсидирование процентов по кредитам, софинансирование части проектов в системе ЖКХ малых городов и предоставление льготных кредитов в рамках программы стратегических отраслей экономики.

Среди ключевых законодательных новаций 2016 года в сфере ГЧП в ЖКХ - переход на долгосрочное тарифное регулирование и закрепление предпринимательской прибыли в размере 5% в водо- и теплоснабжении.

Авторами статьи проанализированы результаты очередного этапа работы по реформированию отрасли в Свердловской области. За основу был принят график передачи в концессию объектов ЖКХ, утвержденный Губернатором Свердловской области, датированный октябрём 2015 года, который насчитывает около 200 объектов по 14 муниципальным образованиям (всего 18 лотов). По каждому из них дано резюме об том, эффективный он или не эффективный. В основу такой оценки заложено всего два критерия: наличие убытка от основной деятельности и несоответствие качества предоставляемых услуг в сфере теплоснабжения (отопление), водоснабжения и водоотведения законодательно установленным нормам.

Региональным органам исполнительной власти было рекомендовано активизировать поиск инвесторов для сферы ЖКХ и организовать заключение концессионных соглашений в 2016 году.

По планам Министерства энергетики и ЖКХ до 1 июля 2015 г. должны быть объявлены все конкурсы, а до 1 января 2016 г. объекты должны быть переданы в концессию. Как часто бывает, надо сделать много и в сжатые сроки. А вот результат пока непонятен. На сайте министерства отчета о передаче объектов ЖКХ в концессию за 2015 год не представлено.

Поэтому авторами проанализированы материалы с официального сайта РФ для размещения информации о проведении торгов. К началу февраля 2016 года на сайте зарегистрировано 2792 лотов на право заключения концессионных соглашений, выставленных на торги (0,2% от общего количества заявленных лотов). Из них находятся в процессе подачи заявок 314 лотов, в процессе подведения итогов – 417, отменены – 166, приостановлены – 16. Из завершённых 1879 торгов состоявшимися признаны только 190. Не состоялись по причине единственного заявленного участника 829 торгов, по причине отсутствия допущенных участников – 844, по причине отказа от заключения контракта – 16. В 80% случаев в качестве концедентов выступают органы власти местного самоуправления. По срокам, на которые заключаются концессионные

соглашения ситуация следующая: менее 1 года - 10%, от года до 3 лет – 1%, от 3 до 5 лет – 45% и более 5 лет – 44%.

На рис. 1 приведено распределение лотов, выставленных на торги на предмет заключения концессионных соглашений по системам коммунальной инфраструктуры и иным объектам коммунального хозяйства в процессе подачи заявок. По информации на 1.02.2016, максимальное количество заявок зарегистрировано по Центральному (30%) и Приволжскому (29%) федеральным округам. По Уральскому федеральному округу в процессе подачи заявок находится 18 лотов: 10 - по ХМАО-Югре, 5 - по Челябинской области, а по Свердловской области на концессионные торги выставлены 3 объекта: две котельные по Красноуфимскому ГО и теплосети по Артемовскому ГО.

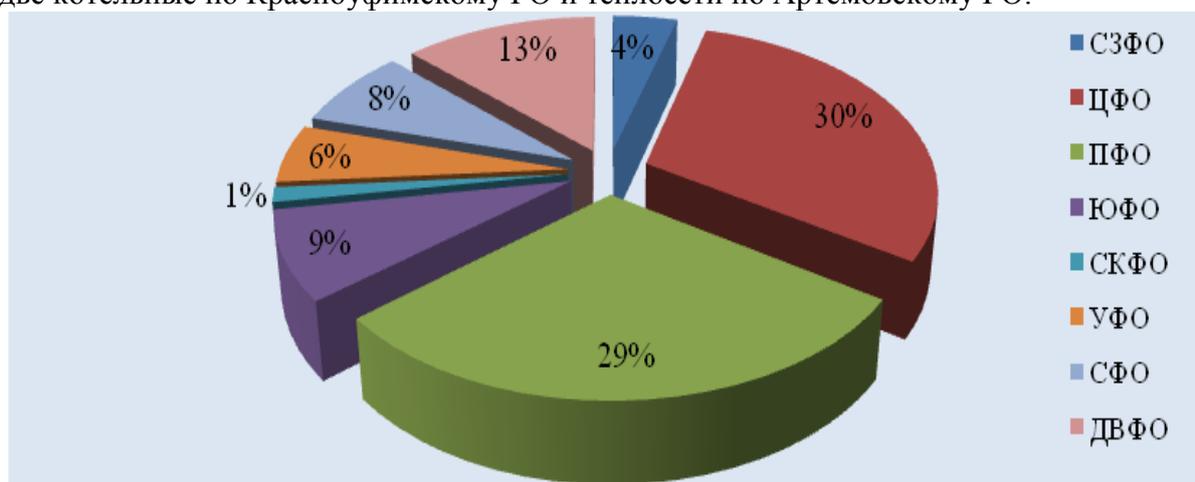


Рис. 1. Количество заявок на право заключения концессионных соглашений по федеральным округам

По данным Министерства энергетики и ЖКХ Свердловской области активная реализация концессионных соглашений в сфере ЖКХ началась в 2015 году. К настоящему времени работа ведется по 13 проектам в 11 муниципальных образованиях: 6 из них в сфере горячего и холодного водоснабжения и (или) водоотведения, 6 – по реконструкции и эксплуатации сетей теплоснабжения и 1 проект – по переработке и утилизации ТБО; 7 проектов находятся на прединвестиционном и 6 - на инвестиционном этапе реализации. Общий объем их финансирования составляет около полутора миллиардов рублей. Практически 98 % от этой суммы — вложения частных компаний. В целом, внебюджетные средства планируется привлечь на развитие 8612 объектов энергетики и ЖКХ.

На круглом столе, проведенном в 2015 г. Министерством энергетики и жилищно-коммунального хозяйства Свердловской области совместно в ГБУ СО «Институт энергосбережения» на тему: «Концессионные соглашения в коммунальной инфраструктуре: пути решения проблем», в качестве положительной практики отмечены городские округа: Богданович, Верхняя Пышма, Заречный, Камышлов, Нижнетуринск, где по переданным в концессию объектам энерго- и теплоснабжения отмечено улучшение таких целевых показателей эффективности, как снижение количества отключений (отказов), обеспечение стабилизации напряжения, снижение степени износа сетей, увеличение мощностей по выработке электроэнергии, повышение энергоэффективности систем теплоснабжения, снижение количества теплопотерь.

Наряду с этим есть и отрицательные моменты. Например, в Камышловском муниципальном районе по концессионному соглашению на переработку и утилизацию 100 тыс. м³ бытовых отходов в установленные сроки не подготовлен проект и не построен полигон ТБО. В Нижнетуринском городском округе установление тарифов на водоснабжение ниже экономически обоснованных затрат привело концессионера к

банкротству. В Режевском городском округе ввиду неисполнения концессионером существенных условий соглашения (отсутствие ремонта котельных, неуплата концессионных платежей) запущена судебная процедура по расторжению договора.

К сожалению, из-за новизны правовой базы, большого объема документации при формировании технического задания и малой правоприменительной практики подготовка к передаче объектов в концессию на уровне муниципальных образований пока идет довольно медленно. Учитывая, что разработка концессионных договоров требует высокопрофессионального юридического, технического и экономического уровня подготовки, на базе ГБУ «Институт энергосбережения» создан центр сопровождения концессионных соглашений, главной задачей которого станет практическая помощь муниципалитетам в реализации поручений Президента РФ и губернатора Свердловской области о передаче в концессию неэффективных объектов коммунального хозяйства муниципальной собственности.

Затронув только отдельные стороны проблемы модернизации отрасли, выделяем значительные риски, которые обязательно надо учитывать при прогнозировании хода и результатов процесса передачи объектов ЖКХ в концессию:

- сложная экономическая обстановка в стране обязывает частных инвесторов очень серьезно рассматривать любые предложения об инвестировании;
- в муниципальных образованиях аграрного типа предприниматели ориентированы на фермерство, торговлю и транспортное обслуживание территории;
- частный капитал сосредоточен в областном центре и ряде городов с населением свыше 100 тыс. человек (Первоуральск, Каменск-Уральский, Нижний Тагил).

В подобной ситуации по большинству объектов, заявленных для реализации концессионных соглашений, скорее всего не найдется добровольцев из числа частных предпринимателей. Поиску и внедрению форм привлечения частного капитала в сферу ЖКХ нужна более основательная подготовительная работа, как при разработке мер материальной заинтересованности, так и при детальной оценке технического состояния объектов, передаваемых концессионерам.

Авторы статьи ставят перед собой задачу дальнейшего анализа процесса модернизации жилищно-коммунального хозяйства в муниципальных образованиях Свердловской области. С экономических позиций важно понять степень обоснованности таких параметров предпринимательских решений, как сроки концессионных соглашений, структура инвестирования при строительстве или модернизации объектов, схемы и источники финансирования, уровень необходимой и достаточной доходности проектов (особенно при новом строительстве) и т.д.

Список использованной литературы

Горбань Т.С. Концессия как приоритетная форма государственно-частного партнерства в реализации внешнеэкономического потенциала региона // Экономические науки. 2011. № 12. С. 332-337.

Дворцов В.И. Концессии как механизм структурной перестройки и реструктуризации экономики России // Российский внешнеэконом. вестник. 2005. № 9. С. 48-56.

Макарова Т. И. Концессия как правовая форма использования природных ресурсов: проблемы правового закрепления // Вестник высш. хоз. суда Респ. Беларусь. 2005. № 4. С. 80-89.

Марчук Е.В. Передача муниципальной собственности в концессию: преимущества и недостатки // Молодой ученый. 2013. № 11. С. 386-388.

Нагаев С.В. Соотношение понятий «франчайзинг» и «коммерческая концессия» // Бизнес в законе. Экономико-юридический журнал. 2011. № 5. (<http://cyberleninka.ru/article/n/sootnoshenie-ponyatiy-franchayzing-i-kommercheskaya-kontsessiya>).

Шварева О.Ю. Эффективность жилищно-коммунальных услуг: критерии и управление // Проблемы современной экономики. 2008. № 3 (27) (<http://www.m-economy.ru/art.php?nArtId=2149>).

Федеральный закон Российской Федерации от 21.07.2005 № 115-ФЗ (ред. от 30.12.2015) "О концессионных соглашениях" // Российская газета. Федеральный выпуск. 2005. № 3830.

Рецензент статьи: доктор экономических наук, доцент, заведующая кафедрой землеустройства и кадастров Уральского государственного лесотехнического университета О.Б. Мезенина.

ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЙ И РАСПОЗНАВАНИЕ ОБРАЗОВ

УДК 004.93'1; 004.932

В.П. Часовских¹, В.Г. Лабунец¹, Д.Е. Комаров¹, Е.Остхаймер²¹Уральский государственный лесотехнический университет, г. Екатеринбург²Capricat LLC 1340 S. Ocean Blvd., Suite 209 Pompano Beach, 33062 Florida, USA**МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ****Введение**

Широкий класс ортогональных вейвлет-преобразований WT характеризуется двумя наборами коэффициентов (Daubechies, 1992; Daubechies, Sweldens, 1998): h_0, h_1, \dots, h_{L-1} и g_0, g_1, \dots, g_{L-1} , где $L=2D$ – чётное число. Обычно второе множество коэффициентов выбирается так: $g_0 = h_{L-1}, g_1 = -h_{L-2}, \dots, g_{L-1} = -h_0$. Поэтому, WT характеризуется только одним набором h -коэффициентов h_0, h_1, \dots, h_{L-1} . В дальнейшем будем обозначать вейвлет-преобразование так: $WDT_{16}[h_0, h_1, h_2, h_3]$. Оно факторизуется в произведение слабо заполненных так называемых атомарных преобразований лестничного типа $LAWT_{2^n}[h_0, h_1, \dots, h_{L-1}]$ с теми же самыми коэффициентами.

Величины h_0, h_1, \dots, h_{L-1} , называемые коэффициентами, являются зависимыми, поэтому незначительное изменение любого из них требует синхронного изменения всех остальных, если требуется, чтобы полученное при этом преобразование оставалось в классе ортогональных вейвлет-преобразований. По этой причине коэффициенты не являются параметрами. Под параметрами будем подразумевать такие величины, которые можно менять независимо друг от друга и при этом оставаться в классе ортогональных или биортогональных циклических вейвлет-преобразований. Мы доказываем, что такое многопараметрическое представление существует, а любое ортогональное вейвлет-преобразование $WDT_{16}[h_0, h_1, h_2, h_3] =$ зависит от D углов-параметров $\varphi_0, \varphi_1, \dots, \varphi_{D-1}$: $WDT_{2^n}[h_0, h_1, \dots, h_{L-1}] = WDT_{2^n}[\varphi_0, \varphi_1, \dots, \varphi_{D-1}]$. В дальнейшем многопараметрическую форму вейвлет-преобразования будем обозначать символом $WDT_{2^n}[\varphi_0, \varphi_1, \dots, \varphi_{D-1}]$.

Третья каноническая форма многопараметрического представления циклических ортогональных вейвлет-преобразований

Многопараметрическое представление атомарного вейвлет-преобразования.
Для нахождения многопараметрического представления вейвлет-преобразований будем

$$\begin{aligned}
 & [\mathbf{CS}_{1,7}(\varphi_2) \cdot \mathbf{CS}_{0,6}(\varphi_2) \cdot \mathbf{CS}_{3,5}(\varphi_2) \cdot \mathbf{CS}_{2,4}(\varphi_2)] \cdot \\
 & \cdot [\mathbf{CS}_{0,7}(\varphi_1) \cdot \mathbf{CS}_{3,6}(\varphi_1) \cdot \mathbf{CS}_{2,5}(\varphi_1) \cdot \mathbf{CS}_{1,4}(\varphi_1)] \cdot \\
 & \cdot [\mathbf{CS}_{3,7}(\varphi_0) \cdot \mathbf{CS}_{2,6}(\varphi_0) \cdot \mathbf{CS}_{1,5}(\varphi_0) \cdot \mathbf{CS}_{0,4}(\varphi_0)] \cdot \\
 & \cdot \text{AWT}_8[h_0, h_1, h_2, h_3, h_4, h_5] = \mathbf{P}_8.
 \end{aligned} \tag{5}$$

Отсюда получаем многопараметрическое представление атомарной матрицы:

$$\begin{aligned}
 & \text{AWT}_8[h_0, h_1, h_2, h_3, h_4, h_5] = \\
 & = [\mathbf{CS}_{3,7}(-\varphi_0) \cdot \mathbf{CS}_{2,6}(-\varphi_0) \cdot \mathbf{CS}_{1,5}(-\varphi_0) \cdot \mathbf{CS}_{0,4}(-\varphi_0)] \cdot \\
 & \cdot [\mathbf{CS}_{0,7}(\varphi_1) \cdot \mathbf{CS}_{3,6}(\varphi_1) \cdot \mathbf{CS}_{2,5}(\varphi_1) \cdot \mathbf{CS}_{1,4}(\varphi_1)] \cdot \\
 & \cdot [\mathbf{CS}_{1,7}(\varphi_2) \cdot \mathbf{CS}_{0,6}(\varphi_2) \cdot \mathbf{CS}_{3,5}(\varphi_2) \cdot \mathbf{CS}_{2,4}(\varphi_2)] \cdot \mathbf{P}_8 = \\
 & = \begin{pmatrix} c_0 & & & & -s_0 & & & \\ & c_0 & & & & -s_0 & & \\ & & c_0 & & & & -s_0 & \\ & & & c_0 & & & & -s_0 \\ +s_0 & & & & c_0 & & & \\ & +s_0 & & & & c_0 & & \\ & & +s_0 & & & & c_0 & \\ & & & +s_0 & & & & c_0 \end{pmatrix} \cdot \\
 & \cdot \begin{pmatrix} c_1 & & & & & & & -s_1 \\ & c_1 & & & -s_1 & & & \\ & & c_1 & & & -s_1 & & \\ & & & c_1 & & & -s_1 & \\ +s_1 & & & & c_1 & & & \\ & +s_1 & & & & c_1 & & \\ & & +s_1 & & & & c_1 & \\ +s_1 & & & +s_1 & & & & c_1 \end{pmatrix} \cdot \\
 & \cdot \begin{pmatrix} c_2 & & & & -s_2 & & & \\ & c_2 & & & & -s_2 & & \\ & & c_2 & & -s_2 & & & \\ & & & c_2 & & -s_2 & & \\ & & +s_2 & & c_2 & & & \\ & & & +s_2 & & c_2 & & \\ +s_2 & & & & & c_2 & & \\ & +s_2 & & & & & c_2 & \end{pmatrix} \cdot \mathbf{P}_8 = \\
 & = \mathbf{T}_8^0(-\varphi_0) \cdot \mathbf{T}_8^1(-\varphi_1) \cdot \mathbf{T}_8^2(-\varphi_2) \cdot \mathbf{P}_8,
 \end{aligned} \tag{6}$$

где $c_i = \cos(\varphi_i)$, $s_i = \sin(\varphi_i)$, $i = 0,1,2$ и каждая матрица $\mathbf{T}_8(\varphi_i)$ является произведением следующих sin/cos – матриц вращения

$$\begin{aligned}
 \mathbf{T}_8^0(\varphi_0) &= \mathbf{CS}_{3,7}(\varphi_0) \mathbf{CS}_{2,6}(\varphi_0) \mathbf{CS}_{1,5}(\varphi_0) \mathbf{CS}_{0,4}(\varphi_0), \\
 \mathbf{T}_8^1(\varphi_1) &= \mathbf{CS}_{0,7}(\varphi_1) \mathbf{CS}_{3,6}(\varphi_1) \mathbf{CS}_{2,5}(\varphi_1) \mathbf{CS}_{1,4}(\varphi_1), \\
 \mathbf{T}_8^2(\varphi_2) &= \mathbf{CS}_{1,7}(\varphi_2) \mathbf{CS}_{0,6}(\varphi_2) \mathbf{CS}_{3,5}(\varphi_2) \mathbf{CS}_{2,4}(\varphi_2).
 \end{aligned} \tag{7}$$

Выясним закономерность в последовательностях двойных индексов у матриц CS -преобразований. Имеем

	0, 4	1, 4	2, 4	
	1, 5	2, 5	3, 5	
	2, 6	3, 6	0, 6	
	3, 7	0, 7	1, 7	
□	□	□	□	□
(k)	(k+4) (k ⊕ 1)	(k+4) (k ⊕ 2)	(k+4)	

Если r - количество итераций внутри атомарной функции в ее многопараметрической форме, а i – номер итерации по матрицам $\mathbf{T}_{2^n}^i(-\varphi_i)$, то закон формирования парных индексов можно записать в следующей форме: $(k \oplus i, k + 2^{n-r})$.

Аналогичные результаты получатся, если в качестве исходной атомарной матрицы взять (16×16) - матрицу $\text{AWT}_{16}[h_0, h_1, h_2, h_3, h_4, h_5]$ с тем же набором коэффициентов. Применяя к ней изложенную выше процедуру обнуления коэффициентов, получим аналогичный результат:

$$\mathbf{T}_{16}^2(\varphi_2) \mathbf{T}_{16}^1(\varphi_1) \mathbf{T}_{16}^0(\varphi_0) \text{AWT}_{16}[h_0, h_1, \dots, h_5] = \mathbf{P}_{16}, \tag{8}$$

$$\begin{aligned} & \text{AWT}_{16}[h_0, h_1, h_2, h_3, h_4, h_5] = \\ & = \mathbf{T}_{16}^0(-\varphi_0) \mathbf{T}_{16}^1(-\varphi_1) \mathbf{T}_{16}^2(-\varphi_2) \mathbf{P}_{16}, \end{aligned} \tag{9}$$

где \mathbf{T} – матрицы представляют собой произведение CS -матриц.

Этот результат носит общий характер и верен для любой $(2^r \times 2^r)$ атомарной матрицы:

$$\mathbf{P}_{2^r} = \left(\prod_{i=D-1}^0 \mathbf{T}_{2^r}^i(\varphi_i) \right) \cdot \text{AWT}[h_0, h_1, \dots, h_{2D-1}] \tag{10}$$

и, следовательно,

$$\text{AWT}[h_0, h_1, \dots, h_{2D-1}] = \left(\prod_{i=0}^{D-1} \mathbf{T}_{2^r}^i(-\varphi_i) \right) \mathbf{P}_{2^r}. \tag{11}$$

что является многопараметрическим представлением атомарной матрицы.

Многопараметрическое представление вейвлет-преобразований и вейвлет-пакетов. Для начала рассмотрим пример (16×16) – вейвлет-преобразования Добюши – 4.

В матричной форме оно является произведением следующих атомарных матриц:

$$\text{WDT}_{16}[h_0, h_1, h_2, h_3] = [\text{AWT}_4 \oplus \mathbf{I}_{12}] [\text{AWT}_8 \oplus \mathbf{I}_8] [\text{AWT}_{16}].$$

Каждая атомарная матрица AWT_4 , AWT_8 , AWT_{16} может быть представлена в параметрической форме:

$$\begin{aligned} \text{AWT}_4 &= \mathbf{T}_4^0(-\varphi_0) \mathbf{T}_4^1(-\varphi_1) \mathbf{P}_4, \\ \text{AWT}_8 &= \mathbf{T}_8^0(-\varphi_0) \mathbf{T}_8^1(-\varphi_1) \mathbf{P}_8, \\ \text{AWT}_{16} &= \mathbf{T}_{16}^0(-\varphi_0) \mathbf{T}_{16}^1(-\varphi_1) \mathbf{P}_{16}. \end{aligned}$$

Поэтому:

$$\begin{aligned} & \text{WDT}_{16}[h_0, h_1, h_2, h_3] = \\ & = [\mathbf{T}_4^0(-\varphi_0) \mathbf{T}_4^1(-\varphi_1) \mathbf{P}_4 \oplus \mathbf{I}_{12}] \cdot [\mathbf{T}_8^0(-\varphi_0) \mathbf{T}_8^1(-\varphi_1) \mathbf{P}_8 \oplus \mathbf{I}_8] \\ & \quad \cdot [\mathbf{T}_{16}^0(-\varphi_0) \mathbf{T}_{16}^1(-\varphi_1) \mathbf{P}_{16}] = \\ & = \left[\left(\prod_{i=0}^1 \mathbf{T}_4^i(-\varphi_i) \right) \mathbf{P}_4 \oplus \mathbf{I}_{12} \right] \cdot \left[\left(\prod_{i=0}^1 \mathbf{T}_8^i(-\varphi_i) \right) \mathbf{P}_8 \oplus \mathbf{I}_8 \right] \cdot \\ & \quad \cdot \left[\left(\prod_{i=0}^1 \mathbf{T}_{16}^i(-\varphi_i) \right) \mathbf{P}_{16} \right]. \end{aligned} \tag{12}$$

что и представляет собой двухпараметрическую форму представления Добюши - 4 вейвлет-преобразования. Меняя углы φ_0 и φ_1 , можно получить все преобразования ти-

па $WDT_{16}[h_0, h_1, h_2, h_3]$. Все атомарные матрицы в многопараметрическом представлении характеризуются одним и тем же набором углов. Все они имеют одинаковые значения во всех атомарных матрицах и должны меняться синхронно. Конечно, можно сделать углы в разных атомарных матрицах разными и менять их не синхронно. В этом случае получающиеся вейвлет-преобразования будут неоднородными в том смысле, что, переходя с одного уровня разрешения на другой, будут получаться различные вейвлет-функции, в то время как в первом случае преобразование будет однородным, и при переходе с одного уровня разрешения на другой вейвлет-функции будут иметь ту же самую форму.

В самом общем случае формула для многопараметрического представления вейвлет-преобразования имеет следующий вид:

$$WDT_{2^n}[h_0, h_1, \dots, h_{2D-1}] = \prod_{r=n-m+1}^1 \left[\left(\prod_{i=0}^{D-1} \mathbf{T}_{2^{n-r+1}}^i(-\varphi_i) \right) \mathbf{P}_{2^{n-r+1}} \oplus \mathbf{I}_{2^{n-2^{n-r+1}}} \right], \quad (13)$$

где \oplus - сложение по модулю 2^{n-r} , а $m = \lfloor \log_2 2D \rfloor$ - наименьшее целое положительное число, что $2^{m-1} \leq 2D \leq 2^m$. Последнее выражение представляет собой третью каноническую форму вейвлет-преобразований $WDT_{2^m}[h_0, h_1, \dots, h_{2D-1}]$ в многопараметрической форме.

Классическое вейвлет-преобразование с коэффициентами $h_0, h_1, \dots, h_{2D-1}$ строится из атомарных вейвлет-преобразований в соответствии со следующим выражением:

$$WDT_{2^n}[h_0, h_1, \dots, h_{2D-1}] = \prod_{r=n-m+1}^1 \left[AWT_{2^{n-r+1}}[h_0, h_1, \dots, h_{2D-1}] \oplus \mathbf{I}_{2^{n-2^{n-r+1}}} \right]. \quad (14)$$

Здесь в каждой итерации атомарное преобразование появляется один раз. В действительности, его можно повторить максимальное $2^n / 2^{n-r+1} = 2^{r-1}$ или меньшее число, скажем $s_r \leq 2^{r-1}$, раз в виде прямой суммы $s_r \leq 2^{r-1}$ слагаемых. Пусть $\mathbf{s}^r = (s_1^r, s_2^r, \dots, s_{2^{r-1}}^r)$ - двоичное 2^{r-1} разрядное число, каждый бит s_i^r которого управляет i^{th} позицией матрицы $AWT_{2^{n-r+1}}$ в r^{th} итерации с слабо заполненными матрицами:

$$AWT_{2^{n-r+1}}^{s_i^r} = \begin{cases} AWT_{2^{n-r+1}}, & s_i^r = 1, \\ \mathbf{I}_{2^{n-r+1}}, & s_i^r = 0. \end{cases}$$

Все такие матрицы формируют пакет атомарных матриц:

$$AWP_{2^n}^{\mathbf{s}^r} = \bigoplus_{t=1}^{2^{r-1}} AWT_{2^{n-r+1}}^{s_t^r} = AWT_{2^{n-r+1}}^{s_1^r} \oplus AWT_{2^{n-r+1}}^{s_2^r} \oplus \dots \oplus AWT_{2^{n-r+1}}^{s_{2^{r-1}}^r}. \quad (15)$$

Используя пакеты $AWT_{2^{n-r+1}}^{s_i^r}$ атомарных матриц (15), мы формируем дискретно управляемые вейвлет-пакеты

$$WDP_{2^n}^{\mathbf{s}^1, \mathbf{s}^2, \dots, \mathbf{s}^{n-m+1}}[h_0, h_1, \dots, h_{2D-1}] = \prod_{r=n-m+1}^1 AWP_{2^n}^{\mathbf{s}^r} = \prod_{r=n-m+1}^1 \left[\bigoplus_{t=1}^{2^{r-1}} AWT_{2^{n-r+1}}^{s_t^r} \right] = \prod_{r=n-m+1}^1 \left[AWT_{2^{n-r+1}}^{s_1^r} \oplus \dots \oplus AWT_{2^{n-r+1}}^{s_{2^{r-1}}^r} \right] \quad (16)$$

с дискретными двоичными параметрами $\mathbf{s}^1 = (s_1^1)$, $\mathbf{s}^2 = (s_1^2, s_2^2)$, $\mathbf{s}^3 = (s_1^3, s_2^3, s_3^3, s_4^3)$, ..., $\mathbf{s}^{n-m} = (s_2^{n-m}, s_2^{n-m}, \dots, s_{2^{n-m-1}}^{n-m})$. Следовательно,

$$AWT_{2^{n-r+1}}^{s_i^r} = \left(\prod_{i=0}^{D-1} \mathbf{T}_{2^{n-r+1}}^i(-\varphi_i) \right)^{s_i^r} \mathbf{P}_{2^{n-r+1}}^{s_i^r}.$$

Подставляя это выражение в (16), получим третью многопараметрическую форму вейвлет-пакетов

$$\begin{aligned} & \text{WDP}_{2^n}^{s^1, s^2, \dots, s^{n-m+1}} [h_0, h_1, \dots, h_{2^{D-1}}] = \\ & = \prod_{r=n-m+1}^1 \left[\bigoplus_{t=1}^{2^{r-1}} \left(\prod_{i=0}^{D-1} \mathbf{T}_{2^{n-r+1}}^i(-\varphi_i) \right)^{s_t^r} \mathbf{P}_{2^{n-r+1}}^{s_t^r} \right]. \end{aligned} \quad (17)$$

Обратное многопараметрическое вейвлет-преобразование. Прямое многопараметрическое вейвлет-преобразование имеет форму

$$\begin{aligned} & \text{WDT}_{2^n} [h_0, h_1, \dots, h_{2^{D-1}}] = \\ & = \prod_{r=n-m+1}^1 \left[\left(\prod_{i=D-1}^0 \mathbf{T}_{2^{n-r+1}}^{D-i-1}(-\varphi_{D-i-1}) \right) \mathbf{P}_{2^{n-r+1}} \oplus \mathbf{I}_{2^n - 2^{n-r+1}} \right]. \end{aligned} \quad (18)$$

Эта матрица ортогональна, поэтому ее обратная совпадает с транспонированной. Транспонирование правой и левой частей (18) дает выражение для обратной матрицы. Для того чтобы выполнить эту операцию, перепишем (18) в более компактной форме:

$$\text{WDT}_{2^n} = \prod_{r=n-m+1}^1 \left[\text{AWT}_{2^{n-r+1}} \oplus \mathbf{I}_{2^n - 2^{n-r+1}} \right]. \quad (19)$$

Тогда

$$\begin{aligned} \text{WDT}_{2^n}^t &= \left(\prod_{r=n-m+1}^1 \left[\text{AWT}_{2^{n-r+1}} \oplus \mathbf{I}_{2^n - 2^{n-r+1}} \right] \right)^t = \\ &= \prod_{r=m}^n \left[\text{AWT}_{2^r}^t \oplus \mathbf{I}_{2^n - 2^r} \right]. \end{aligned}$$

Но $\text{AWT}_{2^r} = \left[\prod_{i=D-1}^0 \mathbf{T}_{2^r}^{D-i-1}(-\varphi_{D-i-1}) \right] \mathbf{P}_{2^r}$, поэтому

$$\text{AWT}_{2^r}^t = \mathbf{P}_{2^r}^t \prod_{i=D-1}^0 \mathbf{T}_{2^r}^i(\varphi_i), \quad (20)$$

так как $[\mathbf{T}(-\varphi)]^t = \mathbf{T}(\varphi)$. Подставляя полученное выражение (20) в (19), получаем

$$\text{WDT}_{2^n}^{-1} = \text{WDT}_{2^n}^t = \prod_{r=m}^n \left[\mathbf{P}_{2^r}^t \prod_{i=D-1}^0 \mathbf{T}_{2^r}^i(\varphi_i) \oplus \mathbf{I}_{2^n - 2^r} \right]. \quad (21)$$

В прямом вейвлет-преобразовании каждая матрица $\mathbf{T}_{2^{n-r+1}}^{D-i-1}(-\varphi_i)$ является произведением коммутативных матриц вращения CS :

$$\mathbf{T}_{2^{n-r+1}}^{D-i-1}(-\varphi_{D-i-1}) = \prod_{k=0}^{2^{n-r}-1} \text{CS}_{k \oplus_{2^{n-r}} i, k+2^{n-r}}(-\varphi_{D-i-1}).$$

Поэтому

$$\mathbf{T}_{2^r}^i(\varphi_i) = \prod_{k=0}^{2^{r-1}-1} \text{CS}_{k \oplus_{2^{r-1}} (D-i-1), k+2^{r-1}}(\varphi_i). \quad (22)$$

Подставляя (22) в (21), получаем окончательное выражение для обратного вейвлет-преобразования

$$\begin{aligned} & \text{WDT}_{2^n}^{-1} [h_0, h_1, \dots, h_{2^{D-1}}] = \text{WDT}_{2^n}^{-1} [\varphi_0, \dots, \varphi_{D-1}] = \\ & = \prod_{r=m}^n \left[\mathbf{P}_{2^r}^t \prod_{i=D-1}^0 \prod_{k=0}^{2^{r-1}-1} \text{CS}_{k \oplus_{2^{r-1}} (D-i-1), k+2^{r-1}}(\varphi_i) \oplus \mathbf{I}_{2^n - 2^r} \right], \end{aligned} \quad (23)$$

где $\oplus_{2^{r-1}}$ символ сложения по модулю 2^{r-1} . Аналогично для обратного вейвлет-пакета получаем:

$$\begin{aligned}
 & \mathbf{CS}_{70}^R(\varphi_1) \mathbf{CS}_{56}^R(\varphi_1) \mathbf{CS}_{34}^R(\varphi_1) \mathbf{CS}_{12}^R(\varphi_1) \cdot \\
 & \cdot \text{CAT}_8[h'_0, h'_1, h'_2, h'_3] = \\
 & = \begin{pmatrix} c & & & & & & & s \\ & c & s & & & & & \\ & s & -c & & & & & \\ & & & c & s & & & \\ & & & s & -c & & & \\ & & & & & c & s & \\ & & & & & s & -c & \\ s & & & & & & & -c \end{pmatrix} \cdot \\
 & \cdot \begin{pmatrix} g'_0 & g'_1 & g'_2 & g'_3 & & & & \\ & & h'_0 & h'_1 & h'_2 & h'_3 & & \\ & & g'_0 & g'_1 & g'_2 & g'_3 & & \\ & & & h'_0 & h'_1 & h'_2 & h'_3 & \\ & & & g'_0 & g'_1 & g'_2 & g'_3 & \\ h'_2 & h'_3 & & & & h'_0 & h'_1 & \\ g'_2 & g'_3 & & & & g'_0 & g'_1 & \\ h'_0 & h'_1 & h'_2 & h'_3 & & & & \end{pmatrix} = \\
 & = \begin{pmatrix} & & h''_0 & h''_1 & & & & \\ & & g''_0 & g''_1 & & & & \\ & & & h''_0 & h''_1 & & & \\ & & & g''_0 & g''_1 & & & \\ & & & & & h''_0 & h''_1 & \\ & & & & & g''_0 & g''_1 & \\ h''_0 & h''_1 & & & & & & \\ g''_0 & g''_1 & & & & & & \end{pmatrix} = \\
 & = \text{CAT}_8[h''_0, h''_1].
 \end{aligned}$$

Получилась блочно-перестановочная матрица с ортогональными (2×2)-блоками. Используя соответствующие матрицы вращения, можно превратить эту матрицу в перестановочную:

$$\begin{aligned}
 & \mathbf{CS}_{01}^R(\varphi_2) \mathbf{CS}_{67}^R(\varphi_2) \mathbf{CS}_{45}^R(\varphi_2) \mathbf{CS}_{23}^R(\varphi_2) \cdot \\
 & \cdot \text{CAT}_8[h''_0, h''_1] =
 \end{aligned}$$

$$= \begin{pmatrix} c & s & & & & & & \\ s & -c & & & & & & \\ & & c & s & & & & \\ & & s & -c & & & & \\ & & & & c & s & & \\ & & & & s & -c & & \\ & & & & & & c & s \\ & & & & & & s & -c \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix}
 & & h_0'' & h_1'' & & & & \\
 & & g_0'' & g_1'' & & & & \\
 & & & & h_0'' & h_1'' & & \\
 & & & & g_0'' & g_1'' & & \\
 \hline
 & & & & & & h_0'' & h_1'' \\
 & & & & & & g_0'' & g_1'' \\
 h_0'' & h_1'' & & & & & & \\
 g_0'' & g_1'' & & & & & &
 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix}
 & & -1 & & & & & \\
 & & & -1 & & & & \\
 & & & & -1 & & & \\
 & & & & & -1 & & \\
 & & & & & & -1 & \\
 -1 & & & & & & & \\
 & -1 & & & & & &
 \end{pmatrix} = -\mathbf{C}_8^2,$$

где \mathbf{C}_8^2 - матрица циклического сдвига по модулю 8 на две позиции.

Таким образом, мы можем написать

$$\mathbf{T}_8^2(\varphi_2) \mathbf{T}_8^1(\varphi_1) \mathbf{T}_8^0(\varphi_0) \cdot \text{CAT}_8[h_0, h_1, \dots, h_5] = -\mathbf{C}_8^2, \tag{28}$$

где $\mathbf{T}_{2^n}^i(\varphi_i)$ - ортогональные матрицы, полученные в результате перемножения матриц вращения с отражением $\mathbf{CS}_{k,l}^R(\varphi_i)$:

$$\begin{aligned}
 \mathbf{T}_8^2(\varphi_2) &= \mathbf{CS}_{01}^R(\varphi_2) \mathbf{CS}_{67}^R(\varphi_2) \mathbf{CS}_{45}^R(\varphi_2) \mathbf{CS}_{23}^R(\varphi_2), \\
 \mathbf{T}_8^1(\varphi_1) &= \mathbf{CS}_{70}^R(\varphi_1) \mathbf{CS}_{56}^R(\varphi_1) \mathbf{CS}_{34}^R(\varphi_1) \mathbf{CS}_{12}^R(\varphi_1), \\
 \mathbf{T}_8^0(\varphi_0) &= \mathbf{CS}_{67}^R(\varphi_0) \mathbf{CS}_{45}^R(\varphi_0) \mathbf{CS}_{23}^R(\varphi_0) \mathbf{CS}_{01}^R(\varphi_0).
 \end{aligned} \tag{29}$$

Так как матрицы $\mathbf{T}_{2^n}^i(\varphi_i)$ являются симметричными и ортогональными, то $[\mathbf{T}_{2^n}^i(\varphi_i)]^{-1} = \mathbf{T}_{2^n}^i(\varphi_i)$. Поэтому

$$\begin{aligned}
 \text{CAT}_8[h_0, h_1, \dots, h_5] &= \text{CAT}_8[\varphi_0, \varphi_1, \varphi_2] = \\
 &= (-1) \cdot \mathbf{T}_8^0(\varphi_0) \mathbf{T}_8^1(\varphi_1) \mathbf{T}_8^2(\varphi_2) \cdot \mathbf{C}_8^2,
 \end{aligned} \tag{30}$$

и

$$\begin{aligned}
 \text{AWT}_8[h_0, h_1, \dots, h_5] &= \text{AWT}_8[\varphi_0, \varphi_1, \varphi_2] = \\
 &= (-1) \cdot \mathbf{P}_8 \cdot [\mathbf{T}_8^0(\varphi_0) \mathbf{T}_8^1(\varphi_1) \mathbf{T}_8^2(\varphi_2)] \cdot \mathbf{C}_8^2.
 \end{aligned} \tag{31}$$

Построим параметрическую форму представления вейвлет-преобразования $\text{WT}_{16}[h_0, h_1, \dots, h_5]$. Так как $\text{WT}_{16}[h_0, \dots, h_5] = [\text{AWT}_8[h_0, \dots, h_5] \oplus \mathbf{I}_8] \cdot \text{AWT}_{16}[h_0, \dots, h_5]$, то

$$\begin{aligned}
 \text{WT}_{16}[\varphi_0, \varphi_1, \varphi_2] &= \\
 &= [(-1) \cdot \mathbf{P}_8 \cdot [\mathbf{T}_8^0(\varphi_0) \mathbf{T}_8^1(\varphi_1) \mathbf{T}_8^2(\varphi_2)] \cdot \mathbf{C}_8^2 \oplus \mathbf{I}_8] \cdot \\
 &\cdot [(-1) \cdot \mathbf{P}_{16} \cdot [\mathbf{T}_{16}^0(\varphi_0) \mathbf{T}_{16}^1(\varphi_1) \mathbf{T}_{16}^2(\varphi_2)] \cdot \mathbf{C}_{16}^2].
 \end{aligned} \tag{32}$$

Блок-схема алгоритма преобразования $\text{WT}_{16}[\varphi_0, \varphi_1, \varphi_2]$ представлена на рис.1.

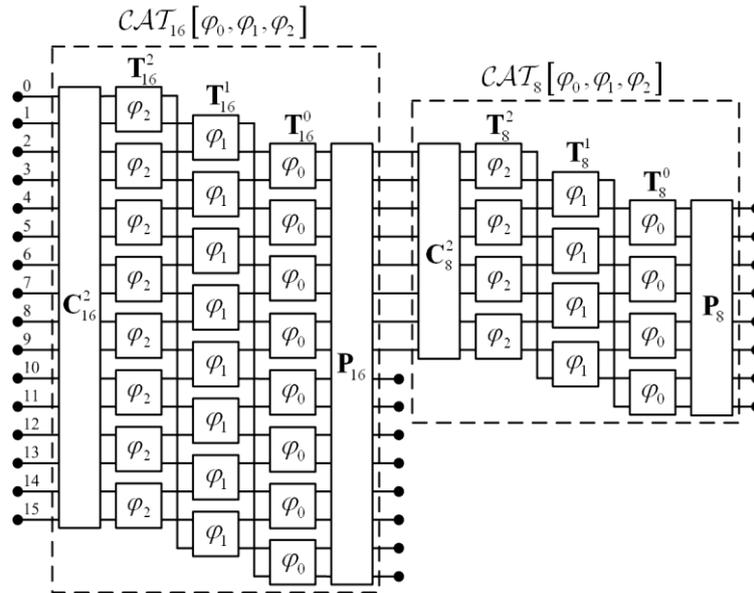


Рис. 1. Блок-схема алгоритма параметрического вейвлет-преобразования $WT_{16}[\varphi_0, \varphi_1, \varphi_3]$.

Полученный результат верен для любой атомарной $(2^n \times 2^n)$ матрицы $AWT_{2^n}[h_0, h_1, \dots, h_{2D-1}]$:

$$\begin{aligned} AWT_{2^n}[h_0, h_1, \dots, h_{2D-1}] &= AWT_{2^n}[\varphi_0, \varphi_1, \dots, \varphi_{D-1}] = \\ &= (-1)^D \cdot \mathbf{P}_{2^n} \cdot \left[\prod_{i=0}^{D-1} \mathbf{T}_{2^n}^i(\varphi_i) \right] \cdot \mathbf{C}_{2^n}^{D-1} = \\ &= (-1)^D \cdot \mathbf{P}_{2^n} \cdot \left[\prod_{i=0}^{D-1} \prod_{k=2^{n-1}-1}^0 \mathbf{CS}_{i \oplus 2k, i \oplus (2k+1)}^R(\varphi_i) \right] \cdot \mathbf{C}_{2^n}^{D-1}, \end{aligned} \quad (33)$$

где \oplus_{2^n} - операция сложения по модулю 2^n .

Учитывая (14), получаем следующее многопараметрическое представление циклического вейвлет-преобразования, которое назовем четвертой канонической формой:

$$\begin{aligned} WDT_{2^n}[\varphi_0, \varphi_1, \dots, \varphi_{D-1}] &= \\ &= (-1)^D \cdot \prod_{r=n-m+1}^1 \left[\left(\mathbf{P}_{2^{n-r+1}} \cdot \left[\prod_{i=0}^{D-1} \mathbf{T}_{2^{n-r+1}}^i(\varphi_i) \right] \cdot \mathbf{C}_{2^{n-r+1}}^{D-1} \right) \oplus \right. \\ &\quad \left. \oplus \mathbf{I}_{2^n \cdot 2^{n-r+1}} \right] \end{aligned} \quad (34)$$

где

$$\mathbf{T}_{2^{n-r+1}}^i(\varphi_i) = \prod_{k=0}^{2^{n-r}-1} \mathbf{CS}_{i \oplus 2k, i \oplus (2k+1)}^R(\varphi_i). \quad (35)$$

Аналогично, подставляя (33) в (17), получаем выражение для вейвлет-пакета:

$$\begin{aligned} WDP_{2^n}[\varphi_0, \varphi_1, \dots, \varphi_{D-1}] &= \\ &= \prod_{r=n-m+1}^1 \left[\bigoplus_{i=1}^{2^r} \left((-1)^D \cdot \mathbf{P}_{2^{n-r+1}} \cdot \left[\prod_{i=0}^{D-1} \mathbf{T}_{2^{n-r+1}}^i(\varphi_i) \right] \cdot \mathbf{C}_{2^{n-r+1}}^{D-1} \right)^{s_i^r} \right]. \end{aligned} \quad (36)$$

Обратное многопараметрическое вейвлет преобразование. Для того, чтобы получить выражение для обратного многопараметрического атомарного вейвлет-преобразования, транспонируем левую и правую части равенства(34):

$$\begin{aligned}
 \text{AWT}_{2^n}^{-1}[\varphi_0, \varphi_1, \dots, \varphi_{D-1}] &= \text{AWT}_{2^n}^t[\varphi_0, \dots, \varphi_{D-1}] = \\
 &= \left[(-1)^{n-m+1} \cdot \mathbf{P}_{2^n} \cdot \left(\prod_{i=0}^{D-1} \mathbf{T}_{2^n}^i(\varphi_i) \right) \cdot \mathbf{C}_{2^n}^{D-1} \right]^t = \\
 &= (-1)^{n-m+1} \cdot \left[\mathbf{C}_{2^n}^{D-1} \right]^t \cdot \left[\prod_{i=0}^{D-1} \mathbf{T}_{2^n}^i(\varphi_i) \right]^t \cdot \mathbf{P}_{2^n}^t = \\
 &= (-1)^{n-m+1} \cdot \left[\mathbf{C}_{2^n}^{D-1} \right]^t \cdot \left(\prod_{i=0}^{D-1} \left[\mathbf{T}_{2^n}^{D-i+1}(\varphi_{D-i+1}) \right]^t \right) \cdot \mathbf{P}_{2^n}^t.
 \end{aligned} \tag{37}$$

Так как $\mathbf{T}_{2^n}^{D-i+1}(\varphi_{D-i+1})$ - произведение симметричных ортогональных матриц вращения с отражением $\mathbf{CS}_{k,l}^R(\varphi_{D-i+1})$, то $\left[\mathbf{T}_{2^n}^{D-i+1}(\varphi_{D-i+1}) \right]^t = \mathbf{T}_{2^n}^{D-i+1}(\varphi_{D-i+1})$, следовательно

$$\begin{aligned}
 \text{AWT}_{2^n}^t[\varphi_0, \varphi_1, \dots, \varphi_{D-1}] &= \\
 &= (-1)^{n-m+1} \cdot \left[\mathbf{C}_{2^n}^{D-1} \right]^t \cdot \left(\prod_{i=0}^{D-1} \mathbf{T}_{2^n}^{D-i+1}(\varphi_{D-i+1}) \right) \cdot \mathbf{P}_{2^n}^t.
 \end{aligned} \tag{38}$$

Подставляя (37) в (19), получаем выражение для обратного вейвлет-преобразования

$$\begin{aligned}
 \text{WDT}_{2^n}^{-1}[\varphi_0, \varphi_1, \dots, \varphi_{D-1}] &= \\
 &= (-1)^{n-m+1} \cdot \prod_{r=n}^m \left[\left[\mathbf{C}_{2^r}^{D-1} \right]^t \cdot \left(\prod_{i=0}^{D-1} \mathbf{T}_{2^r}^{D-i+1}(\varphi_{D-i+1}) \right) \cdot \mathbf{P}_{2^r}^t \oplus \right. \\
 &\quad \left. \oplus \mathbf{I}_{2^n-2^r} \right],
 \end{aligned} \tag{39}$$

где

$$\mathbf{T}_{2^r}^{D-i+1}(\varphi_{D-i+1}) = \prod_{k=0}^{2^{n-r}-1} \mathbf{CS}_{(D-i+1) \oplus 2k, (D-i+1) \oplus (2k+1)}^R(\varphi_{D-i+1}).$$

Аналогично для обратного вейвлет-пакета получаем:

$$\begin{aligned}
 \text{WDP}_{2^n}^{-1}[\varphi_0, \varphi_1, \dots, \varphi_{D-1}] &= \\
 &= (-1)^{n-m+1} \cdot \prod_{r=n}^m \left[\bigoplus_{i=1}^{2^r} \left(\left[\mathbf{C}_{2^r}^{D-1} \right]^t \cdot \right. \right. \\
 &\quad \left. \left. \cdot \left[\prod_{i=0}^{D-1} \mathbf{T}_{2^r}^{D-i+1}(\varphi_{D-i+1}) \right] \cdot \mathbf{P}_{2^r}^t \right)^{s_r} \right].
 \end{aligned} \tag{40}$$

Оценка компрессионных свойств многопараметрических вейвлет-преобразований

Для оценки компрессионных характеристик многопараметрических ортогональных вейвлет преобразований были поставлены эксперименты, направленные на выявление зависимости энтропии $E^D(\varphi_0, \varphi_1, \dots, \varphi_{D-1})$ коэффициентов спектра от числа и значений параметров преобразования. В качестве критерия использовалось значение энтропии квантованных до целого значения коэффициентов вейвлет-разложения. Вид зависимости $E^2(\varphi_0, \varphi_1)$ для случая двухпараметрических вейвлет-преобразований приведен на рис. 2, из которого видно, что эта зависимость имеет локальные и глобальные минимумы, которым соответствуют наилучшие с точки зрения сжатия вейвлет-преобразования. В качестве тестового изображения использовалась «Лена». Все экспериментальные результаты и выводы, сделанные из них, носят предварительный характер. Авторы планируют провести широкомасштабные эксперименты на большей базе изображений с целью нахождения наилучших вейвлет-преобразований в задачах сжатия изображений.

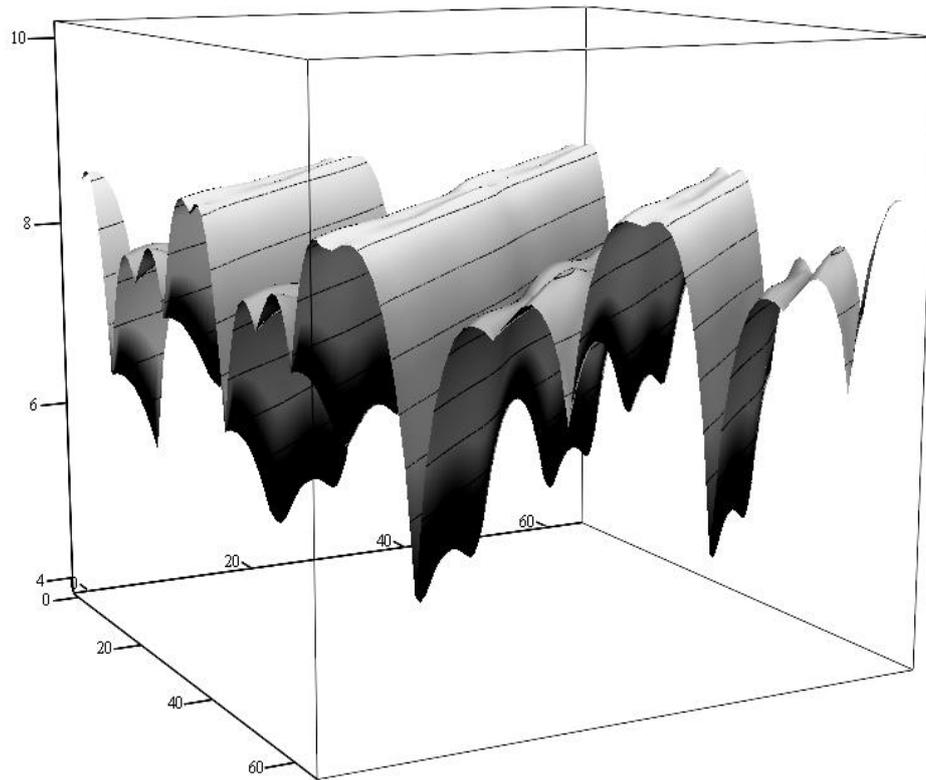


Рис. 2. Вид зависимости энтропии спектра для класса двухпараметрических преобразований.

Заключение

В настоящей работе выведено два представления так называемых многопараметрических циклических ортогональных вейвлет-преобразований, названные третьей и четвертой канонической формами. Они представляют собой произведение слабозаполненных матриц вращения и описывают быстрый алгоритм циклических вейвлет-преобразований. Оба выражения зависят от конечного числа свободных параметров, которые можно менять независимо друг от друга. При каждом значении свободных параметров получается конкретное циклическое ортогональное вейвлет-преобразование, что создает основу для унифицированного описания всех подобных преобразований.

Список использованной литературы

Daubechies I. Ten Lectures on Wavelets. Society for Industrial and Applied Mathematics, Philadelphia: PA, 1992 . 68 p.

Daubechies I., Sweldens W. Factoring wavelet transforms into lifting steps // J. Fourier Anal. Appl. 1998. Vol. 4. No. 3. P. 247-269.

Рецензент статьи: кандидат технических наук, доцент Института экономики и управления Уральского государственного лесотехнического университета М.П. Воронов.

УДК 621.391

В.П. Часовских¹, В.Г. Лабунец¹, Т.С. Федорова¹, Е.Остхаймер²

¹Уральский государственный лесотехнический университет, г. Екатеринбург

²Capricat LLC 1340 S. Ocean Blvd., Suite 209 Pompano Beach, 33062 Florida, USA

СЕМЕЙСТВО ОБОБЩЕННЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ХААРА



Введение

В 1909 году знаменитый венгерский математик А. Хаар (Haar, 1910) в своей диссертации построил систему ортогональных функций $\{Haar_k(t)\}_{k=0}^{\infty}$, определенных на интервале $[0,1]$. Это была первая ортогональная система со следующим замечательным свойством: любая непрерывная на отрезке $[0,1]$ функция $f(t)$ разлагается в равномерно сходящийся ряд по функциям системы $\{Haar_k(t)\}_{k=0}^{\infty}$:

$$f(t) = \sum_{k=0}^{\infty} F(k) Haar_k(t)$$

Функции $Haar_k(t)$ называют классическими функциями Хаара. В дальнейшем функции Хаара исследовались во многих работах. Большинство из них связано с теорией ортогональных рядов. В последнее десятилетие функции Хаара находят широкое применение в цифровой обработке сигналов. В зависимости от математической модели различают два вида преобразования Хаара – непрерывное и дискретное. В случае непрерывного преобразования говорят о двоичных отрезках.

Определение 1. Двоичными называют такие отрезки, которые могут быть получены путем деления отрезка $[0,1]$ на 2^n равных частей для произвольного $n \in \mathbb{N}$, то есть

$$l_{2^n, j} = \left[\frac{j}{2^n}, \frac{j+1}{2^n} \right),$$

где j меняется от 0 до $2^n - 1$, а $n = 0, 1, 2, \dots$ (в случае $j = 2^n - 1$ $l_{n, j}$ замкнут также справа).

Функции Хаара кусочно-постоянны на двоичных отрезках. Мы будем считать все эти отрезки замкнутыми слева и открытыми справа, если их правый конец отличен от 1, в противном случае отрезок замкнут также справа. Таким образом, двоичные отрезки - это отрезки следующего вида:

$$\begin{aligned} l_{2^0, 0} &= [0, 1], & n &= 0, \\ l_{2^1, 0} &= \left[0, \frac{1}{2} \right), l_{2^1, 1} = \left[\frac{1}{2}, 1 \right], & n &= 1, \\ l_{2^2, 0} &= \left[0, \frac{1}{4} \right), l_{2^2, 1} = \left[\frac{1}{4}, \frac{1}{2} \right), l_{2^2, 2} = \left[\frac{1}{2}, \frac{3}{4} \right), l_{2^2, 3} = \left[\frac{3}{4}, 1 \right], & n &= 2. \end{aligned} \tag{1}$$

Левую и правую половины двоичного отрезка $l_{2^n, j}$ удобно обозначить $l_{2^n, j}^0$ и $l_{2^n, j}^1$, так что $l_{2^n, j}^0 \cup l_{2^n, j}^1 = l_{2^n, j}$. Нетрудно проверить, что

$$l_{2^n, j}^0 = l_{2^{n+1}, 2j}, \quad l_{2^n, j}^1 = l_{2^{n+1}, 2j+1}$$

Систему функций Хаара $\{Haar_{2^n, j}(t)\}_{m=0, j=0}^{\infty, 2^m-1}$ удобно строить группами: группа с номером m содержит 2^m функций Хаара.

Определение 2. Системой нормированных функций Хаара называется следующая совокупность функций:

$$\overline{Haar}_{0,0}(t) \equiv 1, \quad \overline{Haar}_k(t) = \overline{Haar}_{2^n, j}(t) = \begin{cases} 2^{\frac{m-1}{2}}, & \text{при } t \in l_{2^n, j}^0, \\ -2^{\frac{m-1}{2}}, & \text{при } t \in l_{2^n, j}^1, \\ 0, & \text{при } t \in l_{2^n, j} \end{cases} \quad (2)$$

Теорема 1. Функции Хаара образуют полные ортонормированную и ортогональную системы функций в пространстве $\mathbb{L}_2[0, 1]$:

$$\int_0^1 \overline{Haar}_k(t) \overline{Haar}_{k'}(t) dt = \delta_{kk'},$$

$$\int_0^1 \overline{Haar}_k(t) \overline{Haar}_{k'}(t) dt = 2^n \delta_{kk'}.$$

Доказательство: Докажем только ортогональность, доказательство полноты можно найти в работе (Соболев, 1969). Если обе функции принадлежат одной группе, то легко видеть, что произведение $\overline{Haar}_k(t) \overline{Haar}_{k'}(t) = 0$. Если $k' = 1, k > 1$, то

$$\int_0^1 \overline{Haar}_k(t) \overline{Haar}_{k'}(t) dt = \int_0^1 \overline{Haar}_k(t) dt = \int_{l_{2^n}} \overline{Haar}_k(t) dt = 0$$

Пусть теперь обе функции принадлежат разным группам: $k = (2^n, j), k' = (2^{n'}, j')$. Если $l_{2^n, j}$ не содержится в $l_{2^{n'}, j'}$, то снова $\overline{Haar}_k(t) \overline{Haar}_{k'}(t) = 0$. Если же $l_{2^n, j} \subset l_{2^{n'}, j'}$, то либо $l_{2^n, j} \subset l_{2^{n'}, j'}^0$ либо $l_{2^n, j} \subset l_{2^{n'}, j'}^1$. И тогда

$$\int_0^1 \overline{Haar}_k(t) \overline{Haar}_{k'}(t) dt = \int_{l_{2^n, j}} \overline{Haar}_{2^n, j}(t) \overline{Haar}_{2^{n'}, j'}(t) dt =$$

$$= \pm 2^{\frac{m-1}{2}} \int_{l_{2^n, j}} \overline{Haar}_{2^n, j}(t) dt = 0.$$

Докажем теперь, что функции Хаара $\overline{Haar}_k(t)$ нормированы:

$$\int_0^1 \overline{Haar}_k^2(t) dt = 1$$

При $k = 1$ это очевидно. Если же $k > 1$, то из (2) следует

$$\int_0^1 \overline{Haar}_{m_j}^2(t) dt = \int_{l_{m_j}} \overline{Haar}_{m_j}^2(t) dt = 2^m |l_{m_j}| = 1.$$

Таким образом, любую функцию $f(t) \in \mathbb{L}_2(0, 1)$ можно разложить в ряд Хаара.

$$f(t) = \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{j=0}^{2^m-1} F_{m,j} Haar_{2^m, j}(t) + F_{0,0} Haar_{0,0}(t), \quad (3)$$

где

$$F_{m,j} = \int_0^1 f(t) Haar_{2^m, j}(t) dt. \quad (4)$$

Довольно часто функции Хаара определяют не на конечном целочисленном отрезке $[0, 2^n - 1]$, а на группе $Z_2^n = Z_2 \oplus Z_2 \oplus \dots \oplus Z_2$, которая считается вложенной в этот отрезок. Таким путем получают дискретные преобразования Хаара.

Целочисленные двоичные отрезки можно ввести по аналогии с (1):

$$l_{m,j}^n = [j2^{n-m+1}, (j+1)2^{n-m+1} - 1], \quad m=1,2,\dots,n, \quad j=0,1,\dots,2^m - 1$$

Рассмотрим теперь двоичные разложения чисел от 0 до 2^n . Для наглядности возьмем конкретный пример. Пусть $n=3$. Тогда все числа $t \in \{0,1,2,\dots,7\}$ можно записать в виде трехразрядных двоичных чисел $t = (t_3, t_2, t_1)$:

	0	1	2	3	4	5	6	7
t_3	0	1	0	1	0	1	0	1
t_2	0	0	1	1	0	0	1	1
t_1	0	0	0	0	1	1	1	1

Из этого представления видно, что двоичные отрезки совпадают с периодами разрядов t_3, t_2, t_1 , т.е.

$$l_{mj} = T^j(t_m),$$

где $T^j(t_m)$ – j -ый период m -го разряда, состоящий из двух полупериодов ${}^0T^j(t_m)$ и ${}^1T^j(t_m)$:

$$T^j(t_m) = {}^0T^j(t_m) + {}^1T^j(t_m).$$

Дискретные функции Хаара можно определить следующим образом:

$$haar_{0,0}(t) = 1$$

$$haar_{m,j}(t) = \begin{cases} 2^{-\frac{m-1}{2}}, & t \in l_{mj}^0 = {}^0T^j(t_m), \\ -2^{-\frac{m-1}{2}}, & t \in l_{mj}^1 = {}^1T^j(t_m). \end{cases}$$

При каждом фиксированном значении n можно построить квадратную $2^n \times 2^n$ -матрицу Хаара, записав функции $haar_{m,j}(t)$ в виде ее строк.

Ниже перечислены некоторые свойства системы Хаара:

1) Система Хаара полна в $L_p[0,1]$ при любом $p \in [0, \infty]$, где $L_p[0,1]$ – пространство всех функций с нормой

$$\|f\|_p = \left[\int_0^1 |f(t)|^p dt \right]^{\frac{1}{p}}. \tag{5}$$

Это означает, что в $L_p[0,1]$ нет такой функции, которая была бы ортогональна ко всем $Haar_{m,j}(t)$ и не равнялась бы почти во всех точках нулю.

2) Система Хаара образует базис в $L_p[0,1]$ при любом $p \in [0, \infty]$. Это означает, что для каждой функции $f(t) \in L_p[0,1]$ ряд Фурье-Хаара сходится к ней по норме:

$$\lim_{k \rightarrow \infty} \left\| f(t) - \sum_{k=0} F_k Haar_k(t) \right\|_p = 0 \tag{6}$$

3) Для каждой функции $f(t) \in L_p[0,1]$ справедливо равенство Парсеваля:

$$\sum_{k=1}^{\infty} F_k^2 = \int_0^1 f^2(t) dt. \tag{7}$$

4) Система Хаара является системой сходимости. Это означает, что если числа $\{F_k\}$ удовлетворяют условию $\sum_{k=1}^{\infty} F_k^2 < \infty$, то ряд $\sum_{k=0}^{\infty} F_k Haar_k(t)$ сходится почти всюду во всех точках отрезка $[0,1]$.

5) Через функции Хаара довольно просто выражаются некоторые системы функций.

Пример 1. Система Радемахера $\{Rd_m(t)\}$, $m \in \mathbb{N}$ состоит из функций

$$Rd_m(t) = \text{sign}(\sin 2^m \pi t), \quad \text{где } 0 \leq t \leq 1, \quad m = 1, 2, \dots$$

и при $m \geq 1$ во всех точках непрерывности

$$Rd_m(t) = 2^{\frac{m-1}{2}} \sum_{j=0}^{2^{m-1}} Haar_{m,j}(t) - \frac{m-1}{2}.$$

В целом, если сравнивать матрицы Уолша, Хаара и Радемахера, то можно найти связь между этими функциями:

$$Haar_{m,j}(t) = \begin{cases} Wal_{0\dots\alpha_m\dots 0}(t), & t \in I_{mj} = T^j(t), \\ 0, & t \notin I_{mj} = T^j(t), \\ Wal_{0\dots\alpha_m\dots 0}(t) = Rd_m(t). \end{cases}$$

Такое определение функций Хаара допускает их естественное обобщение на тот случай, когда вместо функций Радемахера и Уолша берутся обобщенные функции Радемахера и Уолша.

К-функции Хаара и к-преобразование Хаара

Наиболее простое обобщение функций Хаара получается в том случае, когда мы начинаем рассматривать k -ичные отрезки и функции Радемахера группы k -ичных чисел. k -ичные отрезки – это такие отрезки, которые могут быть получены путем деления отрезков $[0,1]$ и $[0, k^n - 1]$ на k^m равных частей. Например,

$$\begin{aligned} & [0,1], & m=0 \\ & \left[0, \frac{1}{k}\right], \left[\frac{1}{k}, \frac{2}{k}\right], \dots, \left[\frac{k-1}{k}, 1\right], & m=1 \\ & \left[0, \frac{1}{k^2}\right], \left[\frac{1}{k^2}, \frac{2}{k^2}\right], \dots, \left[\frac{k^2-1}{k^2}, 1\right], & m=2 \\ & \dots \end{aligned}$$

k -ичные отрезки единичного отрезка и

$$\begin{aligned} & [0, k^n - 1], & m=0 \\ & [0, k^{n-1} - 1], [k^{n-1}, 2k^{n-1} - 1], \dots, [(k-1) \cdot k^{n-1}, k \cdot k^{n-1} - 1], & m=1 \\ & \dots \end{aligned}$$

k -ичные отрезки дискретного отрезка $[0, k^n - 1]$.

Для k -ичных отрезков введем следующие обозначения:

$$\begin{aligned} {}_k L_{m,j} &= [jk^{-m+1}, (j+1)k^{-m+1}], \\ {}_{k^n} I_{m,j} &= [jk^{n-m+1}, (j+1)k^{n-m+1} - 1], \end{aligned}$$

где j меняется от 0 до $k^{m-1} - 1$, а $m=1, 2, \dots, n$ в первом и $m=1, 2, \dots, n$ - во втором случаях.

Легко видеть, что при каждом m

$$\begin{aligned} & {}_k L_{m,0} \cup {}_k L_{m,1} \cup {}_k L_{m,2} + \dots + {}_k L_{m,k^m-1} = [0,1], \\ & {}_{k^n} I_{m,0} \cup {}_{k^n} I_{m,1} \cup {}_{k^n} I_{m,2} + \dots + {}_{k^n} I_{m,k^m-1} = [0, k^n - 1]. \end{aligned}$$

Отрезки ${}_k L_{m,j}$ и ${}_{k^n} I_{m,j}$ бывает удобно разбить на k равных частей $\left\{ {}_k L_{m,j}^s \right\}_{s=0}^{k-1}$ и $\left\{ {}_{k^n} I_{m,j}^s \right\}_{s=0}^{k-1}$ так, что

$$\begin{aligned} & {}_k L_{m,j}^0 + {}_k L_{m,j}^1 + \dots + {}_k L_{m,j}^{k-1} = \sum_{s=0}^{k-1} {}_k L_{m,j}^s = {}_k L_{m,j}, \\ & {}_{k^n} I_{m,j}^0 + {}_{k^n} I_{m,j}^1 + \dots + {}_{k^n} I_{m,j}^{k-1} = \sum_{s=0}^{k-1} {}_{k^n} I_{m,j}^s = {}_{k^n} I_{m,j}. \end{aligned}$$

Систему k -функций Хаара $\left\{ {}_k Haar_{m,j}^r(t) \right\}_{j=0, r=0}^{k^{m-1}-1, k-1}$ удобно строить группами: группа с номером m содержит $k^{m-1}(k-1)$ функций ${}_k Haar_{m,j}^r(t)$, где индекс j означает сдвиг носителя

${}_k L_{m,j}$ функции ${}_k Haar_{m,0}^r(t)$ на расстояние $\frac{j}{k^{m-1}}$ от начала координат.

Определение 3. k -базисом ортогональных непрерывных функций Хаара называется следующая совокупность функций

$$\begin{cases} {}_k\text{Haar}_0(t) = {}_k\text{Haar}_{0,1}^0(t) \equiv 1 \\ {}_k\text{Haar}_{m,j}^r(t) = \begin{cases} \varepsilon^{rs}, & t \in {}_kL_{m,j}^s, \\ 0, & t \notin {}_kL_{m,j}^s, \end{cases} \end{cases} \quad (8)$$

где $\varepsilon = \sqrt[k]{1}$, а r меняется от 1 до $k-1$.

Очевидно, что

$${}_k\text{Haar}_{m,j}^r(t) = {}_k\text{Haar}_{m,0}^r\left(t + \frac{j}{k^{m-1}}\right).$$

Теорема 2. Множество функций ${}_k\text{Haar}_{m,j}^r(t)$ образуют в пространстве $L_p[0,1]$ ортогональную систему функций:

$$\int_0^1 {}_k\text{Haar}_{m,j}^r(t) {}_k\text{Haar}_{m_1,j_1}^{r_1}(t) dt = \frac{1}{k^{m-1}} \delta_{mm_1} \delta_{jj_1} \delta_{rr_1}.$$

Доказательство этой теоремы аналогично доказательству теоремы 1.

Для построения дискретных функций Хаара воспользуемся конечными группами $Z_k^n = Z_k \oplus Z_k \oplus \dots \oplus Z_k$ и целочисленными k -ичными отрезками

$${}_k^n I_{m,j} = {}_k^n T_j(t_m), \quad m=1,2,\dots,n, \quad j=0,1,\dots,k^{m-1}-1,$$

представленными j -ми периодами m -ых разрядов t_m числа t в k -ичной системе счисления.

Определение 4. k -базисом ортогональных дискретных функций Хаара называется следующая совокупность функций

$$\begin{cases} {}_k\text{haar}_{0,0}^0(t) \equiv \text{haar}_0(t) \equiv 1, \\ {}_k^n\text{haar}_{m,j}^r(t) = \begin{cases} \varepsilon^{r_m}, & t \in {}_k^n T_j(t_m), \\ 0, & t \notin {}_k^n T_j(t_m). \end{cases} \end{cases} \quad (9)$$

Всю совокупность дискретных функций Хаара удобно представить в виде квадратной $(k^n \times k^n)$ -матрицы Хаара, записав функции ${}_k^n\text{haar}_{m,j}^r(t)$ в виде ее строк.

Пример 2. При $n=2$ и $k=3$, $\varepsilon = \sqrt[3]{1}$ матрица Хаара имеет вид

$$H_{3^2} = [{}_k^n\text{haar}_{m,j}^r(t)] = \begin{matrix} \text{haar}_{0,0}^0(t) \\ \text{haar}_{1,0}^1(t) \\ \text{haar}_{1,0}^2(t) \\ \text{haar}_{2,0}^1(t) \\ \text{haar}_{2,1}^1(t) \\ \text{haar}_{2,2}^1(t) \\ \text{haar}_{2,0}^2(t) \\ \text{haar}_{2,1}^2(t) \\ \text{haar}_{2,2}^2(t) \end{matrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon^2 & \varepsilon^2 & \varepsilon^2 \\ 1 & 1 & 1 & \varepsilon^2 & \varepsilon^2 & \varepsilon^2 & \varepsilon & \varepsilon & \varepsilon \\ 1 & \varepsilon & \varepsilon^2 & & & & & & \\ & & & 1 & \varepsilon & \varepsilon^2 & & & \\ & & & & & & 1 & \varepsilon & \varepsilon^2 \\ 1 & \varepsilon^2 & \varepsilon & & & & & & \\ & & & 1 & \varepsilon^2 & \varepsilon & & & \\ & & & & & & 1 & \varepsilon^2 & \varepsilon \end{bmatrix}$$

Из приведенного примера ясна роль индексов m, j, r , а именно: групповой номер m определяет длину дискретного интервала ${}_k^n T_j(t_m) = \frac{k^n}{k^{m-1}}$, на котором функция не равна нулю, а j - его положение на целочисленном отрезке $[0, k^n - 1]$. Наконец, последний подгрупповой индекс r означает степень экспоненты.

Матрица H_{3^2} строится достаточно просто по числам (t_1, t_2) троичного разложения чисел $t = 0, 1, 2, \dots, 3^2 - 1$:

$$\begin{matrix} t & \left| \begin{array}{cccccccc} 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 \end{array} \right. \\ t_1 & \left| \begin{array}{cccccccc} 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 2 & 2 & 2 \end{array} \right. \\ t_2 & \left| \begin{array}{cccccccc} 0 & 1 & 2 & 0 & 1 & 2 & 0 & 1 & 2 \end{array} \right. \end{matrix}$$

Первая функция $haar_{1,0}^1(t)$ из группы функций с номером $m=1$ имеет у ε в качестве показателя числа $1 \cdot t_1$ (когда t меняется от 0 до 8). Вторая функция $haar_{1,0}^2(t)$ имеет в качестве показателей числа $2 \cdot t_1$. Числа t_2 повторяются периодически три раза при изменении t от 0 до 8. Вторая группа функций Хаара ($m=2$) отличается от нуля только на одном периоде: первая функция первой подгруппы $haar_{2,0}^1(t)$ - на первом периоде, вторая функция $haar_{2,1}^1(t)$ этой подгруппы - на втором, третья $haar_{2,2}^1(t)$ - на третьем и т.д. Причем в качестве показателей степеней у ε в данной группе функций выступают числа $1 \cdot t_2$. Затем идет аналогичная тройка функций с подгрупповым номером $r=2$, имеющих в качестве показателей у ε числа $2 \cdot t_2$.

Если бы мы взяли значения $k=3$ и $n=3$, то в таком случае матрица Хаара имела бы размерность $(3^3 \times 3^3)$. Аналогично, как и в предыдущем случае ($n=2, k=3$), такую матрицу можно построить по числам (t_1, t_2, t_3) троичного разложения числа $t = 0, 1, 2, \dots, 3^3 - 1$.

Наряду с тройной нумерацией (m, r, j) функций Хаара используют и одноиндексную нумерацию: функции $haar_{m,j}^r(t)$ приписывают один номер, который записывают в виде n -разрядного числа в системе счисления с основанием k :

$$\alpha = k^{m-1} \cdot r + j = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n). \tag{10}$$

Напомним, что здесь m меняется от 1 до n , r от 1 до $k-1$ и j от 0 до $k^{m-1} - 1$. Для примера 2 соответствие (10) имеет вид:

$(m \ r \ j)$	\rightarrow	α	$=$	$(\alpha_1 \ \alpha_2)$
0 0 0		0		0 0
1 1 0		1		0 1
1 2 0		2		0 2
2 1 0		3		1 0
2 1 1		4		1 1
2 1 2		5		1 2
2 2 0		6		2 0
2 2 1		7		2 1
2 2 2		8		2 2

При такой нумерации можно дать следующее определение функциям Хаара.

Определение 5. Функции

$$\begin{cases} haar_{00\dots 0}(t) \equiv 1, \\ haar_{0\dots\alpha_{n-m+1}\dots\alpha_n}(t) = \begin{cases} \chi_{0\dots\alpha_{n-m+1}\dots 0}(t_1, \dots, t_n) = \varepsilon^{\alpha_{n-m+1}t_m}, & t \in T_j(t_m), \text{ или, что то же самое,} \\ 0, & t \notin T_j(t_m). \end{cases} \end{cases}$$

$$\begin{cases} haar_0(t) \equiv 1, \\ haar_\alpha(t) = \begin{cases} \chi_{0\dots\alpha_{n-m+1}\dots 0}(t_1, \dots, t_n) = \varepsilon^{\alpha_{n-m+1}t_m}, & (\alpha_{n-m+2}, \dots, \alpha_n) = (t_1, \dots, t_{m-1}), \\ 0, & (\alpha_{n-m+2}, \dots, \alpha_n) \neq (t_1, \dots, t_{m-1}). \end{cases} \end{cases}$$

называются дискретными k -функциями Хаара, где $\chi_{\alpha_1\alpha_2\dots\alpha_n}(t_1, t_2, \dots, t_n)$ - характеры группы Z_k^n , α_{n-m+1} - первый слева ненулевой разряд n -разрядного k -ичного числа $(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n) = \alpha$ и $t = (0, \dots, \alpha_{n-m+2}, \dots, \alpha_n, \alpha_{n-1})$ - k -ичное разложение числа j в $T_j(t_m)$. В этом определении подразумевается существование $n+1$ -го разряда $\alpha_{n+1} = 0$ у числа $\alpha = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n, \alpha_{n+1}) = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$ и нулевого $t_0 = 0$ у $t = (t_0, t_1, t_2, \dots, t_n) = (0, t_1, t_2, \dots, t_n)$

Довольно часто в литературе функциями Хаара называют несколько иные функции. Будем называть их функциями Хаара с меткой π для того, чтобы отличать от классических функций Хаара.

Определение 6. Функции

$$\begin{aligned} & \begin{cases} \pi Haar_{00\dots 0}(t) \equiv 1, \\ \pi Haar_{\alpha}(t) = \pi Haar_{0\dots \alpha_{n-m+1}\dots \alpha_n}(t) = \\ = \begin{cases} \varepsilon^{\alpha_{n-m}}(t_1, \dots, t_n), (\alpha_{n-m+2}, \dots, \alpha_{n+1}) = (t_{n-m+2}, \dots, t_{n+1}), \\ 0, (t_1, \dots, t_n), (\alpha_{n-m+2}, \dots, \alpha_{n+1}) \neq (t_{n-m+2}, \dots, t_{n+1}). \end{cases} \end{cases} \end{aligned}$$

называются k -функциями Хаара с меткой π . Здесь $\alpha_{n+1} \equiv t_{n+1} \equiv 0$.

Функции Хаара, ассоциированные с группой перестановок

Наряду с системами k -функций Хаара можно определить еще целый ряд ортогональных функций, обладающих схожими свойствами. Пусть S_n - симметрическая группа подстановок, действующая на номерах разрядов числа $t = (t_1, t_2, \dots, t_n)$, т.е. на множестве $\{1, 2, \dots, n\}$.

Если $\sigma = \begin{pmatrix} 1 & 2 & \dots & n \\ j_1 & j_2 & \dots & j_n \end{pmatrix}$, то положим $\sigma t = \sigma(t_1, t_2, \dots, t_n) = (t_{j_1}, t_{j_2}, \dots, t_{j_n})$.

Пусть $x(t)$ - функция, заданная на группе Z_k^n . Тогда преобразование аргумента t под действием σ порождает некоторое линейное преобразование $P(\sigma)$ функции $x(t)$:

$$x(\sigma t) = P(\sigma)x(t).$$

Ясно, что $P(\sigma)$ является k^n -мерным представлением S_n .

Если функции Хаара представлены матрицей Хаара, то действие группы S_n порождает некоторую перестановку ее столбцов. Пусть, например, $k = 3$ и $n = 2$. Тогда все числа от 0 до 8 представляются в виде двухразрядного числа $t = (t_1, t_2)$. Если, например, $\sigma(t) = \sigma(t_1, t_2) = (t_2, t_1)$, то такая перестановка разрядов порождает следующую перестановку столбцов

$$\eta = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 \\ 0 & 3 & 6 & 1 & 4 & 7 & 2 & 5 & 8 \end{pmatrix}$$

Для каждого $\sigma \in S_n$ множество $\{haar_{\alpha}(\sigma t)\} = \{\sigma haar_{\alpha}(t)\}$ является полной системой ортогональных функций на отрезке $[0, k^n - 1]$. Эти функции обладают следующими свойствами:

1. $\sigma haar_{\alpha}(t) \equiv 1$,
2. Все функции $\sigma haar_{\alpha}(t)$ принимают значения из множества $\{0, 1, \varepsilon, \dots, \varepsilon^{k-1}\}$,
3. Норма функции $\sigma haar_{\alpha}(t)$ равна k^j , где j - номер первой слева нулевой компоненты вектора $(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$,
4. Система функций $\{\sigma haar_{\alpha}(t)\}$ является ортогональным базисом пространства $L(Z_k^n, \mathbb{C})$, поэтому любая функция $x(t) \in L(Z_k^n, \mathbb{C})$ может быть представлена в виде линейной комбинации базисных функций:

$$x(t) = \sum_{\alpha=0}^{k^n-1} X(\alpha) \sigma haar_{\alpha}(t), \tag{11}$$

где

$$X(\alpha) = k^{-n} \sum_{t=0}^{k^n-1} x(t) \sigma haar_{\alpha}(t). \tag{12}$$

Множество функций $\{\sigma\text{-}haar_\alpha(t)\}$ для некоторого $\sigma \in S_n$ называют k -системой функций Хаара с отметкой σ .

Пример 3. Рассмотрим все функции Хаара с отметкой σ для случая $k=2$ и $m=3$. Так как $|S_3|=6$, то будем иметь шесть различных систем функций:

$$\sigma_0 H_{2^3} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & & & & \\ & & & & 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & & & & & & \\ & & 1 & -1 & & & & \\ & & & & 1 & -1 & & \\ & & & & & & 1 & -1 \end{bmatrix},$$

$$\sigma_1 H_{2^3} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & & & 1 & -1 & & \\ & & 1 & -1 & & & 1 & -1 \\ 1 & & & & -1 & & & \\ & 1 & & & & & -1 & \\ & & 1 & & & & & -1 \\ & & & 1 & & & & -1 \end{bmatrix},$$

$$\sigma_2 H_{2^3} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & & 1 & & -1 & & -1 & \\ & 1 & & 1 & & -1 & & -1 \\ 1 & & -1 & & & & & \\ & & & 1 & & -1 & & \\ & 1 & & -1 & & & & \\ & & & & 1 & & & -1 \end{bmatrix},$$

$$\sigma_3 H_{2^3} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & & & & \\ & & & & 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & & -1 & & & & & \\ & 1 & & -1 & & & & \\ & & & 1 & & -1 & & \\ & & & & 1 & & & -1 \end{bmatrix},$$

$$\sigma_4 H_{2^3} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & & -1 & & 1 & & -1 & \\ & 1 & & -1 & & 1 & & -1 \\ 1 & & & & -1 & & & \\ & & 1 & & & & -1 & \\ & 1 & & & & & -1 & \\ & & & 1 & & & & -1 \end{bmatrix},$$

$$\sigma_5 H_{2^3} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 & 1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & 1 & & & -1 & -1 & & \\ & & 1 & 1 & & & -1 & -1 \\ 1 & -1 & & & & & & \\ & & & & 1 & -1 & & \\ & & 1 & -1 & & & & \\ & & & & & & 1 & -1 \end{bmatrix},$$

записанных соответственно для перестановок

$$\sigma_0 = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 1 & 2 & 3 \end{pmatrix}, \quad \sigma_1 = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 2 & 3 & 1 \end{pmatrix}, \quad \sigma_2 = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 3 & 1 & 2 \end{pmatrix},$$

$$\sigma_3 = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 1 & 3 & 2 \end{pmatrix}, \quad \sigma_4 = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 3 & 2 & 1 \end{pmatrix}, \quad \sigma_5 = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 2 & 1 & 3 \end{pmatrix}.$$

Функции Хаара, ассоциированные с абелевыми группами

Пусть $H_{h_1, h_2, \dots, h_n} = Z_{h_1} \oplus Z_{h_2} \oplus \dots \oplus Z_{h_n}$ - произвольная конечная коммутативная группа,

а

$$\chi_\beta(t) = \chi_{\alpha_1 \alpha_2 \dots \alpha_n}(t_1 t_2 \dots t_n) = \varepsilon_1^{\beta t_1} \varepsilon_2^{\beta t_2} \dots \varepsilon_n^{\beta t_n}$$

ее характеры.

Определим H_{h_1, h_2, \dots, h_n} -функции Хаара, подобные классическим k -функциям Хаара (см. определения 3, 4). Для этого необходимо ввести понятие H_{h_1, h_2, \dots, h_n} -отрезка.

Определение 7. H_{h_1, h_2, \dots, h_n} -отрезками будем называть отрезки, которые могут быть получены путем деления отрезка $[0,1]$ на h_1 разных частей, или на $h_1 h_2$ частей, или на $h_1 h_2 h_3$ частей и т.д. вплоть до деления на $h_1 h_2 \dots h_{n-1}$ частей.

Аналогично можно делить целочисленный отрезок $[0, h-1]$.

Для H_{h_1, h_2, \dots, h_n} -отрезков введем следующие обозначения:

$$h_{1, h_2, \dots, h_n} \ell_{mj} = \left[\frac{jN}{h^{[1, m-1]}}, \frac{(j+1)N}{h^{[1, m-1]}} \right] =$$

$$= \left[jh^{[n, m-1]}, (j+1)h^{[n, m-1]} \right] = T^j(t_m)$$

где $h^{[1,0]} \equiv 1, h^{[1, m-1]} := h_1, h_2, \dots, h_{m-1},$

$j = 0, 1, \dots, h^{[1, m-1]} - 1, m = 1, 2, \dots, n.$

Пример 4. Пусть к примеру $H_{2,3,\dots,4} = Z_2 \oplus Z_3 \oplus Z_4$. Тогда целочисленные отрезки:

$$[0, 23];$$

$$[0, 11], [12, 23];$$

$$[0, 3], [4, 7], [8, 11], [12, 15], [16, 19], [20, 23],$$

и т.д. Их связь с периодами разрядов t_1, t_2, t_3 можно увидеть из следующих равенств:

$${}_{2,3,4} \ell_{1,0} = [0, 23] = T^0(t_1);$$

$${}_{2,3,4} \ell_{2,0} = [0, 11] = T^0(t_2), \quad {}_{2,3,4} \ell_{2,1} = [12, 23] = T^1(t_2);$$

$${}_{2,3,4} \ell_{3,0} = [0, 3] = T^0(t_3), \quad {}_{2,3,4} \ell_{3,1} = [4, 7] = T^1(t_3),$$

$${}_{2,3,4} \ell_{3,2} = [8, 11] = T^2(t_3), \quad {}_{2,3,4} \ell_{3,3} = [12, 15] = T^3(t_3),$$

$${}_{2,3,4} \ell_{3,4} = [16, 19] = T^4(t_3), \quad {}_{2,3,4} \ell_{3,5} = [20, 23] = T^5(t_3),$$

где периоды $T^i(t_m)$ можно увидеть из следующей таблицы:

t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
t_3	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3
t_2	0	0	0	0	1	1	1	1	2	2	2	2	0	0	0	0	1	1	1	1	2	2	2	2
t_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Определение 8. Множество функций

$$\begin{cases} haar_{0,0}^0(t) \equiv 1, \\ haar_{m,j}^\alpha(t) = \begin{cases} \chi_{0\dots\alpha_m\dots 0}(t) = \varepsilon_m^{\alpha m + t_m}, & t \in \ell_{mj} = T^j(t_m), \\ 0, & t \notin \ell_{mj} = T^j(t_m), \end{cases} \end{cases}$$

где j меняется от 0 до $h^{[1,m-1]}$, $m=1,2,\dots,n$, $\alpha=1,2,\dots,h_{m-1}$, $\varepsilon = \sqrt[h]{1}$ назовем **H-функциями Хаара**.

Из определения **H-функций Хаара** следует их ортогональность:

$$\sum_{t=0}^{N-1} haar_{m_1,j_1}^{r_1}(t) haar_{m_2,j_2}^{r_2}(t) = \begin{cases} \frac{N}{h[1,m-1]}, & r_1 = r_2, m_1 = m_2, j_1 = j_2 \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Пример 5. Пусть $H_{2,3,4} = Z_2 \oplus Z_3 \oplus Z_4$. Чтобы построить матрицу Хаара, воспользуемся числами $t=0,1,\dots,23$ в системе счисления со смешанными основаниями 2,3,4 (см. пример 4) и заполним строки функциями Хаара.

$$H_{(2,3,4)} =$$

1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
1	1	1	1	γ	γ	γ	γ	γ^2	γ^2	γ^2	γ^2	1	1	1	1	γ	γ	γ	γ	γ^2	γ^2	γ^2	γ^2
1	1	1	1	γ^2	γ^2	γ^2	γ^2	γ	γ	γ	γ	1	1	1	1	γ^2	γ^2	γ^2	γ^2	γ	γ	γ	γ
1	ε	ε^2	ε^3	1	ε	ε^2	ε^3	1	ε	ε^2	ε^3	1	ε	ε^2	ε^3	1	ε	ε^2	ε^3	1	ε	ε^2	ε^3
1	ε^2	1	ε^2	1	ε^2	1	ε^2	1	ε^2	1	ε^2	1	ε^2	1	ε^2	1	ε^2	1	ε^2	1	ε^2	1	ε^2
1	ε^3	ε^2	ε	1	ε^3	ε^2	ε	1	ε^3	ε^2	ε	1	ε^3	ε^2	ε	1	ε^3	ε^2	ε	1	ε^3	ε^2	ε

Структура данной матрицы и периодика чисел t_1, t_2, t_3 указывает на ту же связь между видом **H-функций** и поведением чисел t_1, t_2, t_3 , что и в случае k -функций Хаара. Следует отметить, что порядок слагаемых в группе H_{h_1, h_2, \dots, h_n} существенным образом влияет на вид **H-функций Хаара**.

Заключение

Разработаны новые теоретические основы непрерывных и дискретных преобразований Хаара, основанных на различных математических моделях. Главная цель работы – показать, что существует целое множество обобщенных преобразований Хаара,

которые обладают теми же замечательными свойствами, что и классические функции Хаара, и в дальнейшем могут быть использованы для решения проблем цифровой обработки сигналов в эффективной манере.

Список использованной литературы

Соболь И.М. Многомерные квадратурные формулы и функции Хаара. М.: Наука, 1969. 288 с.

Haar A. Zur Theorie der orthogonalen Funktionensysteme // Math. Ann. 1910. Vol. 69. No. 3. P. 331-371 (doi: 10.1007/bf01456326).

Рецензент статьи: кандидат технических наук, доцент Института экономики и управления Уральского государственного лесотехнического университета М.П. Воронов.

E. Ostheimer¹, V.G. Labunets², D.E. Komarov², T.S. Fedorova²

¹Capricat LLC, Pompano Beach, Florida, USA,

²Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

FRÉCHET MIMO-FILTERS



Introduction

We develop a conceptual framework and design methodologies for multichannel image median filtering systems with assessment capability. The term multichannel (multicomponent, multispectral, hyperspectral) image is used for an image with more than one component. They are composed of a series of images in different optical bands at wavelengths $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_K$, called spectral channels: $\vec{f}(x, y) = (f_{\lambda_1}(x, y), f_{\lambda_2}(x, y), \dots, f_{\lambda_K}(x, y))$, where K is the number of different optical channels, *i.e.*, $\mathbf{f}(x, y): \mathbf{R}^2 \rightarrow \mathbf{R}^K$, where \mathbf{R}^K is multicolor space.

Let us introduce the observation model and notion used throughout the paper. We consider noise images of the $\mathbf{f}(\mathbf{x}) = \mathbf{s}(\mathbf{x}) + \boldsymbol{\eta}(\mathbf{x})$, where $\mathbf{s}(\mathbf{x})$ is the original K -channel image $\mathbf{s}(\mathbf{x}) = (s_1(\mathbf{x}), s_2(\mathbf{x}), \dots, s_K(\mathbf{x}))$ and $\boldsymbol{\eta}(\mathbf{x})$ denotes the K -channel noise $\boldsymbol{\eta}(\mathbf{x}) = (\eta_1(\mathbf{x}), \eta_2(\mathbf{x}), \dots, \eta_K(\mathbf{x}))$ introduced into the image $\mathbf{s}(\mathbf{x})$ to produce the corrupted image $\mathbf{f}(\mathbf{x}) = (f_1(\mathbf{x}), f_2(\mathbf{x}), \dots, f_K(\mathbf{x}))$. Here, $\mathbf{x} = (i, j) \in \mathbf{Z}^2$ is a 2D coordinates. The aim of image enhancement is to reduce the noise as much as possible or to find a method, which, given $\mathbf{s}(\mathbf{x})$, derives an image $\hat{\mathbf{s}}(\mathbf{x})$ as close as possible to the original $\mathbf{s}(\mathbf{x})$ subjected to a suitable optimality criterion. In a 2D standard linear and median scalar filters with a square N -cellular window $M_{(i,j)}(m, n)$ and located at (i, j) , the mean and median replace the central pixel

$$\hat{s}(i, j) = \mathbf{Mean}_{(m,n) \in M_{(i,j)}} [f(m, n)], \tag{1}$$

$$\hat{s}(i, j) = \mathbf{Med}_{(m,n) \in M_{(i,j)}} [f(m, n)], \tag{2}$$

where $\hat{s}(i, j)$ is the filtered grey-level image, $\{f(m, n)\}_{(m,n) \in M_{(i,j)}}$ is an image block of the fixed size N extracted from f by moving N -cellular window $M_{(i,j)}$ at the position (i, j) , **Mean** and **Med** are the mean (average) and median operators.

Median filtering has been widely used in image processing as an edge preserving filter. The basic idea is that the pixel value is replaced by the median of the pixels contained in a window around it. In this work, this idea is extended to vector-valued images, based on the fact that the median is also the value that minimizes the L_1 distance in \mathbf{R} between all the gray-level pixels in the N -cellular window (Fig.1).

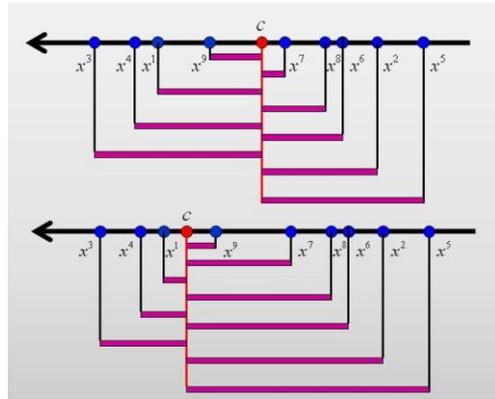


Fig.1. Distances from an arbitrary point c to each point $x^1, x^2, \dots, x^N \in \mathbf{R}$ from 9-cellular window.

In multichannel case, we need to define a distance ρ between pairs of objects on the domain \mathbf{R}^K . Let $\langle \mathbf{R}^K, \rho \rangle$ be a metric multicolour space, and $\rho(\mathbf{x}, \mathbf{y})$ is a distance function for pair of objects \mathbf{x} and \mathbf{y} in \mathbf{R}^K (that is, $\rho(\mathbf{x}, \mathbf{y}): \mathbf{R}^K \times \mathbf{R}^K \rightarrow \mathbf{R}^+$). Let w^1, w^2, \dots, w^N be N weights summing to 1 and let $x^1, x^2, \dots, x^N \subset \mathbf{R}^K$ be N observations (for example, N pixels in the N -cellular window).

Definition 1 (Fréchet, 1948; Bajaj, 1986; 1988). *The optimal Fréchet point associated with the metric $\rho(\mathbf{x}, \mathbf{y})$ is the point, $\mathbf{c}_{opt} \in \mathbf{R}^K$ that minimizes the Fréchet cost function $\sum_{i=1}^N w_i \rho(\mathbf{c}, \mathbf{x}^i)$ (the weighted sum distances from an arbitrary point \mathbf{c} to each point $\mathbf{x}^1, \mathbf{x}^2, \dots, \mathbf{x}^N$). It is formally defined as*

$$\mathbf{c}_{opt} = \text{FrechPt}(\rho | \mathbf{x}^1, \mathbf{x}^2, \dots, \mathbf{x}^N) = \arg \min_{\mathbf{c} \in \mathbf{R}^K} \left(\sum_{i=1}^N w_i \rho(\mathbf{c}, \mathbf{x}^i) \right). \quad (3)$$

Note that $\arg \min$ means the argument, for which the sum is minimized. In this case, it is the point \mathbf{c}_{opt} from \mathbf{R}^K , for which the sum of all distances to the \mathbf{x}^i 's is minimum. So, the optimal Fréchet point of a discrete set of the observations (N pixels) in the metric space $\langle \mathbf{R}^K, \rho \rangle$ is the point minimizing the sum of distances to the N pixels (Fig. 2).

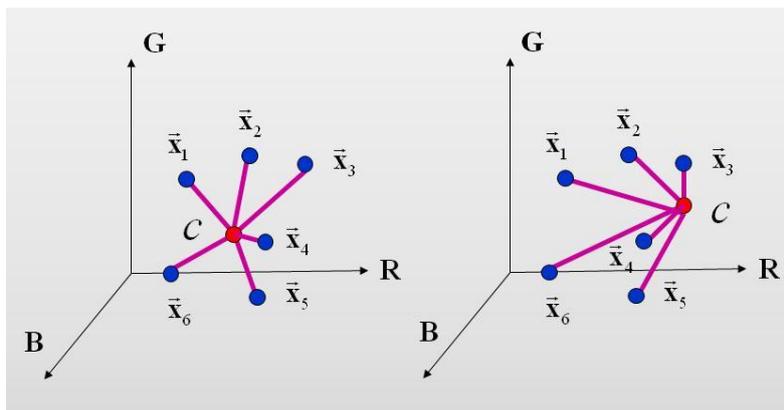


Fig. 2. Distances from an arbitrary point \mathbf{c} to each point $\mathbf{x}^1, \mathbf{x}^2, \dots, \mathbf{x}^N \subset \mathbf{R}^K$ from 9-cellular window.

This generalizes the ordinary median, which has the property of minimizing the sum of distances for one-dimensional data. The properties of this point have been extensively studied since the time of Fermat, (this point is often called the *Fréchet point* (Fréchet, 1948) or *Fermat-Weber point* (Chandrasekaran, Tamir, 1990)). In this paper, we extend the notion of Fréchet point to generalized Fréchet point which minimizes the aggregation Fréchet cost function (AFCF) in the form of an aggregation function $\sigma \text{Agg}_{i=1}^N [w_i \rho(\mathbf{c}, \mathbf{x}^i)]$, instead of the ordinary sum (3):

$$\mathbf{c}_{opt} = \mathbf{FrechPt} \left({}^{cf} \mathbf{Agg}, \rho \mid \mathbf{x}^1, \mathbf{x}^2, \dots, \mathbf{x}^N \right) = \mathbf{arg} \min_{\mathbf{c} \in \mathbf{R}^k} \left({}^{cf} \mathbf{Agg}_{i=1}^N \left[w_i \rho(\mathbf{c}, \mathbf{x}^i) \right] \right). \quad (4)$$

Moreover, we propose use an aggregation distance ${}^{\rho} \mathbf{Agg}(\mathbf{c}, \mathbf{x})$ instead of the classical distance ρ . It gives new cost function

$${}^{cf} \mathbf{Agg} \left[w_1 {}^{\rho} \mathbf{Agg}(\mathbf{c}, \mathbf{x}^1), w_2 {}^{\rho} \mathbf{Agg}(\mathbf{c}, \mathbf{x}^2), \dots, w_N {}^{\rho} \mathbf{Agg}(\mathbf{c}, \mathbf{x}^N) \right]$$

and new optimal Fréchet point associated with the aggregation distance ${}^{\rho} \mathbf{Agg}(\mathbf{c}, \mathbf{x})$ and the aggregation Fréchet cost function ${}^{cf} \mathbf{Agg}$

$$\begin{aligned} \mathbf{c}_{opt} &= \mathbf{FrechPt} \left({}^{cf} \mathbf{Agg}, {}^{\rho} \mathbf{Agg} \mid \mathbf{x}^1, \mathbf{x}^2, \dots, \mathbf{x}^N \right) = \\ &= \mathbf{arg} \min_{\mathbf{c} \in \mathbf{R}^k} \left({}^{cf} \mathbf{Agg}_{i=1}^N \left[w_i \cdot {}^{\rho} \mathbf{Agg}(\mathbf{c}, \mathbf{x}^i) \right] \right). \end{aligned} \quad (5)$$

We use generalized Fréchet point for constructing new nonlinear filters. When filters (1) are modified as follows:

$$\hat{\mathbf{s}}(i, j) = \mathbf{FrechPt}_{(m,n) \in M(i,j)} \left[{}^{cf} \mathbf{Agg}, {}^{\rho} \mathbf{Agg} \mid \mathbf{f}(m, n) \right], \quad (6)$$

it becomes *Fréchet aggregation mean filters*. They are based on an arbitrary pair of aggregation operators ${}^{cf} \mathbf{Agg}$ and ${}^{\rho} \mathbf{Agg}(\mathbf{c}, \mathbf{x})$, which could be changed independently of one another. For each pair of aggregation operators, we get the unique class of new nonlinear filters.

The suboptimal weighted Fréchet median

In computation point view, it is better to restrict the infinite search domain from \mathbf{R}^k until the finite subset $\mathbf{D} = \{\mathbf{x}^1, \mathbf{x}^2, \dots, \mathbf{x}^N\} \subset \mathbf{R}^k$. In this case, we obtain new definition of the *suboptimal Fréchet point* or the *optimal Fréchet median*.

Definition 2. The suboptimal Fréchet point (or optimal Fréchet median) associated with the metric $\rho(\mathbf{x}, \mathbf{y})$ is the point $\hat{\mathbf{c}} \in \mathbf{D}$ that minimizes the FCF over the the restricted search domain $\mathbf{D} \subset \mathbf{R}^k$

$$\hat{\mathbf{c}}_{opt} = \mathbf{FrechMed} \left(\rho \mid \mathbf{x}^1, \mathbf{x}^2, \dots, \mathbf{x}^N \right) = \mathbf{arg} \min_{\mathbf{c} \in \mathbf{D}} \left(\sum_{i=1}^N w_i \rho(\mathbf{c}, \mathbf{x}^i) \right). \quad (7)$$

We use the generalized Fréchet point and median for constructing new nonlinear filters. When filters (1)-(2) are modified as follows:

$$\hat{\mathbf{s}}(i, j) = \mathbf{FrechPt}_{(m,n) \in M(i,j)} \left[\rho \mid f(m, n) \right], \quad (8)$$

$$\hat{\mathbf{s}}(i, j) = \mathbf{FrechMed}_{(m,n) \in M(i,j)} \left[\rho \mid f(m, n) \right] \quad (9)$$

it becomes *Fréchet mean* and *median filters*, associated with the metric $\rho(\mathbf{x}, \mathbf{y})$.

Example 1. If observation data are real numbers, i.e., $x^1, x^2, \dots, x^N \in \mathbf{R}$, and the distance function is the city distance $\rho(x, y) = \rho_1(x, y) = |x - y|$, then the optimal Fréchet point (3) and median (7) for data $x^1, x^2, \dots, x^N \in \mathbf{R}$ to be the classical *Fréchet point* and *classical median*, respectively. They are associated with the city metric $\rho_1(\mathbf{x}, \mathbf{y})$, i.e.,

$$\mathbf{c}_{opt} = \mathbf{FrechPt}_{(m,n) \in M(i,j)} \left(\rho_1 \mid \mathbf{x}^1, \mathbf{x}^2, \dots, \mathbf{x}^N \right) = \mathbf{arg} \min_{\mathbf{c} \in \mathbf{R}} \left(\sum_{i=1}^N |c - x^i| \right), \quad (10)$$

$$\begin{aligned} \hat{\mathbf{c}}_{opt} &= \mathbf{FrechMed} \left(\rho_1 \mid \mathbf{x}^1, \mathbf{x}^2, \dots, \mathbf{x}^N \right) = \\ &= \mathbf{arg} \min_{\mathbf{c} \in \mathbf{D}} \left(\sum_{i=1}^N |c - x^i| \right) = \mathbf{Med} \left(x^1, x^2, \dots, x^N \right). \end{aligned} \quad (11)$$

In this case, filter (8) is *optimal maximum likelihood filter* for Laplace noise, and filter (9) is *ordinary median filter*.

Example 2. If observation data are vectors, i.e., $\mathbf{x}^1, \mathbf{x}^2, \dots, \mathbf{x}^N \in \mathbf{R}^k$ and the distance function is the city distance $\rho(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \rho_1(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \|\mathbf{x} - \mathbf{y}\|_1$, then the Fréchet point (3) and median (8) for vec-

tors $\mathbf{x}^1, \mathbf{x}^2, \dots, \mathbf{x}^N \in \mathbf{R}^K$ to be the Fréchet point (vector) and vector median, respectively, associated with the same metric $\rho_1(\mathbf{x}, \mathbf{y})$

$$c_{opt} = \mathbf{FrechPt}(\rho_1 | \mathbf{x}^1, \mathbf{x}^2, \dots, \mathbf{x}^N) = \mathbf{arg\,min}_{\mathbf{c} \in \mathbf{R}^k} \left(\sum_{i=1}^N \|\mathbf{c} - \mathbf{x}^i\|_1 \right), \quad (12)$$

$$\begin{aligned} \hat{c}_{opt} &= \mathbf{FrechMed}(\rho_1 | \mathbf{x}^1, \mathbf{x}^2, \dots, \mathbf{x}^N) = \\ &= \mathbf{arg\,min}_{\mathbf{c} \in \mathbf{D}} \left(\sum_{i=1}^N \|\mathbf{c} - \mathbf{x}^i\|_1 \right) = \mathbf{VecMed}(\rho_1 | \mathbf{x}^1, \mathbf{x}^2, \dots, \mathbf{x}^N). \end{aligned} \quad (13)$$

In this case, filter (8) is *optimal maximum likelihood vector filter* for Laplace noise, and filter (9) is *vector median filter* associated with city metric (Astola et al., 1990; Tang et al., 1996).

Example 3. If observation data are vectors again: $\mathbf{x}^1, \mathbf{x}^2, \dots, \mathbf{x}^N \in \mathbf{R}^K$ but the distance function is the Euclidean $\rho(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \rho_2(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \|\mathbf{x} - \mathbf{y}\|$, then the Fréchet point (3), and median (7) for vectors $\mathbf{x}^1, \mathbf{x}^2, \dots, \mathbf{x}^N \in \mathbf{R}^K$ to be *Fréchet point (vector) and vector median*, respectively, associated with the Euclidean metric $\rho_2(\mathbf{x}, \mathbf{y})$

$$c_{opt} = \mathbf{FrechPt}(\rho_2 | \mathbf{x}^1, \mathbf{x}^2, \dots, \mathbf{x}^N) = \mathbf{arg\,min}_{\mathbf{c} \in \mathbf{R}^k} \left(\sum_{i=1}^N \|\mathbf{c} - \mathbf{x}^i\|_2 \right), \quad (14)$$

$$\begin{aligned} \hat{c}_{opt} &= \mathbf{FrechMed}(\rho_2 | \mathbf{x}^1, \mathbf{x}^2, \dots, \mathbf{x}^N) = \\ &= \mathbf{arg\,min}_{\mathbf{c} \in \mathbf{D}} \left(\sum_{i=1}^N \|\mathbf{c} - \mathbf{x}^i\|_2 \right) = \mathbf{VecMed}(\rho_2 | \mathbf{x}^1, \mathbf{x}^2, \dots, \mathbf{x}^N). \end{aligned} \quad (15)$$

In this case, filter (8) is *optimal maximum likelihood vector filter* for Gaussian noise, and filter (9) is vector median filter associated with Euclidean metric.

Generalized vector aggregation

In Definitions 1 and 2, the Fréchet point and median are points $\mathbf{c}_{opt} \in \mathbf{R}^K$, $\hat{\mathbf{c}}_{opt} \in \mathbf{D} = \{\mathbf{x}^1, \mathbf{x}^2, \dots, \mathbf{x}^N\}$ that minimize the Fréchet cost function (FCF) $\sum_{i=1}^N w_i \rho(\mathbf{c}, \mathbf{x}^i)$. But this sum up to constant factor is the simplest aggregation function.

The aggregation problem consist in aggregating n -tuples of objects all belonging to a given set S , into a single object of the same set S , i.e., $\mathbf{Agg}: S^n \rightarrow S$. In the case of mathematical aggregation operator the set S is an interval of the real $S = [0, 1] \subset \mathbf{R}$ or integer numbers $S = [0, 255] \subset \mathbf{Z}$. In this setting, an AO is simply a function, which assigns a number y to any N -tuple (x_1, x_2, \dots, x_N) of numbers: $y = \mathbf{Aggreg}(x_1, x_2, \dots, x_N)$ that satisfies:

- $\mathbf{Agg}(x) = x$,
- $\mathbf{Agg}(\underbrace{a, a, \dots, a}_N) = a$. In particular, $\mathbf{Agg}(0, 0, \dots, 0) = 0$ and $\mathbf{Agg}(1, 1, \dots, 1) = 1$, or $\mathbf{Agg}(255, 255, \dots, 255) = 255$.
- $\min(x_1, x_2, \dots, x_N) \leq \mathbf{Agg}(x_1, x_2, \dots, x_N) \leq \max(x_1, x_2, \dots, x_N)$.

Here $\min(x_1, x_2, \dots, x_N)$ and $\max(x_1, x_2, \dots, x_N)$ are respectively the *minimum* and the *maximum* values among the elements of (x_1, x_2, \dots, x_N) .

All other properties may come in addition to this fundamental group. For example, if for every permutation $\forall \sigma \in \mathbf{S}_N$ of $\{1, 2, \dots, N\}$ the AO satisfies:

$$\mathbf{Agg}(x_{\sigma(1)}, x_{\sigma(2)}, \dots, x_{\sigma(N)}) = \mathbf{Agg}(x_1, x_2, \dots, x_N),$$

then it is invariant (symmetric) with respect to the permutations of the elements of (x_1, x_2, \dots, x_N) . In other words, as far as means are concerned, the *order* of the elements of (x_1, x_2, \dots, x_N) is - and must be - completely irrelevant.

According to Kolmogorov (1930) a sequence of functions $\mathbf{Agg}_N(x_1, x_2, \dots, x_N)$ (for different N) defines a regular type of average if the following conditions are satisfied:

- 1) $\mathbf{Agg}_N(x_1, x_2, \dots, x_N)$ is continuous and monotone in each variable; to be definite, we assume that \mathbf{Agg}_N is increasing in each variable.
- 2) $\mathbf{Agg}_N(x_1, x_2, \dots, x_N)$ is a symmetric function.
- 3) The average of identical numbers is equal to their common value: $\mathbf{Agg}_N(x, x, \dots, x) = x$.
- 4) A group of values can be replaced by their own average, without changing the overall average:

$$\mathbf{Agg}_{N+M}(x_1, x_2, \dots, x_N, y_1, y_2, \dots, y_M) = \mathbf{Agg}_{N+M}(m, m, \dots, m, y_1, y_2, \dots, y_M),$$

where $m = \mathbf{Agg}_N(x_1, x_2, \dots, x_N)$.

Proposition 1. (Kolmogorov, 1930). If conditions (1)–(4) are satisfied, the average $\mathbf{Agg}_N(x_1, x_2, \dots, x_N)$ is of the form:

$$\mathbf{Kolm}(K | x_1, x_2, \dots, x_N) = K^{-1} \left[\sum_{i=1}^N \frac{1}{N} K(x_i) \right],$$

where K is a strictly monotone continuous function in the extended real line.

We list below a few particular cases of means:

- 1) Arithmetic mean ($K(x) = x$): $\mathbf{Mean}(x_1, x_2, \dots, x_N) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$.
- 2) Geometric mean ($K(x) = \log(x)$): $\mathbf{Geo}(x_1, x_2, \dots, x_N) = \exp \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \ln x_i \right)$.
- 3) Harmonic mean ($K(x) = x^{-1}$): $\mathbf{Harm}(x_1, x_2, \dots, x_N) = \frac{1}{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{1}{x_i}} = \frac{N}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{x_i}}$.

- 4) A very notable particular case corresponds to the function $K(x) = x^p$. We obtain then a quasi arithmetic (power or Hölder) mean of the form: $\mathbf{Power}_p(x_1, x_2, \dots, x_N) = \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i^p \right)^{\frac{1}{p}}$.

This family is particularly interesting, because it generalizes a group of common means, only by changing the value of p .

A very notable particular cases correspond to the logic functions (min; max; median): $y = \mathbf{Min}(x_1, x_2, \dots, x_N)$, $y = \mathbf{Max}(x_1, x_2, \dots, x_N)$, $y = \mathbf{Med}(x_1, x_2, \dots, x_N)$.

When filters (1) and (2) are modified as follows:

$$\hat{s}(i, j) = \mathbf{Agg}_{(m,n) \in M(i,j)} [f(m, n)], \tag{16}$$

we get the unique class of nonlinear aggregation filters proposed in the works (Labunets, 2014; Labunets et al., 2014 a,b,c).

In this work, we are going to use the cost function in the form of an aggregation function

$${}^{cf} \mathbf{Agg}_{i=1}^N [w_i \rho(\mathbf{c}, \mathbf{x}^i)] = {}^{cf} \mathbf{Agg} [w_1 \rho(\mathbf{c}, \mathbf{x}^1), w_2 \rho(\mathbf{c}, \mathbf{x}^2), \dots, w_N \rho(\mathbf{c}, \mathbf{x}^N)]$$

instead of

$$\sum_{i=1}^N w_i \rho(\mathbf{c}, \mathbf{x}^i) = [w_1 \rho(\mathbf{c}, \mathbf{x}^1), w_2 \rho(\mathbf{c}, \mathbf{x}^2), \dots, w_N \rho(\mathbf{c}, \mathbf{x}^N)].$$

We obtain the next generalization of the Fréchet point and median.

Definition 3. The Fréchet aggregation point and median are the points $\mathbf{c}_{opt} \in \mathbf{R}^k$ and $\hat{\mathbf{c}}_{opt} \in D = \{\mathbf{x}^1, \mathbf{x}^2, \dots, \mathbf{x}^N\}$ that minimize the aggregation cost function (ACF) ${}^{cf} \mathbf{Agg}_{i=1}^N [w_i \rho(\mathbf{c}, \mathbf{x}^i)]$. They are formally defined as

$$\mathbf{c}_{opt} = \mathbf{FrechPt}({}^{cf} \mathbf{Agg}, \rho | \mathbf{x}^1, \dots, \mathbf{x}^N) = \arg \min_{\mathbf{c} \in \mathbf{R}^k} ({}^{cf} \mathbf{Agg}_{i=1}^N [w_i \rho(\mathbf{c}, \mathbf{x}^i)]) \tag{17}$$

and

$$\hat{\mathbf{c}}_{opt} = \mathbf{FrechMed}({}^{cf} \mathbf{Agg}, \rho | \mathbf{x}^1, \dots, \mathbf{x}^N) = \mathbf{arg} \min_{\mathbf{c} \in \mathbf{D}} ({}^{cf} \mathbf{Agg}_{i=1}^N [w_i \rho(\mathbf{c}, \mathbf{x}^i)]). \tag{18}$$

Note that **argmin** means the argument, for which the ${}^{cf} \mathbf{Agg}_{i=1}^N [w_i \rho(\mathbf{c}, \mathbf{x}^i)]$ is minimized. In this case, it is the point $\mathbf{c}_{opt} \in \mathbf{R}^k$ in (17) or point $\hat{\mathbf{c}}_{opt} \in \mathbf{D} = \{\mathbf{x}^1, \mathbf{x}^2, \dots, \mathbf{x}^N\}$ in (18) for which the aggregation of all distances to the \mathbf{x}^i 's is minimum.

When filters (1)--(2) are modified as follows:

$$\hat{\mathbf{s}}(i, j) = \mathbf{FrechPt}_{(m,n) \in M(i,j)} [{}^{cf} \mathbf{Agg}, \rho | \mathbf{f}(m, n)], \tag{19}$$

$$\hat{\mathbf{s}}(i, j) = \mathbf{FrechMed}_{(m,n) \in M(i,j)} [{}^{cf} \mathbf{Agg}, \rho | \mathbf{f}(m, n)] \tag{20}$$

it becomes *Fréchet aggregation mean* and *median filters*. They are based on an aggregation operator ${}^{cf} \mathbf{Agg}$ and a metric ρ , which could be changed independently of one another. For each pair of aggregation operator and metric, we get the unique class of new nonlinear filters.

Example 4. If observation data are real numbers, i.e., $x^1, x^2, \dots, x^N \in \mathbf{R}$, the distance function is the city distance $\rho(x, y) = \rho_1(x, y) = |x - y|$ and ACF is quadratic ${}^{cf} \mathbf{Agg}_{i=1}^N [w_i \rho(\mathbf{c}, \mathbf{x}^i)] = \sum_{i=1}^N w_i \rho_1^2(\mathbf{c}, \mathbf{x}^i)$, then the optimal Fréchet point (17) and median (18) for grey-level data (numbers) $x^1, x^2, \dots, x^N \in \mathbf{R}$ to be the ordinary arithmetic mean, and quadratic median, respectively, i.e.,

$$\begin{aligned} \mathbf{c}_{opt} &= \mathbf{FrechPt}({}^{cf} \mathbf{Agg}, \rho_2 | \mathbf{x}^1, \mathbf{x}^2, \dots, \mathbf{x}^N) = \\ &= \mathbf{arg} \min_{\mathbf{c} \in \mathbf{R}^k} \left(\sum_{i=1}^N |c - x^i|^2 \right) = \mathbf{Mean}(x^1, x^2, \dots, x^N) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x^i. \end{aligned} \tag{21}$$

$$\hat{\mathbf{c}}_{opt} = \mathbf{FrechMed}({}^{cf} \mathbf{Agg}, \rho | \mathbf{x}^1, \mathbf{x}^2, \dots, \mathbf{x}^N) = \mathbf{arg} \min_{\mathbf{c} \in \mathbf{D}} \left(\sum_{i=1}^N |c - x^i|^2 \right). \tag{22}$$

In this case, filter (19) is *optimal maximum likelihood vector filter* for Gaussian noise, and filter (20) is *vector median filter* associated with Euclidean metric, because $\rho_2(x, y) = \rho_1^2(x, y) = |x - y|^2 \dots$

Example 5. If observation data are vectors, i.e., $\mathbf{x}^1, \mathbf{x}^2, \dots, \mathbf{x}^N \in \mathbf{R}^k$, the distance function is the city distance $\rho_1(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \|\mathbf{x} - \mathbf{y}\|_1$, and ACF is the Kolmogorov mean

$${}^{cf} \mathbf{Agg}_{i=1}^N [w_i \rho(\mathbf{c}, \mathbf{x}^i)] = K^{-1} \left[\sum_{i=1}^N w_i K(\|\mathbf{c} - \mathbf{x}^i\|_1) \right]$$

then Fréchet aggregation point and median for vectors $\mathbf{x}^1, \mathbf{x}^2, \dots, \mathbf{x}^N \in \mathbf{R}^k$ to be the following Kolmogorov-Fréchet aggregations

$$\mathbf{c}_{opt} = \mathbf{FrechPt}(K, \rho_1 | \mathbf{x}^1, \dots, \mathbf{x}^N) = \mathbf{arg} \min_{\mathbf{c} \in \mathbf{R}^k} \left(K^{-1} \left[\sum_{i=1}^N w_i K(\|\mathbf{c} - \mathbf{x}^i\|_1) \right] \right), \tag{23}$$

$$\hat{\mathbf{c}}_{opt} = \mathbf{FrechMed}(K, \rho_1 | \mathbf{x}^1, \dots, \mathbf{x}^N) = \mathbf{arg} \min_{\mathbf{c} \in \mathbf{D}} \left(K^{-1} \left[\sum_{i=1}^N w_i K(\|\mathbf{c} - \mathbf{x}^i\|_1) \right] \right), \tag{24}$$

respectively. In this case, filter (19) is the *Kolmogorov-Fréchet vector mean filter*, and filter (20) is the *Kolmogorov-Fréchet vector median filter* associated with city metric.

In Definitions 1 and 2 we used a distance function $\rho(\mathbf{x}, \mathbf{y})$. But all known metrics have the aggregation form. By this reason, we can use an aggregation function ${}^{\rho} \mathbf{Agg}(|c_1 - x_1|, \dots, |c_k - x_k|)$ instead of $\rho(|c_1 - x_1^i|, \dots, |c_k - x_k^i|)$.

Definition 4. *The Fréchet aggregation point and median are the points $\mathbf{c}_{opt} \in \mathbf{R}^k$ and $\hat{\mathbf{c}}_{opt} \in \mathbf{D} = \{\mathbf{x}^1, \mathbf{x}^2, \dots, \mathbf{x}^N\}$ that minimizes the aggregation cost function (ACF) ${}^{cf} \mathbf{Agg}(w_1 {}^{\rho} \mathbf{Agg}(\mathbf{c}, \mathbf{x}^1), \dots, w_N {}^{\rho} \mathbf{Agg}(\mathbf{c}, \mathbf{x}^N))$ (=the weighted aggregation mean of all aggregation dis-*

tances $w_1 \cdot \rho \text{Agg}(\mathbf{c}, \mathbf{x}^1), w_2 \cdot \rho \text{Agg}(\mathbf{c}, \mathbf{x}^2), \dots, \dots, w_N \cdot \rho \text{Agg}(\mathbf{c}, \mathbf{x}^N)$ from an arbitrary point $\mathbf{c} \in \mathbf{R}^K$ to each point $\mathbf{x}^1, \mathbf{x}^2, \dots, \mathbf{x}^N \in \mathbf{R}^K$). They are formally defined as

$$\begin{aligned} \mathbf{c}_{opt} &= \text{FrechPt}(\text{}^c\text{Agg}, \rho \text{Agg} | \mathbf{x}^1, \mathbf{x}^2, \dots, \mathbf{x}^N) = \\ &= \arg \min_{\mathbf{c} \in \mathbf{R}^K} \left(\text{}^c\text{Agg}_{i=1}^N \left[w_i \cdot \rho \text{Agg}(\mathbf{c}, \mathbf{x}^i) \right] \right) \end{aligned} \tag{25}$$

and

$$\begin{aligned} \hat{\mathbf{c}}_{opt} &= \text{FrechMed}(\text{}^c\text{Agg}, \rho \text{Agg} | \mathbf{x}^1, \mathbf{x}^2, \dots, \mathbf{x}^N) = \\ &= \arg \min_{\mathbf{c} \in \mathbf{D}} \left(\text{}^c\text{Agg}_{i=1}^N \left[w_i \cdot \rho \text{Agg}(\mathbf{c}, \mathbf{x}^i) \right] \right). \end{aligned} \tag{26}$$

We use generalized Fréchet point for constructing new nonlinear filters. When filters (1) are modified as follows:

$$\hat{\mathbf{s}}(i, j) = \text{FrechPt}_{(m,n) \in M(i,j)} \left[\text{}^c\text{Agg}, \rho \text{Agg} | \mathbf{f}(m, n) \right], \tag{27}$$

$$\hat{\mathbf{s}}(i, j) = \text{FrechMed}_{(m,n) \in M(i,j)} \left[\text{}^c\text{Agg}, \rho \text{Agg} | \mathbf{f}(m, n) \right] \tag{28}$$

it becomes Fréchet aggregation mean and median filters. They are based on an arbitrary pair of aggregation operators $\text{}^c\text{Agg}$ and $\rho \text{Agg}(\mathbf{c}, \mathbf{x})$, which could be changed independently of one another. For each pair of aggregation operators, we get the unique class of new nonlinear filters.

Example 6. For vector observation data $\mathbf{x}^1, \mathbf{x}^2, \dots, \mathbf{x}^N \in \mathbf{R}^K$, for L -Kolmogorov aggregation distance function $L^{-1} \left(\sum_{k=1}^K L(|c_k - x_k^i|) \right)$, and for ACF in the form of the K -Kolmogorov mean $K^{-1} \left(\sum_{i=1}^N w_i K \left[\rho \text{Agg}(\mathbf{c}, \mathbf{x}^i) \right] \right)$, we have

$$\begin{aligned} \mathbf{c}_{opt} &= \text{FrechPt}(K, L | \mathbf{x}^1, \mathbf{x}^2, \dots, \mathbf{x}^N) = \arg \min_{\mathbf{c} \in \mathbf{R}^K} \left(\text{}^c\text{Agg}_{i=1}^N \left[w_i \rho \text{Agg}(\mathbf{c}, \mathbf{x}^i) \right] \right) = \\ &= \arg \min_{\mathbf{c} \in \mathbf{R}^K} \left\{ K^{-1} \left(\sum_{i=1}^N w_i K \left[L^{-1} \left(\sum_{k=1}^K L(|c_k - x_k^i|) \right) \right] \right) \right\}, \end{aligned} \tag{29}$$

$$\begin{aligned} \hat{\mathbf{c}}_{opt} &= \text{FrechMed}(K, L | \mathbf{x}^1, \mathbf{x}^2, \dots, \mathbf{x}^N) = \arg \min_{\mathbf{c} \in \mathbf{R}^K} \left(\text{}^c\text{Agg}_{i=1}^N \left[w_i \rho \text{Agg}(\mathbf{c}, \mathbf{x}^i) \right] \right) = \\ &= \arg \min_{\mathbf{c} \in \mathbf{R}^K} \left\{ K^{-1} \left(\sum_{i=1}^N w_i K \left[L^{-1} \left(\sum_{k=1}^K L(|c_k - x_k^i|) \right) \right] \right) \right\}, \end{aligned} \tag{30}$$

where L and K are two Kolmogorov functions. In this case, filter (27) is the Kolmogorov--Fréchet vector mean filter, and filter (28) is the Kolmogorov--Fréchet vector median filter associated with city metric and with a pair of Kolmogorov K, L -functions.

Experiments

Generalized vector aggregation filtering with $\text{}^c\text{Agg} = \text{Mean, Med, Geo}$ has been applied to noised 256x256 image “Dog” (Figures 3b,4b,5b). We use window with size 3x3. The denoised images are shown in Figures 5-7. All filters have very good denoised properties.

Conclusions

A new class of nonlinear generalized MIMO-filters (vector median filters or Fréchet filters) for multichannel image processing is introduced in this paper. These filters are based on an arbitrary pair of aggregation operators, which could be changed independently of one another. For each pair of parameters, we get the unique class of new nonlinear filters. The main goal of the work is to show that generalized Fréchet aggregation means can be used to solve problems of image filtering in a natural and effective manner.

Acknowledgment

This work was supported by grants the RFBR nos. 13-07-12168 and 13-07-00785.

References

- Astola J., Haavisto P., Neuvo Y.* Vector median filters // Proc. IEEE Trans. Image Processing. 1990. Vol. 78. P. 678–689.
- Bajaj C.* Proving geometric algorithms nonsolvability: An application of factoring polynomials // Journal of Symbolic Computat. 1986. Vol. 2. P. 99–102.
- Bajaj C.* The algebraic degree of geometric optimization problems // Discrete and Computation Geometry. 1988. Vol. 3. P. 177–191.
- Chandrasekaran R., Tamir F.* Algebraic optimization: The Fermat-Weber problem // Mathematical Programming. 1990. Vol. 46. P. 219–224.
- Fréchet M.* Les elements aleatoires de nature quelconque dans un espace distance // Ann. Inst. H. Poincare. 1948. Vol. 10. No. 3. P. 215–310.
- Kolmogorov A.* Sur la notion de la moyenne // Atti. Accad. Naz. Lincei. 1930. Vol. 12. P. 388–391.
- Labunets V.G.* Filters based on aggregation operators. Part 1. Aggregation Operators // Proc. of the 24th Int. Crimean Conference Microwave & Telecommunication Technology, Sevastopol, Crimea, Russia. 2014. Vol. 24. P. 1239–1240.
- Labunets V.G., Gainanov D.N., Ostheimer E.* Filters based on aggregation operators. Part 2. The Kolmogorov filters // Proc. of the 24th Int. Crimean Conference Microwave & Telecommunication Technology, Sevastopol, Crimea, Russia. 2014a. Vol. 24. P. 1241–1242.
- Labunets V.G., Gainanov D.N., Arslanova R.A., Ostheimer E.* Filters based on aggregation operators. Part 4. Generalized vector median filters // Proc. of the 24th Int. Crimean Conference Microwave & Telecommunication Technology, Sevastopol, Crimea, Russia. 2014c. Vol. 24. P. 1245–1246.
- Labunets V.G., Gainanov D.N., Tarasov A.D., Ostheimer E.* Filters based on aggregation operators. Part 3. The Heron filters // Proc. of the 24th Int. Crimean Conference Microwave & Telecommunication Technology, Sevastopol, Crimea, Russia. 2014b. Vol. 24. P. 1243–1244.
- Mayor G., Trillas E.* On the representation of some Aggregation functions // Proceeding of ISMVL. 1986. Vol. 20. P. 111–114.
- Ovchinnikov S.* On Robust Aggregation Procedures // Aggregation and Fusion of Imperfect Information (ed. Bernadette Bouchon-Meunier). Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 1998. P. 3–10.
- Tang K., Astola J., Neuvo Y.* Nonlinear multivariate image filtering techniques // IEEE Trans. Image Processing. 1996. Vol. 4. P. 788–798.



a) Original image



b) Noised images, PSNR = 21.83



c) $^{\text{cf}} \text{Agg} = \text{Mean}$, $^{\rho} \text{Agg} = \rho_2$,
PSNR = 32.52



d) $^{\text{cf}} \text{Agg} = \text{Med}$, $^{\rho} \text{Agg} = \rho_2$,
PSNR = 31.79,



e) $^{\text{cf}} \text{Agg} = \text{Min}$, $^{\rho} \text{Agg} = \rho_2$, PSNR
= 28.29



f) $^{\text{cf}} \text{Agg} = \text{Geo}$, $^{\rho} \text{Agg} = \rho_2$,
PSNR = 30.52

Fig. 3. Original (a) and noised (b) images; noise: Salt-Pepper; denoised images (c)-(f).



a) Original image



b) Noised images, PSNR = 17,19



c) $^{\text{cf}} \text{Agg} = \text{Mean}$, $^{\rho} \text{Agg} = \rho_2$,
PSNR = 21.83



d) $^{\text{cf}} \text{Agg} = \text{Med}$, $^{\rho} \text{Agg} = \rho_2$,
PSNR = 20.84



e) $\text{Agg} = \text{Min}$, $\rho_{\text{Agg}} = \rho_2$, PSNR = 19.05

f) $\rho_{\text{Agg}} = \text{Geo}$, $\rho_{\text{Agg}} = \rho_2$, PSNR = 20.51

Fig. 4. Original (a) and noised (b) images; noise: Gaussian PDF; de-noised images (c)-(f).



a) Original image



b) Noised images, PSNR = 28.24



c) $\text{Agg} = \text{Mean}$, $\rho_{\text{Agg}} = \rho_2$, PSNR = 30.68



d) $\text{Agg} = \text{Med}$, $\rho_{\text{Agg}} = \rho_2$, PSNR = 29.61



e) $\text{Agg} = \text{Min}$, $\rho_{\text{Agg}} = \rho_2$, PSNR = 27.77



f) $\text{Agg} = \text{Geo}$, $\rho_{\text{Agg}} = \rho_2$, PSNR = 30.14

Fig. 5. Original (a) and noised (b) images; noise: Laplasian PDF; de-noised images (c)-(f).

Рецензент статьи: кандидат технических наук, доцент Института экономики и управления Уральского государственного лесотехнического университета М.П. Воронов.

V.G. Labunets¹, D.E. Komarov¹, I.Artemov¹, E. Ostheimer²

¹Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

²Capricat LLC, Pompano Beach, Florida, USA

MANY FACTOR MIMO-FILTERS



Introduction

We develop a conceptual framework and design methodologies for multichannel image many factor (bilateral, 3-, and 4-lateral) aggregation filters with assessment capability. The term “multichannel” (multicomponent, multispectral, hyperspectral) image is used for an image with more than one component. They are composed of a series of images in different optical bands at wavelengths $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_k$, called spectral channels: $\mathbf{f}(x, y) = (f_{\lambda_1}(x, y), f_{\lambda_2}(x, y), \dots, f_{\lambda_k}(x, y)) = (f_1(x, y), f_2(x, y), \dots, f_k(x, y))$ where K is the number of different optical channels, *i.e.*, $\mathbf{f} : \mathbf{R}^2 \rightarrow \mathbf{R}^K$, where \mathbf{R}^K is multicolor space. The bold font for \mathbf{f} emphasizes the fact that images may be multichannel. Each pixel in $\mathbf{f}(x, y)$, therefore, represents the spectrum at the wavelengths $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_k$ of the observed scene at point $\mathbf{x} = (x, y)$.

Let us introduce the observation model and notions used throughout the paper. We consider noised image in the form $\mathbf{f}(\mathbf{x}) = \mathbf{s}(\mathbf{x}) + \mathbf{n}(\mathbf{x})$, where $\mathbf{s}(\mathbf{x})$ is the original grey-level image and $\mathbf{n}(\mathbf{x})$ denotes the noise introduced into $\mathbf{s}(\mathbf{x})$ to produce the corrupted image $\mathbf{f}(\mathbf{x})$. The aim of image enhancement is to reduce the noise as much as possible or to find a method which, given $\mathbf{s}(\mathbf{x})$, derives an image $\hat{\mathbf{s}}(\mathbf{x})$ as close as possible to the original $\mathbf{s}(\mathbf{x})$, subjected to a suitable optimality criterion.

The standard bilateral filter (BF) (Astola et al., 1990; Tang et al, 1996; Tomasi, Manduchi, 1998; Barash, 2001, 2002; Durand, Dorsey, 2002; Elad, 2002a; Elad, 2002b; Fleishman et al., 2003) with a square N -cellular window $M(\mathbf{x})$ is located at \mathbf{x} , the weighted average of pixels in the moving window replaces the central pixel

$$\hat{\mathbf{s}}(\mathbf{x}) = \mathbf{BilMean} [w(\mathbf{x}, \mathbf{p}) \cdot \mathbf{f}(\mathbf{p})] = \frac{1}{k(\mathbf{x})} \sum_{\mathbf{p} \in M(\mathbf{x})} w(\mathbf{x}, \mathbf{p}) \cdot \mathbf{f}(\mathbf{p}), \tag{31}$$

where $\hat{\mathbf{s}}(\mathbf{x})$ is the filtered image and $k(\mathbf{p})$ is the normalization factor

$$k(\mathbf{x}) = \sum_{\mathbf{p} \in M(\mathbf{x})} w(\mathbf{x}, \mathbf{p}). \tag{32}$$

Equation (1) is simply a normalized weighted average of a neighborhood of a N -cellular window $M(\mathbf{x})$ (*i.e.*, the mask around pixel \mathbf{x} , consisting of N pixels). The scalar-valued weights $w(\mathbf{x}, \mathbf{p})$ are computed based on the content of the neighborhood. For pixels $\{\mathbf{f}(\mathbf{p})\}_{\mathbf{p} \in M(\mathbf{x})}$

around the centroid $\mathbf{f}(\mathbf{x})$, the weights $\{w(\mathbf{x}, \mathbf{p})\}_{\mathbf{p} \in M(\mathbf{x})}$ are computed by multiplying the following two factors:

$$w(\mathbf{x}, \mathbf{p}) = w_{Sp}(\mathbf{p}) \cdot w_{Rn}(\mathbf{x}, \mathbf{p}) = w_{Sp}(\|\mathbf{p}\|) \cdot w_{Rn}(\|\mathbf{f}(\mathbf{x}) - \mathbf{f}(\mathbf{p})\|_2).$$

The weight includes two factors – spatial $w_{Sp}(\|\mathbf{p}\|)$ and radiometric weights $w_{Rn}(\mathbf{x}, \mathbf{p}) = w_{Rn}(\|\mathbf{f}(\mathbf{x}) - \mathbf{f}(\mathbf{p})\|_2)$. The first weight measures the geometric distance $\|\mathbf{p}\|$ between the center pixel $f(\mathbf{x})$ and the pixel $\mathbf{f}(\mathbf{p})$ (note, the centroid \mathbf{x} has the position $\mathbf{0} \in M(\mathbf{x})$ inside of the mask $M(\mathbf{x})$). Here the Euclidean metric $\|\mathbf{p}\| = \|\mathbf{p}\|_2$ is applied. This way, close-by pixels influence the final result more than distant ones. The second weight measures the radiometric distance between the values of the center sample $f(\mathbf{x})$ and the pixel $\mathbf{f}(\mathbf{p})$, and again, the Euclidean metric $\|\mathbf{f}(\mathbf{x}) - \mathbf{f}(\mathbf{p})\|_2$ is chosen, too. Therefore, pixels with close-by values tend to influence the final result more than those having distant value.

This paper considers two natural extensions to the bilateral filter. Firstly, instead of the center pixel $\mathbf{f}(\mathbf{x})$ in $w_{Rn}(\|\mathbf{f}(\mathbf{x}) - \mathbf{f}(\mathbf{p})\|)$, we use a certain mean or median $\bar{\mathbf{f}}(\mathbf{x})$ (for example, the *Fréchet median* $\bar{\mathbf{f}}_{opt}(\mathbf{x})$ [11,12]) of a neighborhood of a N -cellular window $M(\mathbf{x})$ for calculating of weighs $w_{Rn}(\mathbf{x}, \mathbf{p}) = w_{Rn}(\|\bar{\mathbf{f}}(\mathbf{x}) - \mathbf{f}(\mathbf{p})\|_2)$. Secondly, instead of a scale-valued weighs, we use a matrix--valued ones

$$\hat{\mathbf{s}}(\mathbf{x}) = \mathbf{BilMean}_{\mathbf{p} \in M(\mathbf{x})}[\mathbf{W}(\mathbf{x}, \mathbf{p}) \cdot \mathbf{f}(\mathbf{p})], \tag{33}$$

where $\mathbf{W}(\mathbf{x}, \mathbf{p})$ are the matrix--valued weighs.

The first modification of bilateral filters

In this modification we use the *Fréchet median* $\bar{\mathbf{f}}_{opt}(\mathbf{x})$ for calculating of weighs $w_{Rn}(\mathbf{x}, \mathbf{p})$ instead of the center pixel $\mathbf{f}(\mathbf{x})$ in $w_{Rn} : w_{Rn}(\|\mathbf{f}(\mathbf{x}) - \mathbf{f}(\mathbf{p})\|) \rightarrow w_{Rn}(\|\bar{\mathbf{f}}_{opt}(\mathbf{x}) - \mathbf{f}(\mathbf{p})\|)$.

Let $\langle \mathbf{R}^K, \rho \rangle$ be a metric spaces, where ρ is a distance function (i.e., $\rho : \mathbf{R}^K \times \mathbf{R}^K \rightarrow \mathbf{R}^+$). Let w_1, w_2, \dots, w_N be N weights summing to 1 and let $\{\mathbf{f}^1, \mathbf{f}^2, \dots, \mathbf{f}^N\} = \mathbf{D} \subset \mathbf{R}^K$ be N pixels in the N -cellular window $M(\mathbf{x})$

Definition 1 (Fréchet, 1948; Ostheimer et al., 2015). The *optimal Fréchet point* associated with the metric ρ , is the point, $\mathbf{f}_{opt} \in \mathbf{R}^K$, that minimizes the Fréchet cost function (FCF)

$\sum_{i=1}^N w_i \rho(\bar{\mathbf{f}}, \mathbf{f}^i)$ (the weighted sum distances from an arbitrary point $\bar{\mathbf{f}}$ to each point $\mathbf{f}^1, \mathbf{f}^2, \dots, \mathbf{f}^N \in \mathbf{R}^K$). It is formally defined as:

$$\mathbf{f}_{opt} = \mathbf{FrechMed}(\rho | \mathbf{f}^1, \mathbf{f}^2, \dots, \mathbf{f}^N) = \mathbf{argmin}_{\mathbf{f} \in \mathbf{R}^K} \sum_{i=1}^N w_i \rho(\mathbf{f}, \mathbf{f}^i). \tag{34}$$

Note that **argmin** means the argument, for which the sum is minimized. This generalizes the ordinary median, which has the property of minimizing the sum of distances for one-dimensional data, and provides a central tendency higher dimensions.

In computation point of view, it is better to restrict the search domain from \mathbf{R}^K until the set $\mathbf{D} = \{\mathbf{f}^1, \mathbf{f}^2, \dots, \mathbf{f}^N\} \subset \mathbf{R}^K$. In this case, we obtain definition of the *suboptimal Fréchet point* or the *optimal vector Fréchet median*.

Definition 2 [10,11]. The *suboptimal weighted Fréchet point* or *optimal Fréchet median* associated with the metric ρ is the point, $\bar{\mathbf{f}}_{opt} \in \{\mathbf{f}^1, \mathbf{f}^2, \dots, \mathbf{f}^N\} \subset \mathbf{R}^K$, that minimizes the FCF over the the restrict search domain $\mathbf{D} \subset \mathbf{R}^K$:

$$\bar{\mathbf{f}}_{opt} = \mathbf{FrechMed}(\rho | \mathbf{f}^1, \mathbf{f}^2, \dots, \mathbf{f}^N) = \mathbf{argmin}_{\mathbf{f} \in \mathbf{D}} \sum_{i=1}^N w_i \rho(\mathbf{f}, \mathbf{f}^i). \tag{35}$$

Example 1. If observation data are real numbers, *i.e.*, $f^1, f^2, \dots, f^N \in \mathbf{R}$ and distance function is the city distance $\rho(f, g) = \rho_1(f, g) = |f - g|$, then the optimal Fréchet point (4) and optimal Fréchet medians (5) for grey-level pixels $f^1, f^2, \dots, f^N \in \mathbf{R}$ to be the classical *Fréchet point* and *median*, respectively, *i.e.*,

$$\mathbf{f}_{opt} = \mathbf{FrechPt}(\rho_1 | f^1, f^2, \dots, f^N) = \mathbf{argmin}_{f \in \mathbf{R}} \sum_{i=1}^N |f - f^i|, \tag{36}$$

$$\begin{aligned} \bar{\mathbf{f}}_{opt} &= \mathbf{FrechMed}(\rho_1 | f^1, f^2, \dots, f^N) = \mathbf{argmin}_{f \in \mathbf{D}} \sum_{i=1}^N |f - f^i| = \\ &= \mathbf{Med}(f^1, f^2, \dots, f^N). \end{aligned} \tag{37}$$

Example 2. If observation data are vectors, *i.e.*, $\mathbf{f}^1, \mathbf{f}^2, \dots, \mathbf{f}^N \in \mathbf{R}^K$, and distance function is the city distance $\rho(\mathbf{f}, \mathbf{g}) = \rho_1(\mathbf{f}, \mathbf{g})$, then the optimal Fréchet point (4) and optimal Fréchet medians (5) for vectors $\mathbf{f}^1, \mathbf{f}^2, \dots, \mathbf{f}^N \in \mathbf{R}^K$ to be the *Fréchet point* and *the Fréchet vector median*, associated with the same metric $\rho_1(\mathbf{f}, \mathbf{g})$,

$$\mathbf{f}_{opt} = \mathbf{FrechPt}(\rho_1 | \mathbf{f}^1, \mathbf{f}^2, \dots, \mathbf{f}^N) = \mathbf{argmin}_{\mathbf{f} \in \mathbf{R}^K} \left(\sum_{i=1}^N \|\mathbf{f} - \mathbf{f}^i\|_1 \right), \tag{38}$$

$$\begin{aligned} \bar{\mathbf{f}}_{opt} &= \mathbf{FrechMed}(\rho_1 | \mathbf{f}^1, \mathbf{f}^2, \dots, \mathbf{f}^N) = \mathbf{argmin}_{\mathbf{f} \in \mathbf{D}} \left(\sum_{i=1}^N \|\mathbf{f} - \mathbf{f}^i\|_1 \right) = \\ &= \mathbf{VecMed}(\rho_1 | \mathbf{f}^1, \mathbf{f}^2, \dots, \mathbf{f}^N). \end{aligned} \tag{39}$$

Now we use Fréchet median $\bar{\mathbf{f}}_{opt}$ for calculating radiometric weights: $w_{Rn}(\mathbf{x}, \mathbf{p}) = w_{Rn}(\|\bar{\mathbf{f}}_{opt}(\mathbf{x}) - \mathbf{f}(\mathbf{p})\|_2)$. The modified bilateral filter is given as

$$\begin{aligned} \hat{\mathbf{s}}(\mathbf{x}) &= \mathbf{BilMean}_{\mathbf{p} \in M(\mathbf{x})} [w(\mathbf{x}, \mathbf{p}) \cdot \mathbf{f}(\mathbf{p})] = \\ &= \frac{1}{k(\mathbf{x})} \sum_{\mathbf{p} \in M(\mathbf{x})} w_{Sp}(\|\mathbf{p}\|) \cdot w_{Rn}(\|\bar{\mathbf{f}}_{opt}(\mathbf{x}) - \mathbf{f}(\mathbf{p})\|_2) \cdot \mathbf{f}(\mathbf{x}), \end{aligned} \tag{40}$$

where $\hat{\mathbf{s}}(\mathbf{x})$ is the filtered image.

4-Factor MIMO-filters

In the case of the multichannel images, processed data are vector-valued $\mathbf{f}(\mathbf{x}): \mathbf{R}^2 \rightarrow \mathbf{R}^K: \mathbf{f}(\mathbf{x}) = (f_1(\mathbf{x}), f_2(\mathbf{x}), \dots, f_K(\mathbf{x})) = [f_c(\mathbf{x})]_{c=1}^K$. By this reason, we must use matrix-valued weights $\{\mathbf{W}(\mathbf{x}, \mathbf{p})\}_{\mathbf{p} \in M(\mathbf{x})}$, where $\mathbf{W}(\mathbf{x}, \mathbf{p})$ is a $(K \times K)$ -matrix, and K is the number of different channels in $\mathbf{f}(\mathbf{x}): \mathbf{R}^2 \rightarrow \mathbf{R}^K$. The 4-factor MIMO-filter suggests a weighted average of pixels in the given image

$$\begin{aligned} \hat{\mathbf{s}}(\mathbf{x}) &= \mathbf{MIMO}^4 \mathbf{FactMean}_{\mathbf{p} \in M(\mathbf{x})} [\bar{\mathbf{W}}(\mathbf{x}, \mathbf{p}) \cdot \mathbf{f}(\mathbf{p})] = \\ &= \frac{1}{\mathbf{diag}\{k_1(\mathbf{x}), k_2(\mathbf{x}), \dots, k_K(\mathbf{x})\}} \sum_{\mathbf{p} \in M(\mathbf{x})} \mathbf{W}(\mathbf{x}, \mathbf{p}) \cdot \mathbf{f}(\mathbf{p}), \end{aligned} \tag{41}$$

or in component-wise form

$$\hat{s}_a(\mathbf{x}) = \frac{1}{k_a(\mathbf{x})} \sum_{\mathbf{p} \in M(\mathbf{x})} \sum_{b=1}^K w^{ab}(\mathbf{x}, \mathbf{p}) \cdot f_b(\mathbf{p}) = \sum_{\mathbf{p} \in M(\mathbf{x})} \sum_{b=1}^K \bar{w}^{ab}(\mathbf{x}, \mathbf{p}) \cdot f_b(\mathbf{p}), \tag{42}$$

where $\hat{\mathbf{s}}(\mathbf{x})$ is the filtered multichannel image, $\hat{s}_a(\mathbf{x})$ is its a th channel, $\bar{w}^{ab} = w^{ab} / k_a$, $\bar{\mathbf{W}}(\mathbf{x}, \mathbf{p}) = \text{diag}\{k_1^{-1}(\mathbf{x}), k_2^{-1}(\mathbf{x}), \dots, k_K^{-1}(\mathbf{x})\} \cdot \bar{\mathbf{W}}(\mathbf{x}, \mathbf{p})$ $k_a(\mathbf{p})$ is the normalization factor in the a th channel:

$$k_a(\mathbf{x}) = \sum_{\mathbf{p} \in M(\mathbf{x})} \sum_{b=1}^K w^{ab}(\mathbf{x}, \mathbf{p}) \quad (43)$$

and $\text{diag}\{k_1(\mathbf{x}), k_2(\mathbf{x}), \dots, k_K(\mathbf{x})\}$ is diagonal matrix with channel normalization factors. Note, that

$$\frac{1}{\text{diag}\{k_1(\mathbf{x}), k_2(\mathbf{x}), \dots, k_K(\mathbf{x})\}} \mathbf{W}(\mathbf{x}, \mathbf{p}) \cdot \mathbf{f}(\mathbf{p}) = \bar{\mathbf{W}}(\mathbf{x}, \mathbf{p}) \cdot \mathbf{f}(\mathbf{p}) =$$

$$= \begin{bmatrix} k_1^{-1}(\mathbf{x}) & \vdots & & & \\ & k_2^{-1}(\mathbf{x}) & \vdots & & \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \\ & & & & k_K^{-1}(\mathbf{x}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w^{11}(\mathbf{x}, \mathbf{p}) & w^{12}(\mathbf{x}, \mathbf{p}) & \dots & w^{1K}(\mathbf{x}, \mathbf{p}) \\ w^{21}(\mathbf{x}, \mathbf{p}) & w^{22}(\mathbf{x}, \mathbf{p}) & \dots & w^{2K}(\mathbf{x}, \mathbf{p}) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ w^{K1}(\mathbf{x}, \mathbf{p}) & w^{K2}(\mathbf{x}, \mathbf{p}) & \dots & w^{KK}(\mathbf{x}, \mathbf{p}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f_1(\mathbf{p}) \\ f_2(\mathbf{p}) \\ \vdots \\ f_K(\mathbf{p}) \end{bmatrix}.$$

The normalized matrix-valued weights $\bar{\mathbf{W}}(\mathbf{x}, \mathbf{p})$ are computed based on the content of the neighborhood. For pixels $\mathbf{f}(\mathbf{p})$, $\mathbf{p} \in M(\mathbf{x})$ around the Fréchet centroid $\bar{\mathbf{f}}_{opt}(\mathbf{x})$, the scalar-valued weights $\bar{w}^{cd}(\mathbf{x}, \mathbf{p})$ of the matrices $\bar{\mathbf{W}}(\mathbf{x}, \mathbf{p})$, $\mathbf{p} \in M(\mathbf{x})$ are computed by multiplying the following four factors:

$$\bar{w}^{cd}(\mathbf{x}, \mathbf{p}) =$$

$$= \bar{w}_{Sp}(\|\mathbf{p}\|) \cdot \bar{w}_{Ch}(|c-d|) \cdot \bar{w}_{Rn}(\|\bar{\mathbf{f}}_{opt}(\mathbf{x}) - \mathbf{f}(\mathbf{p})\|_2) \cdot \bar{w}_{Rn}(|\bar{f}_{c,opt}(\mathbf{x}) - f_d(\mathbf{p})|).$$

The weight includes four factors: spatial $\bar{w}_{Sp}(\|\mathbf{p}\|)$, inter-channels $\bar{w}_{Ch}(|c-d|)$, global radiometric $\bar{w}_{Rn}(\|\bar{\mathbf{f}}_{opt}(\mathbf{x}) - \mathbf{f}(\mathbf{p})\|_2)$, and radiometric inter-channels weights $\bar{w}_{Rn}(|\bar{f}_{c,opt}(\mathbf{x}) - f_d(\mathbf{p})|)$. The first factor $\bar{w}_{Sp}(\|\mathbf{p}\|)$ measures the geometric distance between the center pixel $\bar{\mathbf{f}}_{opt}(\mathbf{x})$ and the neighborhood pixel $\mathbf{f}(\mathbf{p})$, $\mathbf{p} \in M(\mathbf{x})$. The second factor $\bar{w}_{Ch}(|c-d|)$ measures the spectral (inter-channel) distance. The third factor $\bar{w}_{Rn}(\|\bar{\mathbf{f}}_{opt}(\mathbf{x}) - \mathbf{f}(\mathbf{p})\|_2)$ measures the global radiometric distance between the values of the Fréchet center $\bar{\mathbf{f}}_{opt}(\mathbf{x})$ and the pixels $\mathbf{f}(\mathbf{p})$, $\mathbf{p} \in M(\mathbf{x})$. The fourth factor $\bar{w}_{Rn}(|\bar{f}_{c,opt}(\mathbf{x}) - f_d(\mathbf{p})|)$ measures the radiometric distance between the values of the center sample $\bar{f}_{c,opt}(\mathbf{x})$ of the c -channel and the pixel $f_d(\mathbf{p})$, $\mathbf{p} \in M(\mathbf{x})$ of the d -channel.

All weights $\bar{w}_{Rn}^{cd}(\mathbf{x}, \mathbf{p}) = \bar{w}_{Rn}(|\bar{f}_{c,opt}(\mathbf{x}) - f_d(\mathbf{p})|)$ form N radiometric inter-channel $(K \times K)$ -matrices

$$\{\bar{\mathbf{W}}_{Rn}(\mathbf{x}, \mathbf{p})\}_{\mathbf{p} \in M(\mathbf{x})} = \left\{ \left[\bar{w}_{Rn}^{cd}(\mathbf{x}, \mathbf{p}) \right]_{c,d=1}^K \right\}_{\mathbf{p} \in M(\mathbf{x})} = \left\{ \left[\bar{w}_{Rn}(|\bar{f}_{c,opt}(\mathbf{x}) - f_d(\mathbf{p})|) \right]_{c,d=1}^K \right\}_{\mathbf{p} \in M(\mathbf{x})}.$$

if N -cellular window is used.

If is used three ingredient, for example,

$$\bar{w}^{cd}(\mathbf{x}, \mathbf{p}) = \bar{w}_{Sp}(\|\mathbf{p}\|) \cdot \bar{w}_{Rn}(\|\bar{\mathbf{f}}_{opt}(\mathbf{x}) - \mathbf{f}(\mathbf{p})\|_2) \cdot \bar{w}_{Rn}(|\bar{f}_{c,opt}(\mathbf{x}) - f_d(\mathbf{p})|)$$

or

$$\bar{w}^{cd}(\mathbf{x}, \mathbf{p}) = \bar{w}_{Sp}(\|\mathbf{p}\|) \cdot \bar{w}_{Ch}(|c-d|) \cdot \bar{w}_{Rn}(|\bar{f}_{c,opt}(\mathbf{x}) - f_d(\mathbf{p})|)$$

then we obtain 3-factor MIMO-filters.

Simulation Experiments

Some variants of the proposed filters are tested. They are compared on real image “LENA”. Noise is added Fig. 1) with different the Peak Signal to Noise Ratios (PSNRs). The noised images has 1% noised pixels (PSNR = 25.36 dB), 5% noised pixels (PSNR = 18.34

dB), 10% noised pixels (PSNR = 15.41 dB), 20% noised pixels (PSNR = 12.64 dB), 50% noised pixels (PSNR = 9.22 dB).

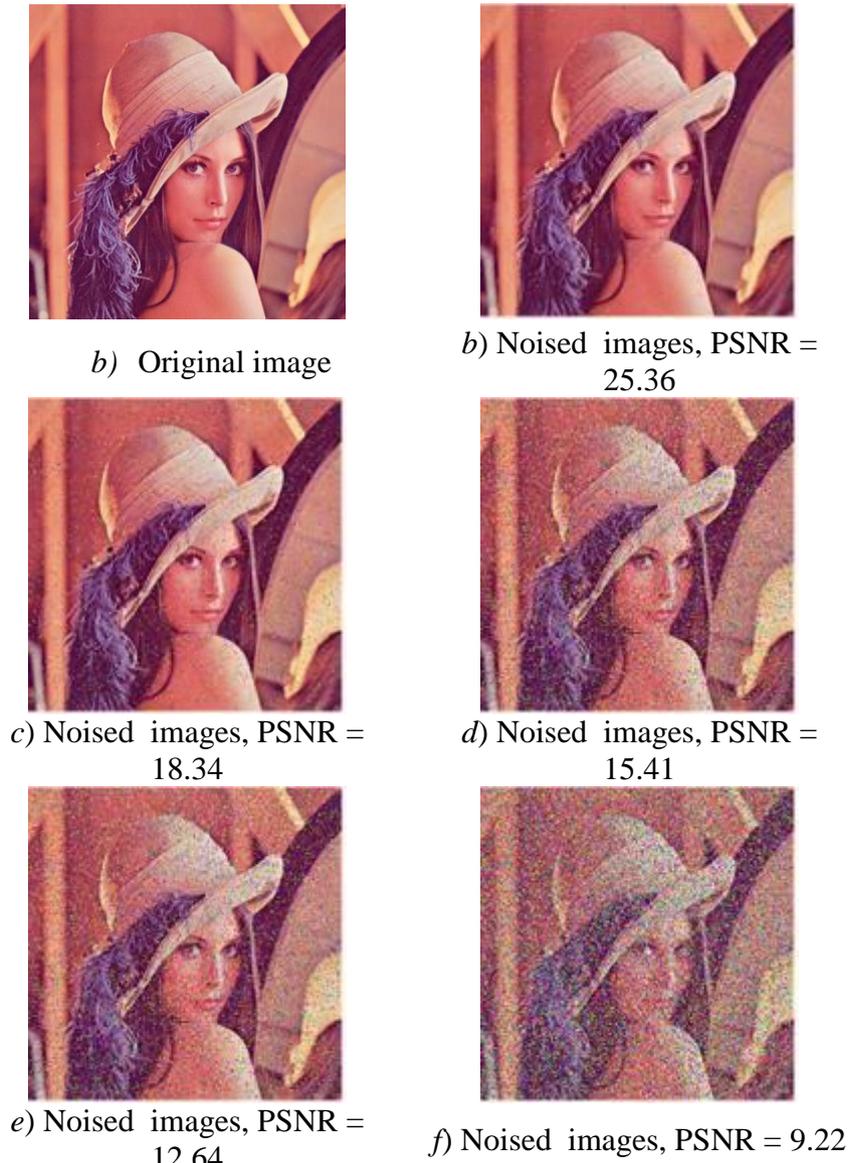
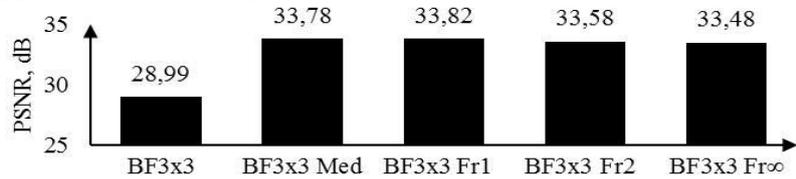
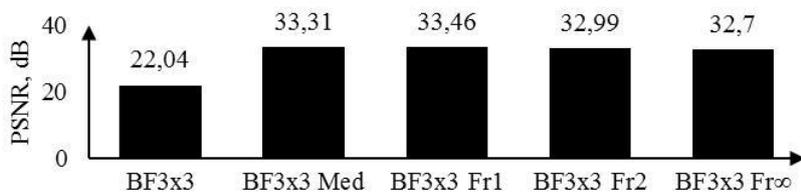


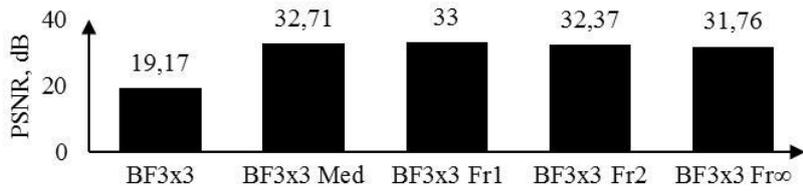
Fig. 1. Original (a) and noised (b) images; noise: Salt-Pepper; denoised images (c)-(f).



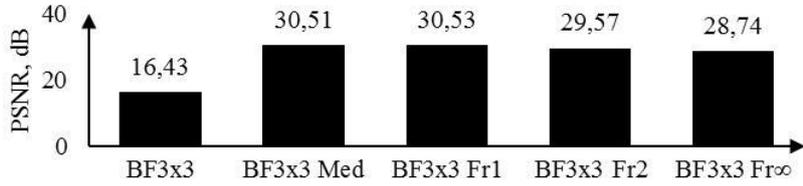
a) Filtration of “Salt and Pepper” noise with 1% noised pixels



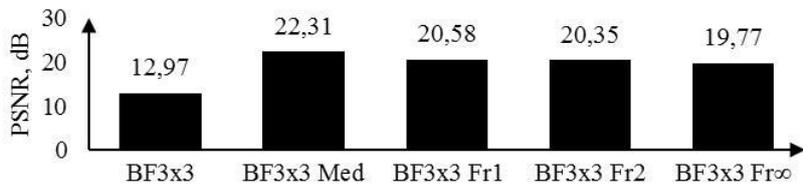
b) Filtration of “Salt and Pepper” noise with 5% noised pixels



c) Filtration of “Salt and Pepper” noise with 10% noised pixels

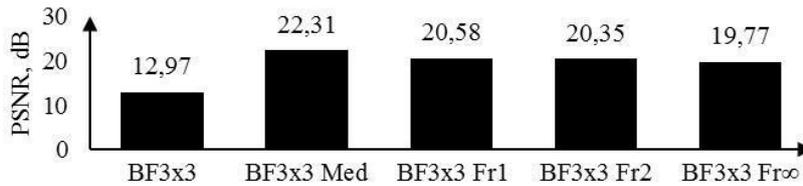


d) Filtration of “Salt and Pepper” noise with 20% noised pixels

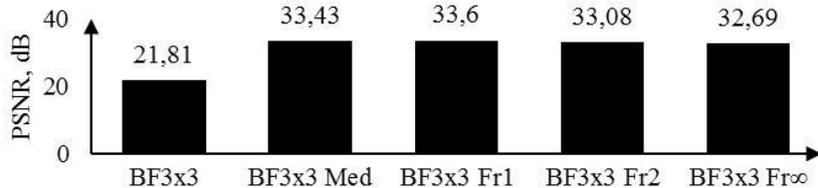


e) Filtration of “Salt and Pepper” noise with 50% noised pixels

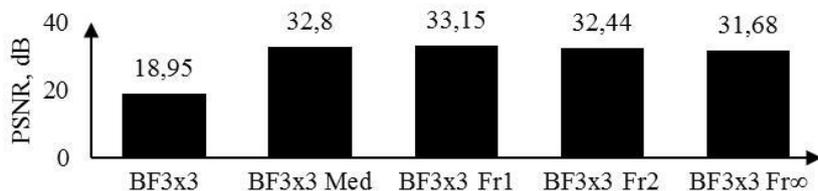
Fig. 2. The results for “Salt and Pepper” noise and bilateral filters with Laplacian weights for $\alpha = 0.035$.



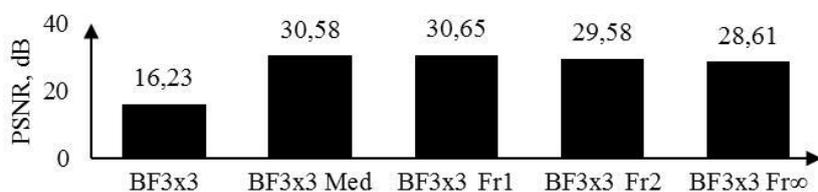
a) Filtration of “Salt and Pepper” noise with 1% noised pixels



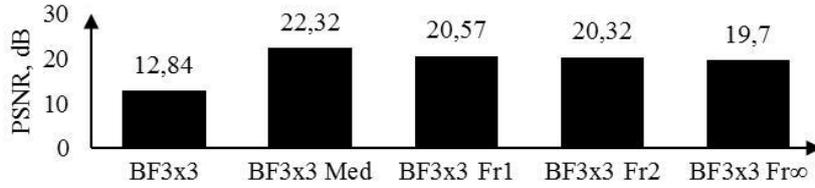
b) Filtration of “Salt and Pepper” noise with 5% noised pixels



c) Filtration of “Salt and Pepper” noise with 10% noised pixels

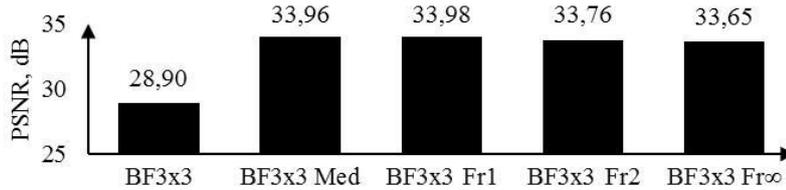


d) Filtration of “Salt and Pepper” noise with 20% noised pixels

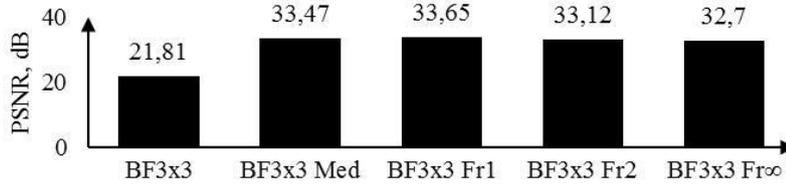


e) Filtration of “Salt and Pepper” noise with 50% noised pixels

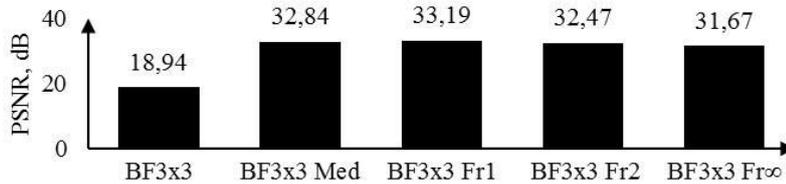
Fig. 3. The results for “Salt and Pepper” noise and bilateral filters with Laplacian weights for $\alpha = 0.07$.



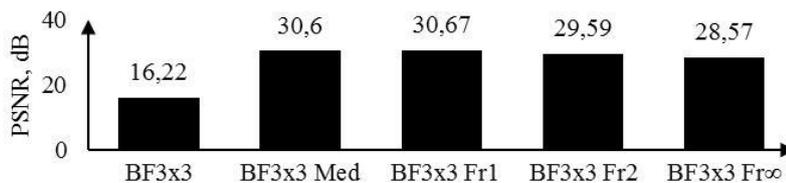
a) Filtration of “Salt and Pepper” noise with 1% noised pixels



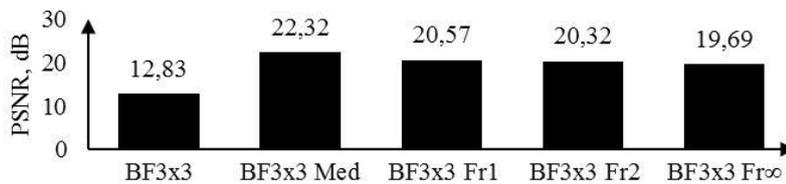
b) Filtration of “Salt and Pepper” noise with 5% noised pixels



c) Filtration of “Salt and Pepper” noise with 10% noised pixels



d) Filtration of “Salt and Pepper” noise with 20% noised pixels



e) Filtration of “Salt and Pepper” noise with 50% noised pixels

Fig. 4. The results for “Salt and Pepper” noise and bilateral filters with Laplacian weights for $\alpha = 0.1$.

Fig. 2-4 summarize the results for “Salt and Pepper” noise and bilateral filters with Laplacian weights $w(f, g) = \exp(-\alpha|f - g|)$ for different $\alpha = 0.035$ (Fig. 2), $\alpha = 0.07$ (Fig. 3), $\alpha = 0.1$ (Fig. 4). Fig. 2-4 show the results obtained by the following bilateral filters with (3 -mask

- the classical bilateral filter (1) (**BF3x3**),
- modified bilateral filter (10) (**BF3x3Med**), where $\bar{f}(\mathbf{x})$ is calculating as classical median in each channel,
- modified bilateral filter (10) (**BF3x3Fr1**), where $\bar{f}(\mathbf{x})$ are calculating as Fréchet median $\bar{f}(\mathbf{x}) = \bar{f}_{opt}(\mathbf{x})$ with distance $\rho(\mathbf{f}, \mathbf{g}) = \rho_1(\mathbf{f}, \mathbf{g})$,
- modified bilateral filter (10) (**BF3x3Fr2**), where $\bar{f}(\mathbf{x})$ are calculating as Fréchet median $\bar{f}(\mathbf{x}) = \bar{f}_{opt}(\mathbf{x})$ with distance $\rho(\mathbf{f}, \mathbf{g}) = \rho_2(\mathbf{f}, \mathbf{g})$,
- modified bilateral filter (10) (**BF3x3Fr∞**), where $\bar{f}(\mathbf{x})$ are calculating as Fréchet median $\bar{f}(\mathbf{x}) = \bar{f}_{opt}(\mathbf{x})$ with distance $\rho(\mathbf{f}, \mathbf{g}) = \rho_\infty(\mathbf{f}, \mathbf{g})$.

It is easy to see that results for all modified bilateral filters are better, compared to the classical bilateral filter **BF3x3**.

Conclusion and future work

A new class of nonlinear generalized 2-, 3-, and 4-factor MIMO-filters for multichannel image processing is introduced in this paper. Weights in 4-factor MIMO-filters include four components: spatial, radiometric, interchannel and interchannel radiometric weights. The fourth weight measures the radiometric distance (for grey-level images) between the interchannel values of the center scalar-valued channel pixel and local neighborhood channel pixels. Here, the 1D Euclidean metric is used, too. We are going to use in (10) and (11) a generalized average (aggregation) (Kolmogorov, 1930; Mayor, Trillas, 1986; Ovchinnikov, 1998) instead of ordinary mean.

The aggregation problem (Kolmogorov, 1930; Mayor, Trillas, 1986; Ovchinnikov, 1998) consist in aggregating n -tuples of objects all belonging to a given set S , into a single object of the same set S , i.e., **Agg**: $S^n \rightarrow S$. In the case of mathematical aggregation operator the set S is an interval of the real $S = [0,1] \subset \mathbf{R}$ or integer numbers $S = [0,255] \subset \mathbf{Z}$. In this setting, an AO is simply a function, which assigns a number y to any N -tuple (x_1, x_2, \dots, x_N) of numbers: $y = \mathbf{Agg}(x_1, x_2, \dots, x_N)$ that satisfies:

- **Agg**(x) = x ,
- **Agg**($\underbrace{a, a, \dots, a}_N$) = a . In particular, **Agg**(0,0,...,0) = 0 and **Agg**(1,1,...,1) = 1, or **Agg**(255,255,...,255) = 255.
- $\min(x_1, x_2, \dots, x_N) \leq \mathbf{Agg}(x_1, x_2, \dots, x_N) \leq \max(x_1, x_2, \dots, x_N)$.

Here $\min(x_1, x_2, \dots, x_N)$ and $\max(x_1, x_2, \dots, x_N)$ are respectively the *minimum* and the *maximum* values among the elements of (x_1, x_2, \dots, x_N) .

All other properties may come in addition to this fundamental group. For example, if for every permutation $\forall \sigma \in \mathbf{S}_N$ of $\{1, 2, \dots, N\}$ the AO satisfies:

$$\mathbf{Agg}(x_{\sigma(1)}, x_{\sigma(2)}, \dots, x_{\sigma(N)}) = \mathbf{Agg}(x_1, x_2, \dots, x_N),$$

then it is invariant (symmetric) with respect to the permutations of the elements of (x_1, x_2, \dots, x_N) . In other words, as far as means are concerned, the *order* of the elements of (x_1, x_2, \dots, x_N) is - and must be - completely irrelevant.

We list below a few particular cases of means:

5) Arithmetic mean ($K(x) = x$): $\mathbf{Mean}(x_1, x_2, \dots, x_N) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$.

6) Geometric mean ($K(x) = \log(x)$): $\mathbf{Geo}(x_1, x_2, \dots, x_N) = \exp\left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \ln x_i\right)$.

7) Harmonic mean ($K(x) = x^{-1}$): $\mathbf{Harm}(x_1, x_2, \dots, x_N) = \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{1}{x_i}\right)^{-1}$.

8) A very notable particular case corresponds to the function $K(x) = x^p$. We obtain then a quasi arithmetic (power or Hölder) mean of the form: $\mathbf{Power}_p(x_1, x_2, \dots, x_N) = \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i^p\right)^{\frac{1}{p}}$.

This family is particularly interesting, because it generalizes a group of common means, only by changing the value of p .

A very notable particular cases correspond to the logic functions (min; max; median): $y = \mathbf{Min}(x_1, x_2, \dots, x_N)$, $y = \mathbf{Max}(x_1, x_2, \dots, x_N)$, $y = \mathbf{Med}(x_1, x_2, \dots, x_N)$.

In a 2D standard linear and median scalar filters with a square N -cellular window $M(\mathbf{x})$ and located at \mathbf{x} the mean and median replace the central pixel

$$\hat{s}(\mathbf{x}) = \mathbf{Mean}_{\mathbf{p} \in M(\mathbf{x})}[f(\mathbf{p})], \quad \hat{s}(\mathbf{x}) = \mathbf{Med}_{\mathbf{p} \in M(\mathbf{x})}[f(\mathbf{p})], \quad (44)$$

where $\hat{s}(\mathbf{x})$ is the filtered grey-level image, $\{f(\mathbf{p})\}_{\mathbf{p} \in M(\mathbf{x})}$ is an image block of the fixed size N extracted from f by moving N -cellular window $M(\mathbf{x})$ at the position \mathbf{x} , \mathbf{Mean} and \mathbf{Med} are the mean (average) and median operators. When filters (14) are modified as follows

$$\hat{s}(\mathbf{x}) = \mathbf{M} \mathbf{Agg}_{\mathbf{p} \in M(\mathbf{x})}[f(\mathbf{p})], \quad (45)$$

we get the unique class of nonlinear *aggregation SISO-filters* proposed in the papers (Labunets, 2014; Labunets et al., 2014a,b,c), where $\mathbf{M} \mathbf{Agg}$ is an aggregation operator on the mask $M(\mathbf{x})$.

For MIMO-filters we have to introduce a vector-valued aggregation. Note, that for ordinary vector-matrix product $\mathbf{g} = \bar{\mathbf{W}}\mathbf{f}$ we have in component-wise form

$$g_c = \bar{w}_{c1}f_1 + \bar{w}_{c2}f_2 + \dots + \bar{w}_{cK}f_K = \sum_{d=1}^K \bar{w}_{cd}f_d. \quad (46)$$

Let us introduce vector-matrix aggregation product $\mathbf{g} = \bar{\mathbf{W}}_{\mathbf{Agg}} \square \mathbf{f}$ in component-wise form by the following way

$$g_c = \mathbf{Agg}\{\bar{w}_{c1}f_1, \bar{w}_{c2}f_2, \dots, \bar{w}_{cK}f_K\} = \mathbf{Agg}_{d=1}^K\{\bar{w}_{cd}f_d\}, \quad (47)$$

where \mathbf{Agg} is an aggregation operator. Obviously, we can use different aggregation operators in different channels

$$g_c = {}^c \mathbf{Agg}\{\bar{w}_{c1}f_1, \bar{w}_{c2}f_2, \dots, \bar{w}_{cK}f_K\} = {}^c \mathbf{Agg}_{d=1}^K\{\bar{w}_{cd}f_d\}, \quad (48)$$

for $c = 1, 2, \dots, K$, where $\mathbf{Agg} = \{^1 \mathbf{Agg}, ^2 \mathbf{Agg}, \dots, ^K \mathbf{Agg}\}$ is the a K -element set of aggregation operators. In this case we write $\mathbf{g} = \bar{\mathbf{W}}_{\mathbf{Agg}} \square \mathbf{f}$

When 4factor MIMO-filter (11) is modified as follows

$$\hat{s}(\mathbf{x}) = \mathbf{MIMO}^4 \mathbf{Fact}^M \mathbf{Agg}\left[\bar{\mathbf{W}}_{\mathbf{Agg}}(\mathbf{x}, \mathbf{p}) \square \mathbf{f}(\mathbf{p})\right], \quad (49)$$

or in component-wise form

$$\hat{s}_c(\mathbf{x}) = \mathbf{M} \mathbf{Agg}_{\mathbf{p} \in M(\mathbf{x})}\left\{{}^c \mathbf{Agg}_{d=1}^K\{\bar{w}^{cd}(\mathbf{x}, \mathbf{p}) \cdot f_d(\mathbf{p})\}\right\} \quad (50)$$

we get the unique class of nonlinear *aggregation MIMO-filters* that we a going to research in future works. They are based on $K+1$ of aggregation operators $\mathbf{M} \mathbf{Agg}$ (aggregation on the mask $M(\mathbf{x})$) and $\mathbf{Agg} = \{^1 \mathbf{Agg}, ^2 \mathbf{Agg}, \dots, ^K \mathbf{Agg}\}$ (inter-channel aggregation), which could be changed independently of one another. For each set of aggregation operators, we get the unique class of new nonlinear filters

Acknowledgment

This work was supported by grants the RFBR nos. 13-07-12168, RFBR and 13-07-00785.

References

- Astola J., Haavisto P., Neuvo Y.* Vector median filters // Proc. IEEE Trans. Image Processing. 1990. Vol. 78. P. 678–689.
- Barash D.* Bilateral Filtering and Anisotropic Diffusion: Towards a Unified View Point // Third International Conference on Scale- Space and Morphology. 2001. P. 273-280.
- Barash D.* A fundamental relationship between bilateral filtering, adaptive smoothing and the non-linear diffusion equation // IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence. 2002. Vol. 24. No. 6. P. 844-847.
- Durand F., Dorsey J.* Fast Bilateral Filtering for the Display of High-Dynamic-Range Images // Proceedings of ACM SIGGRAPH. 2002. P. 257-266.
- Elad M.* Analysis of the Bilateral Filter // The 36th Asilomar on Signals, Systems and Computers, Pacific Grove, CA., 2002a.
- Elad M.* On the Origin of the Bilateral Filter and Ways to Improve It // IEEE Trans. On Image Processing. 2002b. Vol. 11. No. 10. P. 1141—1151.
- Fleishman S., Drori I., Cohen D.* Bilateral Mesh Filtering // Proceedings of ACM SIGGRAPH, San Diego, TX. 2003. P. 950—953.
- Fréchet M.* Les elements aleatoires de nature quelconque dans un espace distance // Ann. Inst. H. Poincare. 1948. Vol. 10. No. 3. P. 215–310.
- Kolmogorov A.* Sur la notion de la moyenne // Atti. Accad. Naz. Lincei. 1930. Vol. 12. P. 388—391.
- Labunets V.G.* Filters based on aggregation operators. Part 1. Aggregation Operators // Proc. of the 24th Int. Crimean Conference Microwave & Telecommunication Technology, Sevastopol, Crimea, Russia. 2014. Vol. 24. P. 1239—1240.
- Labunets V.G., Gainanov D.N., Ostheimer E.* Filters based on aggregation operators. Part 2. The Kolmogorov filters // Proc. of the 24th Int. Crimean Conference Microwave & Telecommunication Technology, Sevastopol, Crimea, Russia. 2014a. Vol. 24. P. 1241-1242.
- Labunets V.G., Gainanov D.N., Tarasov A.D., Ostheimer E.* Filters based on aggregation operators. Part 3. The Heron filters // Proc. of the 24th Int. Crimean Conference Microwave & Telecommunication Technology, Sevastopol, Crimea, Russia. 2014b. Vol. 24. P. 1243-1244.
- Labunets V.G., Gainanov D.N., Arslanova R.A., Ostheimer E.* Filters based on aggregation operators. Part 4. Generalized vector median filters // Proc. of the 24th Int. Crimean Conference Microwave & Telecommunication Technology, Sevastopol, Crimea, Russia. 2014c. Vol. 24. P. 1245—1246.
- Mayor G., Trillas E.* On the representation of some Aggregation functions // Proceeding of ISMVL. 1986. Vol. 20. P. 111–114.
- Ostheimer E., Labunets V., Komarov D., Fedorova T.* Frechet MIMO-Filters // This Proceedings, 2016.
- Ovchinnikov S.* On Robust Aggregation Procedures // Aggregation and Fusion of Imperfect Information (ed. Bernadette Bouchon-Meunier). Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 1998. P. 3–10.
- Tang K., Astola J., Neuvo Y.* Nonlinear multivariate image filtering techniques // IEEE Trans. Image Processing. 1996. Vol. 4. P. 788–798.
- Tomasi C., Manduchi R.* Bilateral filtering for gray and color images // Proc. 6th Int. Conf. Computer Vision, New Delhi, India. 1998. P. 839–846.

Рецензент статьи: кандидат технических наук, доцент Института экономики и управления Уральского государственного лесотехнического университета М.П. Воронов.

V. Labunets¹, I. Artemov¹, S. Martyugin¹ & E. Ostheimer²

¹Ural Federal University, Yekaterinburg, Russia

²Capricat LLC, USA

FAST FRACTIONAL FOURIER TRANSFORMS BASED ON INFINITESIMAL FOURIER TRANSFORM



Introduction

The idea of fractional powers of the Fourier operator $\{F^a\}_{a=0}^4$ appears in the mathematical literature (Wiener, 1929; Condon, 1937; Kober, 1939; Bargmann, 1961; Mitra, 2001). This idea is to consider the eigen-value decomposition of the Fourier transform F in terms of eigen-values $\lambda_n = e^{jn\pi/2}$ and eigen-functions in the form of the Hermite functions. The family of FrFT $\{F^a\}_{a=0}^4$ is constructed by replacing the n -th eigen-value $\lambda_n = e^{jn\pi/2}$ by its a -th power $\lambda_n^a = e^{jn\pi a/2}$, for a between 0 and 4. This value is called the transform order. There is angle parameterization $\{F^\alpha\}_{\alpha=0}^{2\pi}$ where $\alpha = \pi a/2$ is a new angle parameter. Since this family depends on a single parameter, the fractional operators $\{F^a\}_{a=0}^4$ (or $\{F^\alpha\}_{\alpha=0}^{2\pi}$) form the Fourier-Hermite one-parameter strongly continuous unitary multiplicative group $F^a F^b = F^{a \oplus b}$ (or $F^\alpha F^\beta = F^{\alpha \oplus \beta}$), where $a \oplus b = (a+b) \bmod 4$ (or $\alpha \oplus \beta = (\alpha + \beta) \bmod 2\pi$) and $F^0 = I$. The identical and classical Fourier transformations are both the special cases of the FrFTs. They correspond to $\alpha = 0$ ($F^0 = I$) and $\alpha = \pi/2$ ($F^{\pi/2} = F$), respectively.

In 1980, Namias reinvented the fractional Fourier transform (FrFT) again in his paper (Namias, 1980). He used the FrFT in the context of quantum mechanics as a way to solve certain problems involving quantum harmonic oscillators. He not only stated the standard definition for the FrFT, but also developed an operational calculus for this new transform. This approach was extended by McBride and Kerr (1987). Then Mendlovic and Ozaktas (1993) introduced the FrFT into the field of optics. Afterwards, Lohmann (1993) reinvented the FrFT based on the Wigner–distribution function and opened the FrFT to bulk–optics applications. It has been rediscovered signal and image processing (Almeida, 1994). In these cases FrFT allows us to extract time-frequency information from the signal. A recent state of the art can be found by H. Ozaktas et al. (2001). In the series of papers (Labunets E. & Labunets V., 1998; Rundblad et al., 1999 *a, b*; Rundblad–Labunets et al., 1999; Creutzburg et al., 1999; Ozaktas et al., 2001), we developed a wide class of classical and quantum fractional transforms. In this paper, are introduced the infinitesimal Fourier transform and discussed the relationship of the fractional Fourier transform to the Schrödinger operator of the quantum harmonic oscillator. Up to now, the fractional Fourier spectra $F^{\alpha_i} = F^{\alpha_i} \{f\}$, $i = 1, 2, \dots, M$, has been digitally computed using classical approach based on the FFT. This method maps the N samples of the origi-

nal function f to the NM samples of the set of spectra $\{F^{\alpha_i}\}_{i=1}^M$, which requires $MN(2 + \log_2 N)$ multiplications and $MN \log_2 N$ additions. This paper develops a new numerical algorithm, which requires $2MN$ multiplications and $3MN$ additions and which is based on the infinitesimal Fourier transform.

Eigen-decomposition and fractional discrete transforms

The eigen–decomposition (ED) is a tool of both practical and theoretical importance in digital signal and image processing. The ED transforms are defined following way. Let $F = [F_k(i)]_{k,i=0}^{N-1}$ be an arbitrary discrete symmetric $(N \times N)$ –transform, λ_n and $\Psi_n(t)$, $n = 0, 1, \dots, N-1$, be its eigen–values and eigen–vectors, respectively. Let $U = [\Psi_0(i) | \Psi_1(i) | \dots | \Psi_{N-1}(i)]$ be the matrix of eigen–vectors of the F –transform. Then $U^{-1}FU = \text{Diag}\{\lambda_n\}$. Hence, we have the following eigen–decomposition: $F = [F_k(i)] := U \Lambda U^{-1}$.

Definition 1 [12–16]. For an arbitrary real numbers a_0, \dots, a_{N-1} we introduce the multi–parametric F –transform

$$F^{(a_0, \dots, a_{N-1})} := U \left\{ \text{diag}(\lambda_0^{a_0}, \dots, \lambda_{N-1}^{a_{N-1}}) \right\} U^{-1}. \tag{51}$$

If $a_0 = \dots = a_{N-1} \equiv a$ then this transform is called fractional F –transform. For this transform we have

$$F^a := U \left\{ \text{diag}(\lambda_0^a, \dots, \lambda_{N-1}^a) \right\} U^{-1} = U \Lambda^a U^{-1}. \tag{52}$$

The zeroth-order fractional F –transform is equal to the identity transform:

$F^0 = U \Lambda^0 U^{-1} = U U^{-1} = I$ and the first-order fractional Fourier transform operator $F^1 = F$ is equal to the initial F –transform $F^1 = U \Lambda U^{-1}$.

The families $\{F^{(a_0, \dots, a_{N-1})}\}_{(a_0, \dots, a_{N-1}) \in \mathbf{R}^N}$ and $\{F^a\}_{a \in \mathbf{R}}$ form multi- and one-parameter continuous unitary groups with multiplications $F^{(a_0, \dots, a_{N-1})} F^{(b_0, \dots, b_{N-1})} =$

$= F^{(a_0+b_0, \dots, a_{N-1}+b_{N-1})}$ and $F^a F^b = F^{a+b}$. Indeed, $F^a F^b = U \Lambda^a U^{-1} \cdot U \Lambda^b U^{-1} = U \Lambda^{a+b} U^{-1} = F^{a+b}$ and

$$\begin{aligned} & F^{(a_0, \dots, a_{N-1})} F^{(b_0, \dots, b_{N-1})} = \\ & U \left\{ \text{diag}(\lambda_0^{a_0}, \dots, \lambda_{N-1}^{a_{N-1}}) \right\} U^{-1} \cdot U \left\{ \text{diag}(\lambda_0^{b_0}, \dots, \lambda_{N-1}^{b_{N-1}}) \right\} U^{-1} = \\ & = U \left\{ \text{diag}(\lambda_0^{a_0+b_0}, \dots, \lambda_{N-1}^{a_{N-1}+b_{N-1}}) \right\} U^{-1} = F^{(a_0+b_0, \dots, a_{N-1}+b_{N-1})}. \end{aligned}$$

Let $F = [F_k(i)]_{k,i=0}^{N-1}$ be discrete Fourier $(N \times N)$ –transform (DFT), then $\lambda_n = e^{j\pi n/2} \in \{\pm 1, \pm j\}$ and $\{\Psi_n(t)\}_{n=0}^{N-1}$ are the Kravchuk polynomials. Integer values of a for F^a simply correspond to repeated application of the ordinary DFT and negative integer values correspond to repeated application of the inverse DFT. For instance, $F^2 = FF$ corresponds to the Fourier transform of the Fourier transform $F^2 f = F(Ff)$ and $F^{-2} = F^{-1}F^{-1}$ corresponds to the inverse Fourier transform of the inverse Fourier transform $F^{-2} f = F^{-1}(F^{-1}f)$.

Definition 2. The multi–parametric and fractional DFT are

$$\begin{aligned} F^{(a_0, \dots, a_{N-1})} & := U \left\{ \text{diag}(e^{j\pi 0 a_0/2}, e^{j\pi 1 a_1/2}, \dots, e^{j\pi (N-1) a_{N-1}/2}) \right\} U^{-1}, \\ F^a & := U \left\{ \text{diag}(e^{j\pi a/2}) \right\} U^{-1} \end{aligned}$$

and

$$F^{(\alpha_0, \dots, \alpha_{N-1})} := U \left\{ \text{diag}(e^{j0\alpha_0}, e^{j1\alpha_1}, \dots, e^{j(N-1)\alpha_{N-1}}) \right\} U^{-1}, \quad F^\alpha := U \left\{ \text{diag}(e^{j\pi\alpha}) \right\} U^{-1}$$

in \mathbf{a} – and $\mathbf{\alpha}$ –parameterizations, respectively.

The parameters (a_0, \dots, a_{N-1}) and \mathbf{a} can be any real value. However, the operators $F^{(a_0, \dots, a_{N-1})}$ and $F^{\mathbf{a}}$ are periodic in each parameter with period 4 since $F^{\mathbf{a}+4} = I$ and hence

$$F^{(a_0, \dots, a_{N-1})} F^{(b_0, \dots, b_{N-1})} = F^{(a_0 \oplus_4 b_0, \dots, a_{N-1} \oplus_4 b_{N-1})} \text{ and } F^{\mathbf{a}} F^{\mathbf{b}} = F^{\mathbf{a} \oplus_4 \mathbf{b}}, \text{ where } a_i \oplus_4 b_i = (a_i + b_i) \bmod 4, \forall i = 0, 1, \dots, N-1.$$

Consequently, the ranges of (a_0, \dots, a_{N-1}) and \mathbf{a} are $(\mathbb{Z}/4\mathbb{Z})^N = [0, 4]^N$ (or $[-2, 2]^N$) and $\mathbb{Z}/4\mathbb{Z} = [0, 4]$ (or $[-2, 2]$).

In the case of \mathbf{a} -parameterization we have $\alpha_i \oplus_{2\pi} \beta_i = (\alpha_i + \beta_i) \bmod 2\pi, \forall i = 0, 1, \dots, N-1$. Consequently, the ranges of $(\alpha_0, \dots, \alpha_{N-1})$ and \mathbf{a} are $(\mathbb{Z}/2\pi\mathbb{Z})^N = [0, 2\pi]^N$ (or $[-\pi, \pi]^N$) and $\mathbb{Z}/2\pi\mathbb{Z} = [0, 2\pi]$ (or $[-\pi, \pi]$), respectively.

Canonical FrFT

The continuous Fourier transform is a unitary operator F that maps square-integrable functions on square-integrable ones, and is represented on these functions $f(x)$ by the well-known integral:

$$(Ff)(y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{\mathbb{R}} f(x) e^{-jyx} dx. \tag{53}$$

Relevant properties are that the square $(F^2 f)(x) = f(-x)$ is the inversion operator, and that its fourth power, $(F^4 f)(x) = f(x)$, is the identity; hence $F^3 = F^{-1}$. The operator F thus generates a cyclic group of order 4. Bargmann (1961) extended the Fourier transform and he gave definition of the FrFT, one based on Hermite polynomials as an integral transformation. If

$H_n(x)$ is a Hermite polynomial of order n , where $H_n(x) = (-1)^n e^{x^2} \frac{d^n}{dx^n} e^{-x^2}$, then for

$n \in \mathbb{N}_0 := \{0, 1, 2, \dots\}$, functions $\Psi_n(x) = \frac{1}{\sqrt{2^n n! \sqrt{\pi}}} H_n(x) e^{-x^2/2}$ are eigen-functions of the Fourier transform

$$F[\Psi_n(x)] = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \Psi_n(x) e^{2\pi j y x} dx = \lambda_n \Psi_n(y) = e^{-j\frac{\pi}{2}n} \Psi_n(y)$$

with $\lambda_n = j^n = e^{-j\frac{\pi}{2}n}$ being the eigen-value corresponding to the n th eigen-function.

According to Bargmann the fractional Fourier transform $F^\alpha = [K^\alpha(x, y)]$ is defined through its the eigen-functions as

$$K^\alpha(x, y) := U \{diag(e^{-j\alpha n})\} U^{-1} = \sum_{n=0}^{\infty} e^{-j\alpha n} \Psi_n(x) \Psi_n(y). \tag{54}$$

Hence,

$$\begin{aligned} K^\alpha(x, y) &:= \sum_{n=0}^{\infty} e^{-j\alpha n} \Psi_n(x) \Psi_n(y) = e^{-(x^2+y^2)} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{e^{-j\alpha n} H_n(x) H_n(y)}{2^n n! \sqrt{\pi}} = \\ &= \frac{1}{\sqrt{\pi} \sqrt{1-e^{-2j\alpha}}} \cdot \exp\left\{ \frac{2xy e^{-j\alpha} - e^{-2j\alpha} (x^2 + y^2)}{1-e^{-2j\alpha}} \right\} \exp\left\{ -\frac{(x^2 + y^2)}{2} \right\}, \end{aligned} \tag{55}$$

where $F^\alpha(x, y)$ is the kernel of the FrFT. In the last step is used the Mehler formula (Goldstein, 1985)

$$\sum_{n=0}^{\infty} \frac{e^{-j\alpha n} H_n(x) H_n(y)}{2^n n! \sqrt{\pi}} = \frac{1}{\sqrt{\pi} \sqrt{1-e^{-2j\alpha}}} \exp\left\{ \frac{2xy e^{-j\alpha} - e^{-2j\alpha} (x^2 + y^2)}{1-e^{-2j\alpha}} \right\}.$$

Expression (5) can be rewritten as

$$K^\alpha(x, y) = \sqrt{\frac{1-j \cot \alpha}{2\pi}} \exp\left\{ \frac{j}{2 \sin \alpha} [(x^2 + y^2) \cos \alpha - 2xy] \right\},$$

where $\alpha \neq \pi\mathbf{Z}$ (or $\alpha \neq 2\mathbf{Z}$). Obviously, a functions $\Psi_n(x)$ are eigen-functions of the fractional Fourier transform $F^\alpha[\Psi_n(x)] = e^{jn\alpha}\Psi_n(x)$ corresponding to the n -th eigen-values $e^{jn\alpha}, n = 0, 1, 2, \dots$. The FrFT is F^α a unitary operator that maps square-integrable functions $f(x)$ on square-integrable ones

$$F^\alpha(y) = (F^\alpha f)(y) = \int_{x \in \mathbf{R}} f(x)K^\alpha(x, y)dx = \frac{e^{-\frac{j}{2}(\frac{\pi}{2}\hat{\alpha} - \alpha)}}{\sqrt{2\pi|\sin\alpha|}} \int_{x \in \mathbf{R}} f(x) \exp\left\{\frac{j}{2\sin\alpha} [(x^2 + y^2)\cos\alpha - 2xy]\right\} dx.$$

There exist several algorithms for fast calculation of spectrum of the fractional Fourier transform $F^\alpha(y)$. But all of them are based on the following transform of the FrFT:

$$F^\alpha(y) = (F^\alpha f)(y) = \frac{e^{-\frac{j}{2}(\frac{\pi}{2}\hat{\alpha} - \alpha)} e^{jy^2 \frac{\cos\alpha}{2\sin\alpha}}}{\sqrt{2\pi|\sin\alpha|}} \int_{\mathbf{R}} \left[f(x) e^{j\frac{x^2}{2}\cot\alpha} \right] e^{-jxy} dx = A_\alpha(y) \cdot F\{f(x) \cdot B_\alpha(x)\}(y),$$

where $A_\alpha(y) = \frac{e^{-\frac{j}{2}(\frac{\pi}{2}\hat{\alpha} - \alpha)} e^{jy^2 \frac{\cos\alpha}{2\sin\alpha}}}{\sqrt{2\pi|\sin\alpha|}}, B_\alpha(x) = e^{j\frac{x^2}{2}\cot\alpha}.$

Let us introduce the uniformly discretization (or sampling) of the angle parameter α on M discrete values $\{\alpha_0, \alpha_1, \dots, \alpha_i, \alpha_{i+1}, \dots, \alpha_{M-1}\}$, where $\alpha_{i+1} = \alpha_i + \Delta\alpha, \alpha_i = i\Delta\alpha$ and $\Delta\alpha = 2\pi/M$. The set of M spectra $\{F^{\alpha_0}(y), F^{\alpha_1}(y), \dots, F^{\alpha_{M-1}}(y)\}$ can be computed by applying the following sequence of steps for all $\{\alpha_0, \alpha_1, \dots, \alpha_{M-1}\}$:

1. Compute products $f(x)B_{\alpha_k}(x)$, which require N multiplications.
2. Compute the Fast Fourier Transform (FFT) of $N \log_2 N$ multiplications and additions.
2. Multiply the result by $A_\alpha(y)$ (N multiplications).

This numerical algorithm requires $MN(2 + \log_2 N)$ multiplications and $MN \log_2 N$ additions.

Infinitesimal Fourier Transform

In order to construct fast multi-parametric F -transform and fractional Fourier transform algorithms, we turn our attention to notion of a semigroup and its generator (infinitesimal operator). Let $L_2(\mathbf{R}, \mathbf{C})$ be a space of complex-valued functions (signals) and let $\mathbf{Op}(L_2)$ be the Banach algebra of all bounded linear operators on $L_2(\mathbf{R}, \mathbf{C})$ endowed with the operator norm. A family $\{\mathbf{U}(\alpha)\}_{\alpha \in \mathbf{R}} \subset \mathbf{Op}(L_2)$ is called a Hermite group on $L_2(\mathbf{R}, \mathbf{C})$ if it satisfies Abel's functional equation:

$$\mathbf{U}(\alpha + \beta) = \mathbf{U}(\alpha)\mathbf{U}(\beta) \text{ for all } \alpha, \beta \in \mathbf{R},$$

$$\mathbf{U}(0) = I$$

and the orbit maps $\alpha \rightarrow F^\alpha = \mathbf{U}(\alpha)\{f\}$ are continuous from \mathbf{R} into $L_2(\mathbf{R}, \mathbf{C})$ for every $f \in L_2(\mathbf{R}, \mathbf{C})$.

Definition 3 (Goldstein, 1985). The infinitesimal generator $\mathbf{A}(0)$ of the group $\{\mathbf{U}(\alpha)\}_{\alpha \in \mathbf{R}}$ and infinitesimal transform $\mathbf{U}(d\alpha)$ are defined as follows:

$$\mathbf{A}(0) = \left. \frac{\partial \mathbf{U}(\alpha)}{\partial \alpha} \right|_{\alpha=0}, \quad \mathbf{U}(d\alpha) = I + d\mathbf{U}(0) = I + \mathbf{A}(0)d\alpha.$$

Obviously,

$$\begin{aligned} U(\alpha_0 + d\alpha) &= U(\alpha_0) + dU(\alpha_0) = U(\alpha_0) + \left. \frac{\partial U(\alpha)}{\partial \alpha} \right|_{\alpha_0} d\alpha = \\ &= U(\alpha_0) + \mathbf{A}(\alpha_0)d\alpha. \end{aligned}$$

But

$$\begin{aligned} U(\alpha_0 + d\alpha) &= U(d\alpha_0)U(\alpha_0) = [\mathbf{I} + dU(0)]U(\alpha_0) = U(\alpha_0) + \left. \frac{\partial U(\alpha)}{\partial \alpha} \right|_0 U(\alpha_0)d\alpha = \\ &= U(\alpha_0) + \mathbf{A}(0)U(\alpha_0)d\alpha = [\mathbf{I} + \mathbf{A}(0)]U(\alpha_0)d\alpha. \end{aligned}$$

Hence, $\mathbf{A}(\alpha_0) = \mathbf{A}(0)U(\alpha_0)$ and

$$\begin{aligned} F^{\alpha_0+d\alpha}(y) &= (U(\alpha_0 + d\alpha)F)(y) = ([\mathbf{I} + \mathbf{A}(0)]U(\alpha_0)F)(y)d\alpha = \\ &= [\mathbf{I} + \mathbf{A}(0)]F^{\alpha_0}(y)d\alpha. \end{aligned}$$

Define now the linear operator $H = \frac{1}{2} \left(\frac{d^2}{dx^2} - x^2 + 1 \right)$. It is known that

$$H\Psi_n(x) = \frac{1}{2} \left(\frac{d^2}{dx^2} - x^2 + 1 \right) \Psi_n(x) = n\Psi_n(x) \tag{56}$$

From (4) and (6) we have

$$\begin{aligned} j \left. \frac{\partial}{\partial \alpha} F^\alpha(y) \right|_{\alpha=0} &= j \left. \frac{\partial}{\partial \alpha} \{F^\alpha F\}(y) \right|_{\alpha=0} = \sum_{n=0}^{\infty} n\Psi_n(y) \int \Psi_n(x) f(x) dx, \\ HF^\alpha(y) &= \left\{ \sum_{n=0}^{\infty} n\Psi_n(y) \int \Psi_n(x) f(x) dx \right\}. \end{aligned}$$

Therefore $j \frac{\partial F^\alpha(y)}{\partial \alpha} = HF^\alpha(y)$, $\frac{\partial F^\alpha(y)}{F^\alpha(y)} = -jHd\alpha$.

The solution of this equation is given by

$$F^\alpha(y) = \{e^{-j\alpha H} F\}(y) \text{ and } F^\alpha = e^{-j\alpha H} = e^{-j\alpha \left[\frac{1}{2} \left(\frac{d^2}{dy^2} - y^2 + 1 \right) \right]}.$$

Obviously,

$$\begin{aligned} F^{\alpha+d\alpha} &= F^{d\alpha} F^\alpha \square (I + dF^\alpha) \exp[-j\alpha H] = \\ &= \left(I + \frac{\partial F^\alpha}{\partial \alpha} d\alpha \right) \exp(-j\alpha H) = (I - jHd\alpha) \exp(-j\alpha H), \end{aligned}$$

where the operator

$$F^{d\alpha} = (I - jHd\alpha) = \mathbf{I} - j \frac{1}{2} \left(\frac{d^2}{dx^2} - x^2 + 1 \right) d\alpha \tag{57}$$

is called the *infinitesimal Fourier transform* or the generator of the fractional Fourier transforms (Griffiths, 2002).

Let us introduce the multiplication operators $(M_x f)(x) = xf(x)$ and $(M_y F)(y) = yF(y)$. Using the Fourier transform (3), the first of ones may be written as $M_x = F \left(\frac{d}{jdy} \right) F^{-1}$. Obviously,

$$x^2 = M_x^2 = -F \left(\frac{d^2}{dy^2} \right) F^{-1}. \text{ Then}$$

$$F^{d\alpha} = \mathbf{I} - j \frac{1}{2} \left(\frac{d^2}{dx^2} + F \left(\frac{d^2}{dy^2} \right) F^{-1} + 1 \right) d\alpha.$$

Discretization of x -domain with the interval discretization Δx is equal to the periodization of y -domain with the period periodization $2\pi / \Delta x$

$$\frac{d^2}{dx^2} + F \left(\frac{d^2}{dy^2} \right) F^{-1} + 1 \rightarrow D_{\Delta x} \left[\frac{d^2}{dx^2} \right] + F \left(P_{2\pi/\Delta x} \left[\frac{d^2}{dy^2} \right] \right) F^{-1} + 1.$$

Discretization of y -domain with the interval discretization Δy is equal to the periodization of x -domain with the period periodization $2\pi/\Delta y$

$$P_{2\pi/\Delta y} D_{\Delta x} \left[\frac{d^2}{dx^2} \right] + F \left(P_{2\pi/\Delta x} D_{\Delta y} \left[\frac{d^2}{dy^2} \right] \right) F^{-1} + 1.$$

An approximation for the second derivative can be given by the second order central difference operator

$$P_{2\pi/\Delta y} D_{\Delta x} \left(\frac{d^2}{dx^2} f \right) (n) \approx \left(f(n \$_N 1) - 2f(n) + f(n \oplus_N 1) \right),$$

$$P_{2\pi/\Delta x} D_{\Delta y} \left(\frac{d^2}{dy^2} F \right) (k) \approx \left(F(k \$_N 1) - 2F(k) + F(k \oplus_N 1) \right),$$

where $N = 2\pi/\Delta x \Delta y$ and indices are taken modulo N . On the other hand,

$$\left(F \left[P_{2\pi/\Delta x} D_{\Delta y} \frac{d^2}{dy^2} \right] F^{-1} f \right) (n) \approx \left(F \left[F(k \$_N 1) - 2F(k) + F(k \oplus_N 1) \right] F^{-1} \right) (n) =$$

$$= \left(f(n) e^{-\frac{2\pi i}{N} n} - 2f(n) + f(n) e^{\frac{2\pi i}{N} n} \right) = 2f(n) \left(\cos \left(\frac{2\pi}{N} n \right) - 1 \right).$$

These allow one to give the approximation for $H = \frac{1}{2} \left(\frac{d^2}{dx^2} - x^2 + 1 \right)$ as follows

$$H f f(x) = \left[\frac{1}{2} \left(\frac{d^2}{dx^2} - x^2 + 1 \right) \right] f(x) \approx$$

$$\approx \frac{1}{2} \left\{ \left[f(n \$_N 1) - 2f(n) + f(n \oplus_N 1) \right] + 2f(n) \left(\cos \left(\frac{2\pi}{N} n \right) - 1 \right) + f(n) \right\} =$$

$$= - \left[\cos \frac{2\pi}{N} n - \frac{1}{2} \right] f(n) + \frac{1}{2} \left[f(n \$_N 1) + f(n \oplus_N 1) \right].$$

In the N -diagonal basis we have

$$F^{d\alpha} f(x) \approx$$

$$\approx \begin{bmatrix} f(0) \\ f(1) \\ f(2) \\ f(3) \\ \vdots \\ f(N-1) \end{bmatrix} + j\Delta\alpha \begin{bmatrix} -1/2 & 1/2 & & & & 1/2 \\ 1/2 & \cos(\Omega) - 3/2 & 1/2 & & & \\ & 1/2 & \cos(2\Omega) - 3/2 & 1/2 & & \\ & & 1/2 & \cos(3\Omega) - 3/2 & 1/2 & \\ & & & 1/2 & \ddots & 1/2 \\ 1/2 & & & & & 1/2 & -1/2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f(0) \\ f(1) \\ f(2) \\ f(3) \\ \vdots \\ f(N-1) \end{bmatrix}, \quad (58)$$

where $\Omega = 2\pi/N$.

Let us introduce the uniformly discretization (or sampling) of the angle parameter α on M discrete values $\{\alpha_0, \alpha_1, \dots, \alpha_i, \alpha_{i+1}, \dots, \alpha_{M-1}\}$, where $\alpha_{i+1} = \alpha_i + \Delta\alpha$, $\alpha_i = i\Delta\alpha$. and $\Delta\alpha = 2\pi/M$. Then

$$F^{\alpha_{i+1}}(y) = F^{\alpha_i + \Delta\alpha}(y) \approx F^{\alpha_i}(k) + j\Delta\alpha \times$$

$$\times \left\{ \left[\cos \frac{2\pi}{N} k - \frac{3}{2} \right] F^{\alpha_i}(k) + \frac{1}{2} \left[F^{\alpha_i}(k \$_N 1) + F^{\alpha_i}(k \oplus_N 1) \right] \right\}. \quad (59)$$

It is easy to see that this algorithm requires $2MN$ multiplications and $3MN$ additions vs. $MN(2 + \log_2 N)$ multiplications and $MN \log_2 N$ additions in the classical algorithm.

In (8) we used $O(h^2)$ approximation $\left(\frac{d^2}{dx^2} f \right) (k) \approx (f(k-1) - 2f(k) + f(k+1))$. Finer approximations $O(h^{2k})$ also can be used (Candan, 1998).

Conclusions

In this work, we introduce a new way of computing for Fractional Fourier transforms based on the infinitesimal Fourier transform. $2MN$ multiplications and $3MN$ additions are necessary vs. $MN(2 + \log_2 N)$ multiplications and $MN \log_2 N$ additions in the classical algorithm. Presented algorithm can be utilized for fast computation in most applications of signal and image processing. We have presented a definition of the infinitesimal Fourier transform that exactly satisfies the properties of the Schrodinger Equation for quantum harmonic oscillator.

Acknowledgment. This work was supported by the RFBR grants nos. 13-07-12168, 13-07-00785 and by the Ural Federal University's Center of Excellence in "Quantum and Video Information Technologies: from Computer Vision to Video Analytics" (according to the Act 211 Government of the Russian Federation, contract 02.A03.21.0006).

References

- Mitra S.K.* Nonlinear Image Processing. Academic Press Series in Communications, Networking, and Multimedia. San Diego, New York, 2001. 248 p.
- Wiener N.* Hermitian polynomials and Fourier analysis // *J. Math. Phys.* 1929. Vol. 8. P. 70-73.
- Condon E.U.* Immersion of the Fourier transform in a continuous group of functional transforms // *Proc. Nat. Acad. Sci.* 1937. Vol. 23. P. 158-164.
- Kober H.* Wurzeln aus der Hankel- und Fourier und anderen stetigen Transformationen // *Quart. J. Math. Oxford Ser.* 1939. Vol. 10. P. 45-49.
- Bargmann V.* On a Hilbert space of analytic functions and an associated integral transform. Part 1 // *Commun. Pure Appl. Math.* 1961. Vol. 14. P.187-214.
- Namias V.* The fractional order Fourier transform and its application to quantum mechanics // *J. Inst. Math. Appl.* 1980. Vol. 25. P. 241-265.
- McBride A.C. & Kerr F.H.* On Namias' fractional Fourier transforms // *IMA J. Appl. Math.* 1987. Vol. 39. P. 159-265.
- Ozaktas H.M. & Mendlovic D.* Fourier transform of fractional order and their optical interpretation // *Opt. Commun.* 1993. Vol. 110. P. 163-169.
- Lohmann A.W.* Image rotation, Wigner rotation, and the fractional order Fourier transform // *J. Opt. Soc. Am. A.* 1993. Vol. 10. P. 2181-2186.
- Almeida L.B.* The fractional Fourier transform and time-frequency representation // *IEEE Trans. Sig. Proc.* 1994. Vol. 42. P. 3084-3091.
- Ozaktas H.M., Zalevsky Z., & Kutay M.A.* The fractional Fourier transform: with applications in optics and signal processing. Chichester: John Wiley, 2001. P 1–513.
- Rundblad-Labunets E., Labunets V., Astola J. & Egiazarian K.* Fast fractional Fourier-Clifford transforms // *Second International Workshop on Transforms and Filter Banks, Tampere, Finland, TICSP Series.* 1999. Vol. 5. P. 376–405.
- Rundblad E., Labunets V., Astola J., Egiazarian K. & Polovnev S.* Fast fractional unitary transforms // *Proc. of Conf. Computer Science and Information Technologies, Yerevan, Armenia,* 1999. P. 223–226.
- Creutzburg R., Rundblad E. & Labunets V.* Fast algorithms for fractional Fourier transforms // *Proc. of IEEE-EURASIP Workshop on Nonlinear Signal and Image Processing, Antalya, Turkey, June 20–23, 1999.* P. 383–387.
- Rundblad E., Labunets V., Astola J., Egiazarian K. & Smaga A.* Fast fractional Fourier and Hartley transforms // *Proc. of the 1999 Finnish Signal Processing Symposium, Oulu, Finland,* 1999. P. 291–297.

Labunets E. & Labunets V. Fast fractional Fourier transforms // Proc. of Eusipco–98, Rhodes, Greece, 8–11 Sept., 1998. P. 1757–1760.

Goldstein J. Semigroups of Linear Operators and Applications, Oxford U. Press, New York, 1985. 245 p.

Griffiths R.B. Consistent Quantum Theory. 2002 (<http://www.cambridge.org>).

Candan C. The Discrete Fractional Fourier Transform, M.S. thesis, Bilkent Univ., Ankara, Turkey, 1998.

Рецензент статьи: кандидат технических наук, доцент Института экономики и управления Уральского государственного лесотехнического университета М.П. Воронов.

КУЛЬТУРОЛОГИЯ

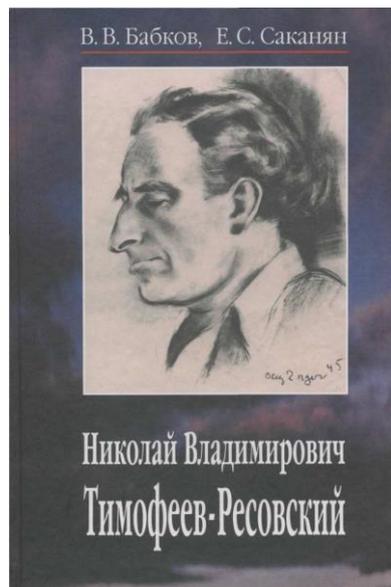
УДК 141

Б.Ф. Чадов

Институт цитологии и генетики СО РАН, г. Новосибирск

**ПОСЛАНИЕ XXI ВЕКУ
(к 35-летию со дня кончины Н.В. Тимофеева-Ресовского)**

Цивилизация подошла к знаменательному рубежу, когда социальные и политические события, включая крупнейшие — войны и революции, по силе воздействия на мировой порядок (ход истории) начинают уступать событиям культурным. Как знак наступающих перемен, как пророчество и послание XXI веку, прозвучала в мире жизнь выдающегося человека, Н.В. Тимофеева-Ресовского.



В московском издательстве «Памятники исторической мысли» вышла книга «Николай Владимирович Тимофеев-Ресовский» В.В. Бабкова и Е.С. Саканян. Бабков — биолог, генетик и историк науки. Саканян — биолог и кинорежиссер. Оба, каждый по-своему, знали Тимофеева-Ресовского, оба оценили значимость его личности и приняли деятельное участие в представлении ее миру в истинном свете. В том, как написана книга, в свою очередь, много «timoфеевского».

Книга представлена как историческая панорама, состоящая из трех частей, или слоев: первый слой - научный вклад Н.В. Тимофеева-Ресовского в естествознание XX века; второй - его жизнь и социальные потрясения столетия, прошедшие по его судьбе и высвеченные в драматической истории борьбы за его посмертную реабилитацию. И третий - архивные приложения: та же жизнь, но бесстрастно рассказанная слогом документа.

Впервые Тимофеев-Ресовский появился на общественном российском небосклоне в образе «Зубра» — так его назвал Д. Гранин в документальной повести, сравнив с сильным, величественным и уходящим в небытие животным. («Зубр не приручаем», - цитирует Саканян зубровода Михаила Заблоцкого.) Действительно, у многих знавших Тимофеева-Ресовского оставалось трудно определяемое ощущение «несовременности» его натуры.

Одно указание на причину «несовременности» мы помним из рассказов самого Н.В. Тимофеева-Ресовского. Он шутливо говорит, что предпочитает вести себя «по возможности барственно». Другое, согласное с первым, содержится в книге: в заключении к первой части авторы ссылаются на речь Герберта Уэллса «Человек науки как аристократ» 1941 года, включенную Н.В. Тимофеевым-Ресовским в его коллекцию отписок. «Неважно, беден он или богат, неуклюж или потрепан, — говорит Уэллс. — Без какой либо претензии на ложную скромность он должен нести себя как аристократ не

только внутри себя, но и среди равных ему, нравится это им или нет. Он ключевой человек Нового Мира».

Постоянное и не подлежащее сомнению ощущение ценности своей личности и аристократическое пренебрежение тем, что «говорят все», оказываются не порочными, а ценными свойствами для творчества. То общинное поведение и умонастроение, что прививалось в советской России и стало частью каждого из нас, Тимофееву-Ресовскому было чуждо. Если к этому добавить вежливость и учтивость, черты не советского происхождения, то «ископаемость» Н.В. в глазах современников становится понятной.

В отличие от всех других, в этой книге личность Н.В. Тимофеева-Ресовского предстает в нескольких ракурсах. Книга необычна по композиции: на строгое изложение научного наследия Тимофеева-Ресовского последовательно наслаивается как история его жизни, так и архивный материал, включая и «говорящий», драматургически выстроенный фоторяд. Каждый из трех слоев особенный и интересен по-своему, но вместе они дают потрясающий эффект: создается ощущение реальной жизни и включенности в события. Ощущение полноты создается не только разнородностью материала, но и сочетанием двух подходов к теме: рационального (научного, документального) и образного – художественного. Как литературное произведение книга уникальна.

Первая часть книги – это первая и в то же время полная научная биография Тимофеева-Ресовского. Она восполняет серьезный пробел в литературе по истории естествознания XX века. Для современных исследователей, на мой взгляд, особый интерес представят главы: вторая (феноменология реализации генов), четвертая (популяции и микроэволюция) и седьмая (радиационная биогеоценология) – в них речь идет о проблемах сегодняшнего дня биологии. Постановка Тимофеевым-Ресовским этих проблем и его подходы интересны и поучительны. В книге Бабкова и Саканян наука предстает в виде культурного феномена; так науку воспринимал Тимофеев, так ее воспринимали его великие учителя и круг его друзей.

Резюмируя научную деятельность героя, Бабков утверждает, что «целью научной жизни Николая Владимировича Тимофеева-Ресовского было создание основ для будущей теоретической биологии». С этим нельзя не согласиться. На деле, он и был биологом-теоретиком. Подход, характерный для теоретической физики, он применял к проблемам, встающим в биологии, – а это большая редкость. Биолог-экспериментатор и биолог-теоретик – разные типы (мозги разные). Один стремится к решающему опыту и утверждению на его основе одной из гипотез. Другой – к концептуальной точности и аксиоматизации своей области. Без сомнения, контакты Тимофеева-Ресовского с физиками и математиками объясняют то, что ему был близок их стиль мышления. Большинству биологов такой стиль мышления чужд.

Этот стиль его мозговой деятельности, как показано в книге, был органично связан с другой его отличительной чертой: публичностью творчества. Семинары, лекции, трепы, школы, общение и беседы с множеством людей – размышление на людях. Это размышление отличается от размышления в одиночестве тем, что оно использует эмоциональный допинг, возникающий в аудитории. Так вести себя может по преимуществу теоретик. Экспериментатор считает, что опыт говорит сам за себя, и не будет спорить: он пойдет проводить такой эксперимент, который «сразит всех своей убедительностью». Тимофеев-Ресовский действительно был теоретиком, работающим на подпитывающем эмоциональном фоне открытой дискуссии.

Он работал со своей мыслью на людях, и прервать его рассуждения вряд ли кому-либо было доступно: вставить слово слушателю или оппоненту он давал тогда, когда сам считал нужным. Такие публичные размышления были важны для воспитания культуры мышления у слушателей, наблюдавших, как исходная мысль становится формулой.

Его ерничанье по поводу увлечения ДНК – «ДНКаканье» – в 1960-е годы многих удивляло. Трудно было предположить, чтобы Н. В. не оценивал значимости открытия химической природы вещества наследственности. Дело было все в той же его теоретической натуре: заклинания ДНКой слишком часто прикрывали леность мысли и уводили от дела.

Утверждения лектора, читающего научный доклад, подлежат демократическому обсуждению, а утверждения профессора авторитарны, принимаются без обсуждения – таков закон жанра. В своих выступлениях Н. В. сильно, выпукло и образно выделял, что правильно, а что нет. Многое, о чем мы судим сейчас, говорилось им с позиции человека, в силу колоссального опыта и возраста склонного к менторству. Но этот тон искупался возможностью прикоснуться к работе мысли – вот сейчас, в этот момент времени.

Потребность в аудитории для Николая Владимировича сочеталась с потребностью аудитории в нем. Существует одна сторона научной деятельности, которой следует уделить внимание: это восприятие мысли в научной среде. Мысль, чтобы существовать, должна жить в головах и делах многих. Форма открытой научной деятельности, которая была характерна для Тимофеева-Ресовского, особенно способствовала восприятию, атмосфере сотворчества.

Центральным драматическим событием в судьбе Тимофеева, полно отраженным в книге, является, на мой взгляд, его жизнь в Германии, находящейся в состоянии войны с Советским Союзом. Нет сомнения в том, что жизнь в государстве, воюющем с его народом, глубоко им переживалась. Оказавшись в России, он не делал попыток разьяснить ситуацию. Он рассчитывал только на понимание. И понимание было.

Он не симпатизировал советской власти ни до отъезда в Германию, ни по возвращении. Живя и работая в Советском Союзе, он четко отличал государство — со всеми его отрицательными чертами — от его любимой родины. Он не служил нацизму, хотя находился в нацистской Германии. Родины он не предавал, хотя его склоняли к этому. Это теперь доказано в книге Бабкова и Саканян.

Стандартные сценарии на тему науки – «научная идея» и «научный гений». В стороне остается тема научного народа, научного сообщества. Но именно научному сообществу и гений, и не гений представляют свои труды, оно их оценивает, и им решается их судьба: быть подхваченным и стать прорывом или быть отброшенными на долгое время. Бабков рассказал мне, что в разговорах с исполнительным директором Нобелевского комитета (о номинации в 1950 году Н.В. Тимофеева-Ресовского) был затронут вопрос о малом числе лауреатов среди ученых России. Ответ шокировал меня: советские ученые не выдвигали своих коллег — российский научный народ не ценит своих талантов и гениев!

К чести российской, бывшей советской, научной общественности, во всяком случае, большей ее части, надо сказать, что она безошибочно оценила Тимофеева-Ресовского как свое научное достояние, несмотря на «германское пятно» и официальное отчетливо холодное отношение к нему. Доверие к Тимофееву-Ресовскому людей, не знавших подробностей его пребывания в военной Германии, но отлично осведомленных о зверствах нацистов на родной земле, свидетельствовало и об их интеллектуальной глубине, и об их человеческой интуиции, и о большом сердце. Это доверие не могло не смягчать «несения креста».

Борьба за Тимофеева, как справедливо пишет Е.С. Саканян, была борьбой и за идеалы российского научного сообщества. И началась она еще при его жизни. События, связанные с реабилитацией, ярко описанные в книге, свидетельствуют об очень важном: здоровые силы в культурной и интеллектуальной среде России есть.

Двадцатый век оказался для России неблагоприятным в том отношении, что для ярких личностей вероятность выживания приближалась к нулю. Таким, чтобы выжить,

надо было быть героями. Тимофеев-Ресовский оказался одним из них – благодаря мощи личности, талантам, способности к научному творчеству в любых условиях, включая тюрьму. Двум тоталитарным режимам пришлось терпеть выдающуюся личность из-за ее масштаба и причастности к передовой науке, в ведении которой находились и атомная энергия, и генетический код. Время значимости науки наступало.

Ценность личности Тимофеева-Ресовского для человеческой цивилизации признана мировым сообществом. 2000-й год отмечался ЮНЕСКО как год его 100-летнего юбилея. Кроме уроков, которые преподносят великие личности каждому из нас, жизнь Тимофеева особенно поучительна для ученых и управителей России. Роль науки в обществе растет стремительно, а в новом российском обществе пока нет осознания того, что развитие науки – показатель умственного здоровья нации.

По завершении XX столетия приходится только сожалеть о самых грандиозных его «свершениях»: десятках миллионов загубленных жизней и колоссальных средствах, затраченных на соперничество в мировом масштабе. И ничего нового по этой части по сравнению с XIX, XVIII и т. д. веками. Новое, что приносит каждый век, в другом – в организованном творческом труде и нравственном совершенствовании. В них надежда и спасение человечества. Об этом и книга.

Особенности личности героя, представленные в книге, очень важны для современного исследователя: обыкновенность, столь удобная для обладателя и поощряемая обществом, отрицательно коррелирует с творческими успехами.

Еще живы многие люди, которые были знакомы с Тимофеевым-Ресовским или слышали о нем. В вышедшей книге они найдут материал, многократно превышающий их личные сведения, и еще раз порадуются, что жизнь свела их с этим замечательным человеком.

Книга обращена по преимуществу к научной молодежи. Содержание науки меняется, и первая четверть XXI века, по-видимому, существенно изменит картину научной проблематики. Но те, кто будут строить науку XXI века, смогут опереться на вдохновляющий пример, который дал нам всем Николай Владимирович Тимофеев-Ресовский.

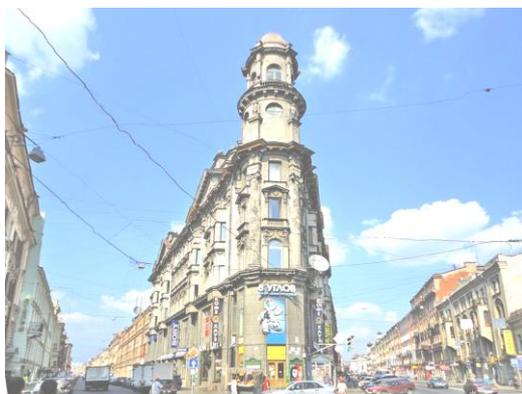
Рецензент статьи: доктор биологических наук, профессор, ведущий научный сотрудник Ботанического сада УрО РАН Е.В. Колтунов.

УДК 141

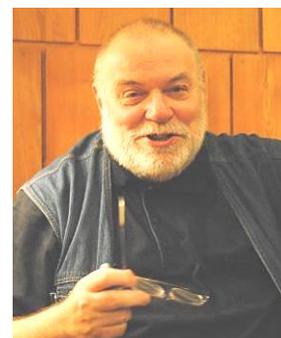
Ю.В. Линник

Петрозаводский государственный университет,
Музей космического искусства им. Н.К. Рериха,
Карельское отделение Ассоциации Музеев Космоса, г. Петрозаводск, Карелия

ПЕНТАКЛЬ МАТВЕЯ БРОНШТЕЙНА



Это знаменитые «Пять углов» в Петербурге – здесь жил выдающийся космолог Матвей Петрович Бронштейн. По ассоциации с этим местом мы выделили пять измерений в его научном творчестве.





Матвей Петрович родился 02.12.1906 г. Чекисты расстреляли ещё совсем молодого учёного 18.02.1938 г.

Борис Пастернак писал:

... *Что только-только распогодь,
Смерть можно будет побороть
Усиьем Воскресенья.*

Усилию *Воскресенья* предшествует усилие *Памяти*. Основоположник русского космизма Николай Фёдоров убеждает нас в том, что *Культура* есть орган *Памяти* – её носитель и хранитель. Там, где беспамятство – там бескультурие. Вспомним слова Иисуса Христа, сказанные об *анамнесисе* во время Тайной Вечери: «*Сие творите в моё воспоминание*» (Лк. 22:19; 1Кор. 11:24). *Анамнесис* – активное памятование – предшествует *Воскресению*. Является его условием! Представим, что *общее дело* Николая Фёдорова из проекта переходит в действие – и пращурь восстают из праха. Это будет мгновенная акция? Или в ситуации, когда воскресших – а их сонмы – ждёт расселение в космосе, потребуется очередность?

Я бы в числе первых вернул к жизни Матвея Бронштейна. Он многое не досказал. Вот пять гениальных идей учёного, вызвавших запоздалый интерес спустя десятилетия после его гибели, но нашедших понимание и получивших развитие.

1. *Теория Всего*. Русскому космизму свойственен максимализм. Местоимение *Всё* – как бы его программа. Делается установка на всеохватный синтез. *Theory of everything* – интеграция всех известных фундаментальных взаимодействий – сегодня является главной целью физики. Её энтелехией! Уйдя куда дальше Альберта Эйнштейна, девятнадцатилетний Матвей Бронштейн первым заложил краеугольный камень *Теории Всего*, интуитивно нащупав её полную – исчерпывающую – форму.

Кратко наметим историю вопроса. В 1925 г. М.П. Бронштейн публикует статью "Об одном следствии гипотезы световых квантов". В 1927 г. (возможно, под влиянием этой работы и разговоров с её автором) Г.А. Гамов, Д.Д. Иваненко и Л.Д. Ландау печатают воистину провидческую статью "Мировые постоянные и предельный переход". И навсегда забывают о ней.

В 1933 г. в статье "К вопросу о возможной теории мира как целого" М.П. Бронштейн возвращается к поставленным проблемам. Это исследование я воспринимаю в контексте русского космизма. Перед тем, как раскрыть существо ошеломительных идей и показать их значение для науки будущего, напомним о ключевых константах.

Мы привыкли брать их изолированно.

G – гравитационная постоянная (*теория тяготения*)

c – скорость света (*релятивистская теория*)

h – постоянная Планка (*квантовая теория*)

Альберт Эйнштейн осуществил cG -объединение.

Матвей Бронштейн первым стал мыслить в категориях cGh .

Прочитируем эпохальную статью: "...*решение космологической проблемы требует предварительного построения единой теории электромагнетизма, тяготения и квант*" (Бронштейн, 1933). Чекистская пуля затормозила развитие физики почти на тридцать лет. В 1967 году Стивен Вайнберг, Шелдон Глэшоу и Абдус Салам начали заново отстраивать *Теорию всего*.

2. *Гипотеза нарушения*. Среди девятнадцати парных эвристик, сформулированных Юлием Шрейдером, мы находим и эту – придадим ей форму кантовской антиномии.

Тезис: *искать законы сохранения – что сохраняется и при каких условиях?*

Антитезис: *искать ресурсы развития в нарушении законов сохранения*.

Законы сохранения для физиков – святое святых. Нарушение таковых – обычно мнимое – воспринимается трагически. Вспомним, с каким восторгом было воспринято открытие *нейтрино* – благодаря этой частице удалось-таки залатать брешь в уравнениях - симметрию поколебал β -распад: электроны здесь давали непрерывный спектр – это противоречило парадигме. Мужественно оценивая ситуацию, Нильс Бор на Римской конференции 1931 г. признал такое еретическое вероятие: *энергия в β -распаде может не сохраняться*. Подобные мысли – применительно к другим случаям – он высказывал и ранее. В среде русских физиков возникла замечательная аббревиатура: *ГН – гипотеза несохранения*. Матвей Бронштейн был самым рьяным сторонником *ГН*. Он остался её приверженцем и после того, как Нильс Бор аннулировал своё дерзкое допущение.

Нейтрино восполнило потерю энергии. Заметим: датский физик полагал, что нарушение законов сохранения может иметь место и при тех экстремальных условиях, которые возникают в недрах звёзд. Он предчувствовал *сингулярность*?

Дабы оправдать саму идею, нам надо задать совсем другой масштаб: не локальный, в рамках звёздной астрономии, а универсальный, предельный – опять-таки потребовать *Всё*. *Барионная асимметрия Вселенной* свидетельствует со всей непреложностью: *Большой Взрыв* – верификация *ГН*, её абсолютное торжество.

Андрей Сахаров всеу искал *антимир*. Его нет. В первый момент своего существования Вселенная нарушила законы сохранения, разбив зеркало, призванное обеспечить равноправие (+) и (-). Господи, какая это удача! Иначе не было бы звёзд и планет. Не было бы нас.

Потом законы сохранения восстановили свой авторитет. Слава Богу, что они это сделали с опозданием, дав маленькой толике материи счастливый шанс: избежать аннигиляции – и постепенно отстроить наше прекрасное мироздание. Г.Е. Горелик и В.Я. Френкель (1990) пишут: «Так же, как в модели Бронштейна, в нынешних построениях энергия может перекачиваться от «видимых» форм материи к «невидимому» Λ -полю» (с. 111). Что такое Λ -поле? Имеется в виду знаменитый лямбда-член – космологическая постоянная, с учётом которой уравнения Эйнштейна приняли такой вид:

$$R_{ab} - \frac{R}{2}g_{ab} + \Lambda g_{ab} = \frac{8\pi G}{c^4}T_{ab}$$

где Λ – космологическая постоянная, g_{ab} – метрический тензор, R_{ab} – тензор Риччи, R – скалярная кривизна, T_{ab} – тензор энергии-импульса, c – скорость света, G – гравитационная постоянная Ньютона.

Судьба Λ -члена оказалась противоречивой. Долгое время он подвергался остракизму. Однако теперь триумфально вернулся в космологию, приняв на себя ответственность за *тёмную материю* – то бишь за «невидимое» Λ -поле.

Вселенная расширяется с ускорением. Откуда берётся энергия для этого? Опять возникает ощущение, что законы сохранения нарушены. В чисто методологическом плане можно сказать, что *тёмная материя* сыграла роль, подобную той, какая некогда выпала на долю *нейтрино* – «спасла» законы сохранения. Матвей Бронштейн как в воду глядел.

3. *Стрела времени*. Общая теория относительности (ОТО) строится на основе симметричной модели времени – оно никак не эддингтоновская *стрела*, а скорее точно выверенный *балансир*, одинаковый с обоих концов. Прошлое здесь нельзя отличить от будущего – воспоминание эквивалентно предсказанию. Известно выражение: *термодинамическое равновесие* – синоним тотальной нивелированности, сглаженности. Ни одного вздрoga! Ни одного колыхания!

Предлагаем ввести аналогичное словосочетание: *хронодинамическое равновесие* – принципиальное тождество сбывшегося и ожидаемого, некая стагнация бытия. *Хронодинамика*: это, конечно, от Н.А. Козырева. Что подвигло его на создание новой теории времени? Николай Александрович рассказывал мне, как он, будучи эзком, в ледяном карцере пережил озарение, неожиданно осознав: источником космической активности может быть *ход времени*. Николай Козырев и Матвей Бронштейн крепко дружили. Первый был младше второго на два года. Разница небольшая – но это факт: Михаил Бронштейн был в глазах Николая Козырева непререкаемым авторитетом.

Проблема *красного смещения* волновала обоих. Альберт Эйнштейн – Артур Эддингтон – Эдвин Хаббл: в сознании Матвея Бронштейна их идеи пересеклись под неожиданным углом. Учёного осенило: расширение Вселенной – будучи увиденным сквозь призму ОТО – возможно лишь в условиях *неравновесного времени*. Необходимо привнести в него зиждательную *асимметрию*? Это было сделано.

Вот цитата: «Объяснение Вселенной как целого не может быть достигнуто на основе законов, симметричных по отношению к прошедшему и будущему, по отношению к замене $+t$ на $-t$; во Вселенной должны существовать по крайней мере отдельные области, которые подчиняются законам, асимметричным по отношению к прошедшему и будущему» (Бронштейн, 1933).

Впоследствии Николай Козырев переосмыслил эту идею в понятиях термодинамики. Время у него *антиэнтропийно*. Оно вырабатывает и переносит энергию, спасая Вселенную от тепловой смерти. Два космоса – бронштейновский и козыревский – не

похожи друг на друга. Прямой зависимости – если хотите, генетической связи – между ними нет. Но это существенный инвариант: *креативное время*, вовлечённое в космогенез.

Это наше предположение: арестованный за два года до казни М.П. Бронштейна, Н.А. Козырев в узилище мысленно продолжал общение с ним – получал от него эвристические импульсы. Перехватив *стрелу времени* от М.П. Бронштейна, Н.А. Козырев сообщил ей бесконечную скорость – и этим резко противопоставил себя коллегам, как бы катапультировавшись из научного сообщества.

В 1941 г. Николай Александрович получил второй срок – вот одно из обвинений: *поддерживает теорию расширяющейся Вселенной*. Странную позицию тогда занимали советские философы. *Конечная и нестационарная* космологическая модель для них – рецидив идеализма.

Однако *красное смещение* они одобряют! Ну как так? Особым невежеством отличался некто В.Е. Львов. По поводу его опуса «*На фронте космологии*» Г.Е. Горелик и В.Я. Френкель (1990) иронизируют: «*В этой статье не хватает, пожалуй, только политической интерпретации покраснения фотонов*» (с. 181).

Асимметричная механика Н.А. Козырева и синергетика И. Р. Пригожина: это родственные явления – это новая парадигма. *Неравновесное время* М.П. Бронштейна предваряет её – пророчит о ней.

4. *Ультрабольшое и ультрамалое*. Проквантовать гравитацию: это была главная цель Матвея Бронштейна. Он уверенно приближался к ней. Процитируем последнюю статью учёного, опубликованную в приснопамятном 1937-м году: «*Возможно, что будущая квантовая «единая теория поля» должна будет рассмотреть и такие превращения (полные или частичные) квантов электромагнитного поля в гравитационные кванты*» (Бронштейн, 1937).

Фотон – это *микро-*.

Гравитация – это *макро-*.

Общепринятая дихотомия! В первом случае квантование естественно – во втором случае оно невозможно. Противоречие! Некорректная постановка задачи! Ах, так ли? Между масштабами здесь – и впрямь бездонная пропасть. Матвей Бронштейн берётся преодолеть её одним прыжком. Учёного предупреждали: это безумный риск.

Вот аргументация Якова Френкеля: электромагнитное поле – *материя*, гравитационное поле – *метрика*. Как можно искать аналогию между ними? Матвей Бронштейн не убоился трудностей.

В 1948 г. вышла монография Д.Д. Иваненко и А.А. Соколова «Квантовая теория гравитация». Бесстрашный В.А. Фок в отзыве на неё писал: «*Каковы бы ни были причины, побудившие авторов замалчивать достижения Бронштейна, их работу никак нельзя рассматривать как построение квантовой теории гравитации, ибо такая теория была создана Бронштейном за 11 лет до них*» (цит. по: Горелик, 1993).

Что было дальше?

– Джон Уилер произнесёт своё гениальное: *материя есть возбуждённое состояние геометрии*.

– Андрей Сахаров определит гравитацию как *упругость квантового вакуума*.

– Стивен Хокинг откроет *квантовое испарение чёрных дыр* – релятивистских объектов.

Всему этому предшествуют прозрения Матвея Бронштейна. Он первым сделал попытку соединить *ультрабольшое* и *ультрамалое*. Этим была предопределена магистральная линия в развитии современной физики.

5. *Антропный принцип*. Флуктуационная гипотеза Людвиг Больцмана сохраняет всю свою эвристичность. Почему произошёл Большой Взрыв? Нам говорят: причиной стало *спонтанное нарушение симметрии вакуума* – типичная флуктуация. Как изме-

ритель вероятность подобных событий? Это похоже на *игру в бисер*. Воистину божественная игра!

Матвей Бронштейн вёл её с небывалым размахом. Он выстроил своеобразную иерархию вероятий. Шанс возникновения Вселенной – потом химических элементов – потом звёзд и планет – потом жизни – потом разума!

Двигаясь по этой последовательности, мы видим: вероятность убывает по экспоненте. Вспомним формулу Фрэнка Дрейка, одного из пионеров программы *SETI*, выведенную им в 1960 году:

$$N = R \cdot f_p \cdot n_e \cdot f_l \cdot f_i \cdot f_c \cdot L,$$

где:

- N — количество разумных цивилизаций, готовых вступить в контакт;
- R — количество звёзд, образующихся в год в нашей галактике;
- f_p — доля звёзд, обладающих планетами;
- n_e — среднее количество планет (и спутников) с подходящими условиями для зарождения цивилизации;
- f_l — вероятность зарождения жизни на планете с подходящими условиями;
- f_i — вероятность возникновения разумных форм жизни на планете, на которой есть жизнь;
- f_c — отношение количества планет, разумные жители которых способны к контакту и ищут его, к количеству планет, на которых есть разумная жизнь;
- L — время жизни такой цивилизации (то есть время, в течение которого цивилизация существует, способна вступить в контакт и хочет вступить в контакт).

Матвей Бронштейн предвосхищает подобные расчёты: «Для того чтобы мы могли наблюдать какое-либо событие, нужно, чтобы мы при этом могли существовать; существование же жизни связано с целым рядом условий, и, вероятно, к числу необходимых условий относится наличие твёрдой планеты, нагреваемой Солнцем, и т. д., т. е. уже наличие весьма значительных отступлений от термодинамического равновесия» (Бронштейн, 1933. С. 13).

По сути это исторически первая формулировка *антропного принципа*. Само понятие в 1973 г. предложит английский физик Брэндон Картер. В 1983 г. Джон Уилер раскроет его так: *Observers are necessary to bring the Universe into being* – *Наблюдатели необходимы для обретения Вселенной бытия*.

Список использованной литературы

Бронштейн М.П. К вопросу о возможной теории мира как целого // Успехи астрономических наук. 1933. № 3. С. 3–30.

Бронштейн М.П. О возможности спонтанного расщепления фотонов // Журнал экспериментальной и теоретической физики. 1937. № 7. С. 335 - 358.

Горелик Г.Е. В.А. Фок: философия тяготения и тяжесть философии // Природа. 1993. № 10. С. 81-107.

Горелик Г.Е., Френкель В.Я. Матвей Петрович Бронштейн: 1906—1938. М.: Наука, 1990. 272 с.

Рецензент статьи: профессор Уральского государственного лесотехнического университета, доктор техн. наук Р.Н. Ковалев.

УДК 141

Ю.В. Линник

Петрозаводский государственный университет,
Музей космического искусства им. Н.К. Рериха,
Карельское отделение Ассоциации Музеев Космоса, г. Петрозаводск, Карелия

КРАСНЫЙ ВИХРЬ

*Но что такое говорит Кювье:
– Итак, Вселенная вихреобразна!*
Леонид Мартынов.

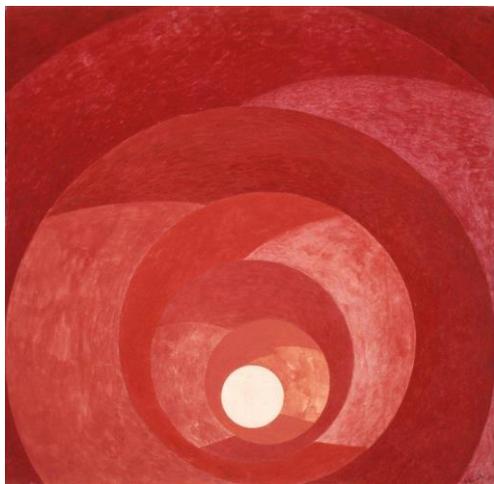
Леонид Чупятов ярко заявил себя как сценограф в спектакле «Красный вихрь» («Большевики»). Это был балет. Однако на афишах жанр обозначался иначе: «синтетическая поэма в двух процессах с прологом и эпилогом». К танцу были добавлены пение, декламация, акробатика. В основе сюжета лежала коллизия добра (революция) и зла (контрреволюция). По сути, это была философичная – весьма абстрактная в своей стилистике – мистерия. Событиям задавался вселенский масштаб. Композитор – Владимир Дешевов, балетмейстер – Фёдор Лопухов, дирижёр – Александр Гаук.

Премьера состоялась 29.10.1924 г. в Петроградском театре оперы и балета. Так теперь называлась Мариинка. В оформлении спектакля доминировали задники. По сути, это были грандиозные станковые полотна. История русского космизма будет неполной без учёта этих выдающихся произведений. Как если бы зрители глядели в телескоп Хаббла! Занимая всё поле зрения, спиральная галактика вплотную приближалась к ним – грозила поглотить, затянув в свою раскалённую горловину.

Космос работал на революцию. Или скажем так: революция была продолжением космогонии – её очередной фазой. Быть может, решающей – заключительной.

Протицируем Надежду Хмельёву, это замечательный текст: «Художник предлагает условное и в то же время романтическое толкование возникновения революционной идеи как красной матери, рождённой в бесконечности космического пространства и стремительно рвущейся к земной человеческой жизни. Сначала это мощная, полная неуправляемой энергии красная спираль, она разрастается и, кажется, разрывает границы живописной завесы. Но при приближении к российскому пространству красная субстанция начинает обретать революционные черты и овеиваться в гигантские звёзды, также заряженные огромной энергией» (Галеев, 2015).

Удивительная интерпретация! Социальная энергия здесь трактуется как преобразование энергии космической. Россия ассимилировала звездный вихрь – и перекинула его мощь восставшим массам. Поэтично и утопично! И ведь здорово.



Леонид Чупятов. Красный вихрь. 1924.

Круги Пифагора – эллипсы Кеплера – спирали Парсонса: в ретроспективе мы видим, как убывает симметрия космоса – он становится всё более неравновесным, активным. Хрустальные сферы продолжают звучать. Но свою солирующую роль они утратили. Ныне перебивают ансамбли вихрей. Надо взять шире: мир трактуется как вихрь. 1924 г.: Александр Фридман завершает работу над моделью расширяющейся Вселенной;

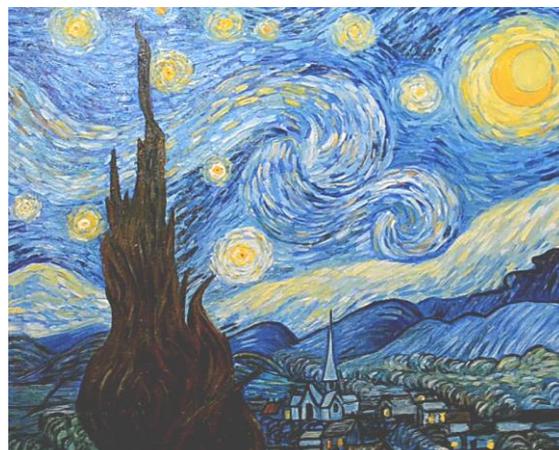
того не ведая, Леонид Чупятов создаёт лучшую иллюстрацию к ней. Вихри спирале-

видны. Введём условное понятие: *вихревая парадигма*. Новое динамичное мировоззрение всё увереннее проникает и в науку, и в искусство.

Уильям Парсонс (лорд Росс) на своём телескопе-рефлекторе с диаметром зеркала 182 см впервые выявил спиральную структуру далёкой галактики (*Мессье 51, NGC 5194*). Её назвали *Водоворотом*.



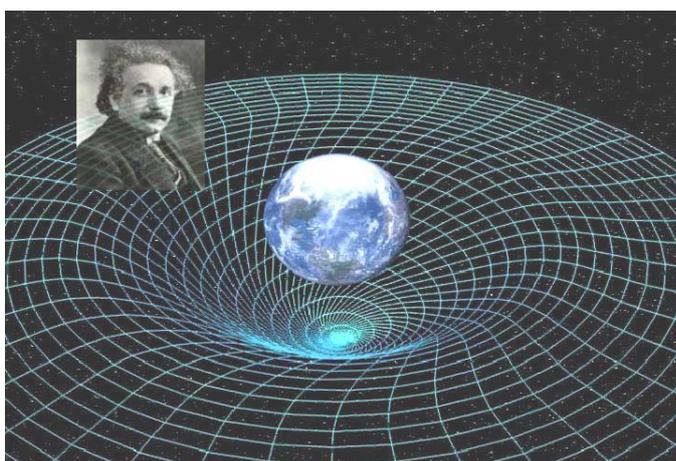
Галактика Whirlpool в Гончих Псах.
Рисунок лорда Росса. 1845.



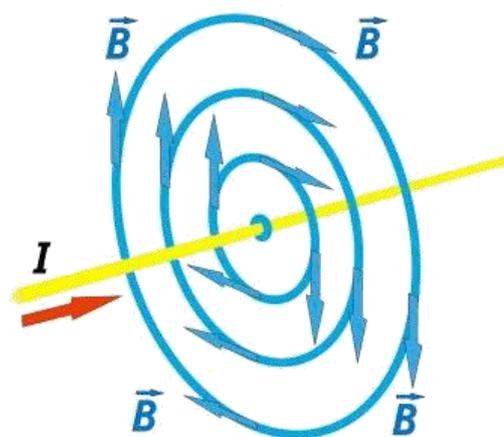
Звёздная ночь. Винсент Ван Гог. 1889.

Геометрия вихря не зависит от субстанции – будь то плазма, воздух, вода. Форма остаётся инвариантной. Гомологические ряды вихревых спиралей, которые мы сейчас начали выстраивать, охватывают разные уровни бытия. Экспрессия астрального вихря, столь убедительно переданная в зарисовке лорда Росса, вдохновила Ван Гога на создание его знаменитой картины.

У Кузьмы Петрова-Водкина (1991) мы находим характерное выражение: «*предметный вихрь*». Не он ли пригибал вертикали, задавая *наклонную перспективу*? И ещё: «*Движение имело какую-то систему, как будто гигантская спираль штопором в определённом направлении винтила и небо, и землю*» (Петров-Водкин, 1970).



Мастерская Кузьмы Петрова-Водкина находилась в искривлённом – взвихренном – пространстве-времени.



Векторная диаграмма.

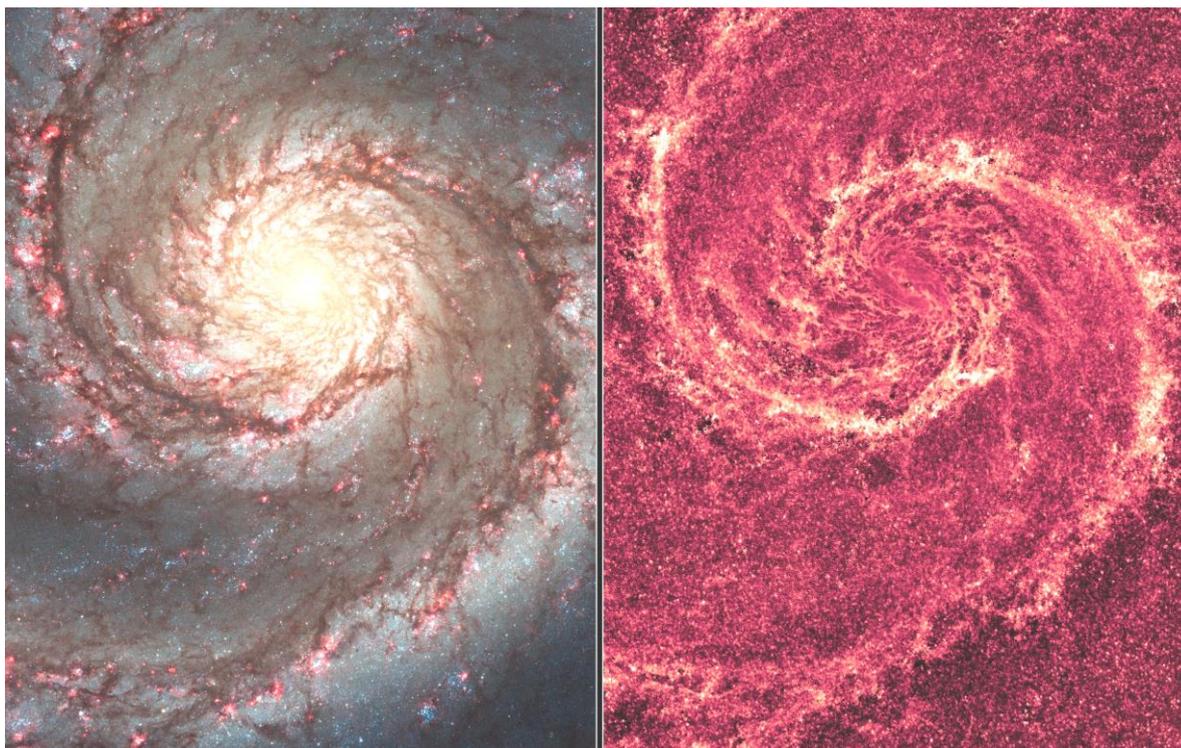
В сугубо научном тексте В.Ф. Кагана (1928) мы находим парадоксальное выражение, где соединились – породили дерзкую метафору – поэзия и наука: «*вихрь вектора*». Композиции в работах школы часто имеют схожие напряжения. В космосе-организме, взращённом Кузьмой Петровым-Водкиным и его школой, циркулируют вихревые токи.



Кузьма Петров-Водкин. Над обрывом. 1920. В структуре холма, нарастающего обороты, прочитывается турбоспираль.



Дмитриев В.В. Эскиз декорации к опере «Дальний звон». 1925. Дебют великого сценографа. Два виадукта несут в себе энергетику спиралей – их раскрутка не закончена до сих пор. Сферическая перспектива не исключает (использую здесь удачное выражение И.-В. Гёте) «спиральной тенденции»: она получает у мастеров школы чёткое и убедительное проявление.



Галактика «Мессье 51». Слева – в видимом, справа – в инфракрасном диапазоне. Фото NASA. Телескоп «Хаббл».

Список использованной литературы

Галеев И.И. Кузьма Петров-Водкин и его школа. Живопись, графика, сценография, книжный дизайн. В 2-х т. Т. I. М.: Галеев-Галерея, 2015. 224 с.

Каган В.Ф. Геометрические идеи Римана и их современное развитие. Доклад, сделанный на 1-м Всероссийском съезде математиков в Москве 29 апреля 1927 г. М.-Л., 1928. С. 115.

Петров-Водкин К.С. Хлыновск. Пространство Эвклида. Самаркандия. Л.: Искусство, 1970. С. 422.

Петров-Водкин К.С. Письма. Статьи. Выступления. Документы. М.: Советский художник, 1991. 381 с.

Рецензент статьи: профессор Уральского государственного лесотехнического университета, доктор техн. наук Р.Н. Ковалев.

УДК 9.903.07

Е.А. Миронова

Ростовский государственный экономический университет (РИНХ), г. Ростов-на-Дону

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБЪЁМНЫХ АНТРОПОМОРФНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА УГЛАХ И СМЕЖНЫХ ГРАНЯХ КАМНЕЙ ОТ БРЕТАНИ ДО ДАЛЬНОГО ВОСТОКА**Введение**

В данной работе мы продолжаем исследование единого религиозного культа Великой Богини, истоки которого уходят вглубь тысячелетий, начиная с верхнего палеолита (Миронова, 2015). Этот культ фертильности, репродукции, женского начала представлен маркерами, число которых всё более увеличивается – это не только изображения Великой Богини в виде ликов-сердечек, но, как показывают наши наблюдения, и угловые изображения на камнях, петроглифах и культовых предметах, то есть, антропоморфные образы с чертами (в основном это глаза), симметрично нанесёнными на соседние грани камней для придания объёмности изображению.

Здесь мы снова применяем визуальный и сравнительный анализы гравировок и рисунков в пещерах Франко-Кантабрийского региона, на мегалитах Европы, на петроглифах рек Амур и Уссури, на камнях в сакральных комплексах Вьетнама и китайских культовых предметах.

Культ Великой Богини изучали Е.О. Джеймс (1954), Ариэль Голан (1993), М. Гимбутас (2006) и многие другие исследователи, которые давно обнаружили предназначение маленьких глиняных и каменных антропоморфных скульптур, изображавших женщину в разных позах: сидящей, стоящей между двумя животными, с очень короткими руками (подобно кресту), на корточках и многих других – символизировать женское божество, которое являлось подательницей жизни и смерти.

Изображения в виде ликов-сердечек на камнях от Карнака до Дальнего Востока

Выбитое на каменной стеле из Карнака (Бретань, Франция) антропоморфное изображение (рис. 1) символизирует именно женское божество, поскольку под данным ликом на поверхности стелы выбит знак V, являющийся женским знаком, о чём мы писали ранее (Миронова, 2014).

На Дальнем Востоке такое антропоморфное изображение, выполненное в виде сердца, то есть, с выемкой в верхней части, в середине лба (рис. 2б), было выявлено на артефакте из пещеры Ёнгок в Южной Корее (Деревянко, 2011), а также были обнаружены археологические памятники с несколькими культурными слоями: Чуннэри и Хахваджери – все с несколькими слоями горизонта финала верхне-каменного века. Возраст этих поселений датируется 50-30 тыс. лет назад (Ли Хонджон, 2002). А.П. Деревянко отмечает, что пластинчатая индустрия (среди артефактов которой в пещере Ёнгок найдена галька в виде лика-сердечка) пришла на Корейский полуостров с юга российского Дальнего Востока и северо-востока Китая: «Какие события стояли за этим, установить трудно. Новая технология могла распространяться в результате контактов с

соседними племенами и (или) вследствие их прямой инфильтрации» (Деревянко, 2011. С. 22).

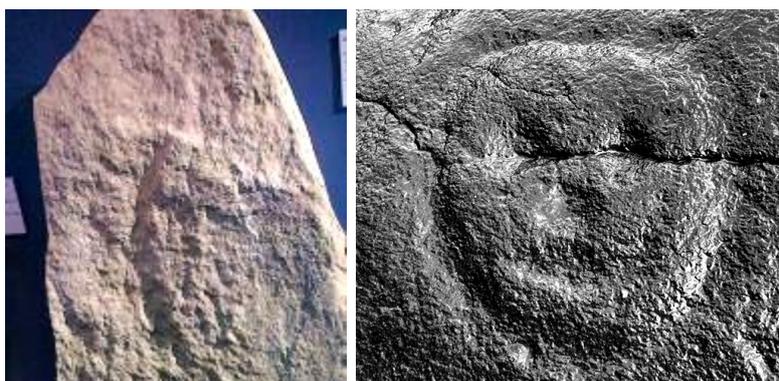


Рис. 1. Антропоморфное изображение на каменной стеле в Карнаке (Бретань, Франция) (слева) (фото автора); фигуративное изображение – простая контурная личина, Шереметьево (справа) (Дэвлет, Ласкин, 2014).

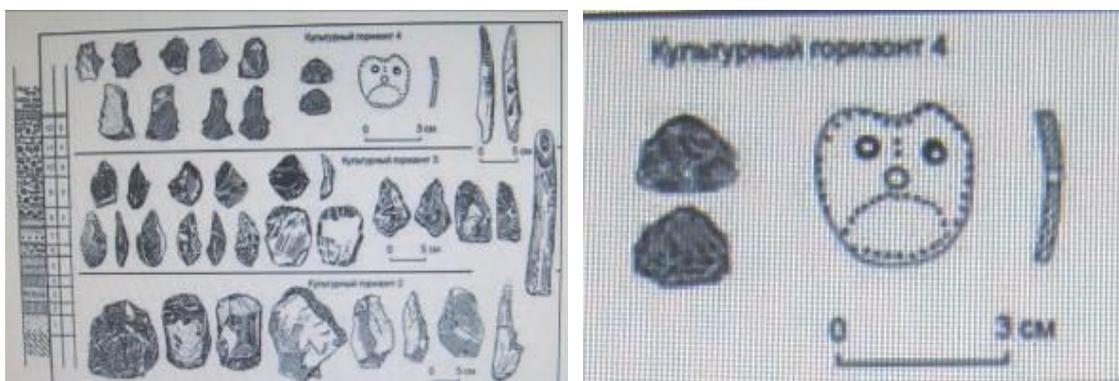


Рис. 2. Артефакты из пещерной стоянки Ёнгок (слева) (Ли Хонджон, 2003); увеличенное антропоморфное изображение в виде лика-сердечка на гальке из пещерной стоянки Ёнгок, культурный горизонт 4 (справа).

Это антропоморфное изображение анфас в виде сердечка – с вырезом в центре лба и зауженной, либо треугольной нижней частью, уже исследованное в предыдущих работах (Миронова, Попов, 2013), является каноническим изображением Великой Богини, свидетельствующим о распространении её культа и на территории нынешней Кореи.

В данном исследовании мы рассмотрим ещё один тип изображений Великой Богини – это её образ, вырезанный на стыках граней камней (на углах), то есть – объёмное антропоморфное изображение.

Образ Великой Богини на примыкающих гранях мегалитов

Антропоморфное изображение в виде лика-сердечка, которое мы исследовали в предыдущих работах (Миронова, Попов, 2013), обнаружено нами не только на сторонах мегалитов, но и на примыкающих друг к другу гранях, образующих угол. Исследование камней Карнака в Бретани (Франция) позволило выявить данный феномен впервые и представить гипотезу о том, что ряды мегалитов Карнака являлись святилищем Великой Богини (Миронова, 2014). Дальнейшие исследования показывают, что в местечке Бруткамп под Альберсдорфом (Германия) находится массивный валун, установленный на небольших камнях, подобно сейдам Кольского полуострова. На данном мегалите можно идентифицировать лики, которые располагаются как на угловой поверх-

ности, так и на его боковой стороне (рис. 3). Эффект «скольжения» антропоморфного лика получается при перемещении угла обзора наблюдателя вдоль поверхности камня. В данном случае сначала становится видимым лик-сердечко на длинной стороне мегалита (рис. 3, вверху), а при перемещении вправо – на угловой части мегалита (рис. 3, внизу).



Рис. 3. Альберсдорф, Бруткамп (Германия). Мезолитический парк «Парк каменного века Дитмаршен» (вверху); увеличенные грани и угол валуна с различными антропоморфными изображениями (внизу) (<http://neues.aoeza.de/2012/04/stone-age-park-dithmarschen.html>).

Подобного рода изображения неотчётливы вследствие воздействия природных факторов и времени, тем не менее, при внимательном их обследовании изображение можно рассмотреть. Затрудняет исследование и классификацию таких памятников то, что часто изображения не являются барельефами в нашем понимании. Камень подвергался обработке минимально, антропоморфные черты лишь намечены. Это всегда – глаза и часто – прорезанный в виде горизонтальной черты/щели (или в виде буквы М) рот. Именно поэтому такие древние скульптуры трудно отличить от природных сколов. Представленный на рис. 4, справа, валун в скоплении камней Мезолитического парка в Альберсдорфе этому яркая иллюстрация.

Использование естественных выступов и шероховатостей камней и валунов для создания барельефов и даже рисованных изображений в пещерах не является чем-то из ряда вон выходящим для искусства каменного века. Это, напротив, было одной из характерных черт палеолитического искусства (Дубровский, Грачёв, 2001). В пещере Руффиньяк, во французском департаменте Дордонь, находятся наскальные изображения мамонтов и бизонов. Помимо использования краски древний художник «вплетал» в изображения природный материал – саму поверхность стены пещеры: «Уже в семистах метрах от входа прекрасно различимы следы медвежьих когтей, а затем начинаются первые крупные гравировки. С левой стороны нанесены два мамонта, смотрящих друг на друга. Именно они стали первыми обнаруженными изображениями в 1956 году. Интересно, что глаз животного, смотрящего влево, представлен в виде естественного выступа кремниевой породы. Примерно через 40 метров, в галерее Брейля расположены

превосходные черные фигуры трех шерстистых носорогов и черной лошадиной головы за ними. При ее создании древний мастер также искусно использовал большой выход темного кремния» (Дубровский, Грачёв, 2001. С. 34).



Рис. 4. Мезолитический парк Бруткамп, Альберсдорф (Германия) ‘Stone Age Park Dithmarschen, 5000 л.н. (слева); увеличенное изображение на камне в виде минимально обозначенного антропоморфного лика – видны глаза и горизонтально прорезанный рот (справа) (<http://blog.culture-routes.net/category/megalithic/feed/>).

Среди изображений в пещере Альтамира, Испания, мы заметили антропоморфное изображение, которое можно отнести к угловым ликам, то есть высеченным/вырезанным на примыкающих гранях камня (рис. 5).



Рис. 5. Одна из личин, обнаруженных в дальних залах пещеры Альтамира, Испания (Дубровский, Грачёв, 2010).

На этом лике идентифицируются глаза, которые вырезаны на двух соседних поверхностях камня, нос, который представлен ребром камня, а также рот, сделанный в виде прорези. Все эти элементы создают объёмный, скульптурный образ.

Культовые камни в чамских святилищах Вьетнама

На противоположной стороне Евразии – во Вьетнаме, мы также обнаружили подобные объёмные антропоморфные лики на поверхностях камней и на их углах. Такие изображения есть и на мегалитах Вьетнама и на артефактах Китая. Сначала рассмотрим культовые комплексы чамов (тямов) – народа, который был вытеснен вьетами с южных территорий, в настоящее время стал национальным меньшинством в этой стране.

Чамы (тямы) процветали с начала нашей эры до XI века. Здесь мы не ставим задачей выяснить этнические корни этого народа и его подлинную историю с самых древних времён. Мы констатируем факты, которые состоят в том, что их царями были люди с арийскими именами: Сурьяварман – кхмерский царь, Индраварман, Харивар-

ман, Джаяварман. Этот народ верил в духов стихий, гор и камней. Это были искусные мореходы, способные укрощать воду и ветер с помощью своих колдовских книг: «С другой стороны тямов обвиняли в том, что они использовали «силу ветра и воды, чтобы пересечь море, пользуясь колдовством монахов» - это одно из частых свидетельств обвинений тямов в чёрной магии, которой в Камбодже и до сих пор боятся» (Швейер, 2014. С. 26). Наследование у чамов (тямов) происходило по женской линии и роль женщины была очень важна (остатки матриархата). Чамы использовали индийский алфавит.

Столица первой царской династии чамов – Индрапур. Эта династия вела своё происхождение от мифического персонажа Бхриги, у которого была власть, полученная им от самого Шивы. Бхрига передал эту власть царю, по имени Уроджа, послал его с этой царской миссией на землю Тямпы. Далее идёт ряд царей и цариц с арийскими именами: Джайя Индраварман (875 г.), который утвердился на троне благодаря браку с царицей Раджакулой Харадеви. Ещё один период расцвета Тямпы приходится на время правления царя Пармешвара (письм.свидетельство 1050 г.). Процветает тоговля, которая доходит даже до о. Ява. Есть также свидетельства о том, что вся территория Вьетнама в X-XI веках была покрыта торговыми путями, ведущими с севера на юг, вплоть до о. Ява. Но Чампа состояла из множества мелких царств и не смогла противостоять экспансии вьетов.

Остатки народа тям (чамы) до сих пор живут в Камбодже. Горные тямы – раглаи – в настоящее время живут во Вьетнаме, и их одежда покрыта вытканными орнаментами в виде «рогов барана». Этот символ является символом Великой Богини; есть также символы: «засеянное поле» (или – шахматный орнамент) и знак Х – знак встречи мужского и женского начал (он же – знак урожая «Таусень», с углами в перекрестиях) – эти символы также вытканы на одежде раглаев (рис.6).



Рис. 6. Одежда раглаев (тямов) с орнаментами древнего Евразийского культа Великой Богини: «рога барана» - знак зачатия и плодородия, «таусень» - знак сбора урожая. Фото автора.

С древности раглаи занимались сбором в лесах лекарственных трав и алоэ, чрезвычайно ценившегося в Китае и используемого в буддистских и даосских культах. Развито ткачество.

Религиозный культ чамов (тямов) включал поклонение богине По Нагар. Во Вьетнаме, в религиозном центре древних чамов, который называется «Башни Чамов», находится святилище Богини По Нагар (Po Nagar) – в современном Нячанге (Nha Trang). Религиозный центр представляет собой башни на горе (Cham Towers) и храмы. Этот религиозный центр был очень почитаем, поскольку был посвящён землекормилице страны, «приносящей землю, каламбак и рис». В XI в., когда в Нячанге появились первые надписи на чамском языке, Богиню называли «богиней страны» (Янг пу Нагара). Имя По Нагар, сохранившееся до наших дней, прямо восходит к древнему имени «богини страны». По Нагар была включена и во вьетский пантеон как богиня-

мать. Её вьетское имя, отражающее функцию богини-покровительницы – Тхиени Ана, неточная фонетическая транскрипция с чамского на вьетский слов «богиня земли» (Швейер, 2014. С. 234-235).

На склонах этой небольшой горы в Нячанге – По Нагар, а также на площадке на её вершине, находится множество больших камней-валунов (рис. 7, *вверху*). Мы покажем здесь на одном из них нечёткие очертания изображений в виде лика-сердечка на трёх плоскостях, а также на стыке граней, на которых видна верхняя граница – выпуклости в виде пунктира, очерчивающие лик-сердечко (рис. 7, *внизу*).



Рис. 7. Один из склонов холма По Нагар (г. Нячанг, Вьетнам) с валунами (вверху) (фото автора); увеличенные фрагменты трёх сторон одного и того же камня в святилище По Нагар, г. Нячанг (Вьетнам), на котором присутствуют следы обработки (ряд выбитых выпуклостей на верхней дуге) и каждая сторона имеет форму сердца (внизу).

Это скопление камней с угловыми изображениями Великой Богини не единственное на холме По Нагар. Из-за ограниченного объёма статьи мы не можем показать все, выявленные нами лики на стыках граней других валунов. Тем не менее, мы рассмотрим здесь антропоморфные изображения на углах большого валуна в середине реки Кай, которая протекает рядом со святилищем По Нагар.

С холма, на котором расположены Башни Чамов, хорошо виден большой валун в центре реки Кай. Он находится в центре группы камней и представляет собой внушительных размеров глыбу. Это не остров, а просто группа камней, но если мы посмотрим на эту часть Нячанга (Nha Trang) с помощью спутниковой карты, мы заметим, что холм с чамскими башнями Богини По Нагар находится на линии, которая протянулась через две группы камней, одна из которых имеет огромный валун с антропоморфным «ликом-сердечком», и эта линия достигает противоположного берега реки Кай, в том месте, где река впадает в Жёлтое море. Это направление, этот вектор, возможно, был каким-то образом важен для древних людей, населяющих дельту р. Кай, возможно, как маркер священного места, подобие «маяка». Поверхность огромного валуна имеет отчётливый антропоморфный лик в виде сердечка (рис. 8, слева).

Это фото сделано утром. Камень залит лучами восходящего солнца с противоположной, восточной стороны. Были сделаны несколько фотографий данного валуна с разных сторон, и здесь представлен результат (рис. 8-9).



Рис. 8. Большой камень в центре реки Кай (перед святилищем По Нагар, Нячанг, Вьетнам) с «лицом-сердечком», восточная сторона (слева); тот же камень с «лицом-сердечком», но с другой – юго-восточной стороны (справа). Фото автора.



Рис. 9. Угол этого же камня в центре реки Кай с изображением, на котором видны два закрытых глаза, юго-восточная сторона (слева); этот же камень, южная сторона, с чётко видимым антропоморфным ликом-сердечком и двумя нечётко просматривающимися глазами (справа). Фото автора.



Рис.10. Эти фотографии показывают способ представления Великой Богини – на каждой стороне и на каждом углу камня мы можем различить изображение в виде «лика-сердечка».

Мы представляем здесь фрагменты всех фотографий данного объекта, для того, чтобы сконцентрировать внимание на повторяющемся изображении, а именно, на «лице», который виден на любой стороне камня, на которую смотрит наблюдатель. Каждый раз левый «глаз» данного «лика» становится правым, если наблюдатель движется влево вокруг этого камня. Куда бы наш взгляд ни упал, во время его прохождения по всем сторонам поверхности камня, даже в районе его углов, мы ясно видим «лик-сердечко» на всех сторонах и на углах этого валуна (рис.10).

В разгар дня солнечные лучи освещают южную сторону камня таким образом, что форма «сердечка» видна рельефно и очень отчётливо. Эти ясно видимые изображения перемещаются по поверхности камня на реке Кай так же точно, как и по поверхности камней в Карнаке. Они «скользят» по граням и углам камня (то есть, каждый раз повторяют образ Великой Богини – её антропоморфное воплощение в виде лика – на новом месте, но непрерывно, с последующей половиной лика, когда предыдущая половина уходит в тень). То есть, если двигаться в направлении солнца вокруг камня, то левая сторона лика становится правой по мере сдвига направления солнечных лучей. И каждый раз предыдущая освещённая солнцем сторона с «ликом-сердечком» погружается в тень.

Фотографии (рис. 11а-в) были сделаны во время движения по мосту над рекой Кай в автомобиле (около 15.00 по местному времени), а это значит, что временной интервал между снимками составляет доли секунды. Этот набор фотографий позволяет получить мгновенную картину освещения разных граней данного валуна. Мы можем видеть, что та сторона камня, где был идентифицирован «лик-сердечко», хорошо освещённый солнечным светом утром, теперь находится в тени, и этот образ не виден полностью. Тем не менее, сам валун не потерял свою изобразительную силу, потому что Великая Богиня (точнее, образ Великой Богини) поменяла своё место на камне. Другими словами, образ божества «перешёл» с восточной стороны на следующую грань камня – южную (рис. 11).

Днём солнце освещает южную грань камня таким образом, что контур «сердца» виден рельефно, и виден очень отчётливо. Это и следующие, похожие изображения «переходят» по поверхности камня точно так же, как мы наблюдали в Карнаке (Бретань, Франция) (Миронова, 2015. С.101-102).



Рис. 11. Восточная сторона валуна с «ликом-сердечком» - образом Великой Богини (который находится в тени в момент его фотографирования), река Кай, Нячанг, Вьетнам (слева); южная сторона того же камня с «ликом-сердечком» - образом Великой Богини (который ярко освещён солнечными лучами в момент фотографирования), р. Кай (в центре); западная сторона этого же камня с третьим «ликом-сердечком» - образом Великой Богини (который также ярко освещён солнечными лучами в момент фотографирования), р. Кай, Нячанг, Вьетнам (справа). Фото автора.



Рис. 12. Три стороны валуна в центре реки Кай, Нячанг, Вьетнам, сфотографированные с секундным интервалом, во время быстрого движения в автомобиле вдоль моста. Фото автора.

Изображения на рис. 12 представляют увеличенные фрагменты этого камня в сравнении, для того чтобы увидеть все детали образов, и чтобы понять главный прин-

цип «скользящего эффекта» - когда изображение, выбитое на поверхности этого камня (на каждой из его сторон и даже на его углах, т.е., в месте соединения двух граней) было видно отчётливо только при движении солнечных лучей.

Более того, сейчас стало понятно, что образы Великой Богини, вырезанные на этом камне, будучи освещёнными, слегка «наклоняются» – к следующей стороне, обозначая время дня, уменьшение дневного света. Возможно, что этот валун на реке Кай являлся солнечными часами и одновременно ориентиром, показывающим наличие рядом с ним святилища Великой Богини.

Культовый предмет с угловым антропоморфным изображением (китайский *ts'ung*)

Такой вид изображения антропоморфных личин можно наблюдать на более позднем артефакте из Китая, который называется «тцунг» (*tsung*) в китайской археологии (*tsou*), имеет также написание – *ts'ung*. Это ритуальный артефакт, обычно изготавливавшийся из целого куска нефрита, состоял из полого цилиндра с центральной прямоугольной секцией. Такие артефакты находят особенно часто в могилах периода Шань Чжоу (*Shang-Zhou period*), 16-11 веках до н.э. Их считают символом или приношением во время обряда жертвоприношения Земле (<http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/609427>).

Тцунг (*ts'ung*) использовался в первоначальных ритуалах поклонения земле и, возможно, ассоциировался с обрядами плодородия. В дальнейшем тцунг развился в двухуровневый предмет с лицами, выгравированными на его углах и на поверхностях квадратов 1, 3, 9 и 7, которые обычно оставались незаполненными. На углах каждый уровень разделён на два подуровня. Нижний подуровень имел главную часть лица, повторенного здесь в редуцированной форме, большие круглые глаза и рот в виде полосы. Верхний подуровень украшен стилизованной версией верхнего лица в головном уборе, а рот в виде полосы обрамлён двумя широкими полосами. Эти элементы являются типичными для декорирования углов тцунга (рис. 13).



Рис. 13. Китайский культовый предмет, называемый «тцунг» (*ts'ung*) (слева); увеличенное антропоморфное изображение, выгравированное на предмете «тцунг» (в центре); увеличенная угловая деталь, показывающая изображение, выполненное на обеих сторонах угла («глаза» в виде концентрических кругов) (справа) (<http://www.chaz.org/Arch/China/Well/Well.html>).

Предполагаемый источник происхождения китайского культового предмета *ts'ung* из угловых антропоморфных личин Сикачи-Аляна

В ряду петроглифов Сикачи-Аляна на р. Амур мы обнаружили возможный источник, прообраз для культовых китайских предметов *ts'ung*. Такое изображение выполнено на стыке граней базальтовой глыбы и представлено только двумя глазами в виде концентрических кругов (рис.14).



Рис. 14. Изображение в виде двух concentрических кругов («глаза Богини») на соседних поверхностях камня, имеющего прямоугольную (или квадратную форму) (слева); увеличенный фрагмент с «глазами Богини» на смежных сторонах камня, образующих угол (справа) (http://vk.com/album137006699_141879964).

Это не единственный пример угловых антропоморфных изображений на территории нашей страны. Угловые антропоморфные изображения, подобные тому, что обнаружилось в Алтае к настоящему времени лишь в единственном экземпляре, находятся на противоположной стороне Евразийского материка – на петроглифах Сикачи-Аляна на берегу р. Амур и петроглифах в долине р. Уссури. Однако здесь они представлены многочисленными вариациями личин, которые, по мнению А.П. Окладникова, трудно свести в определённые устойчивые типы или группы, настолько они разнообразны. По словам учёного, «перед нами одна тема, но с бесконечными вариациями, непрерывно меняющимися в разных и непредвиденных комбинациях, как в калейдоскопе» (Окладников, 1971. С.77).

Петроглифы Сикачи-Аляна – знаменитые базальтовые валуны (точнее – остатки скал), расположенные по правому берегу р. Амур в 60 км ниже г. Хабаровск, покрытые антропоморфными изображениями (личинами), изображениями лосей, птиц, змей и лодок. Петроглифы выполнены преимущественно на базальтовых валунах и частично на скалистом уступе береговой террасы, они концентрируются на береговой полосе от с. Малышево до верхнего конца с. Сикачи-Алян протяженностью 5–6 км в области прямого действия воды Амура. Петроглифы Шереметьево – это местонахождение на правом берегу р. Уссури в 140 км выше по течению от места ее слияния с р. Амур. В бассейне Нижнего Амура и Уссури с эпохи неолита существовали крупные культовые центры и святилища (Медведев, 2005). Известно более 110 массивных базальтовых глыб, на которые нанесено около 200 выбитых изображений и групп, локализующихся в шести пунктах.

Во время экспедиций 1959, 1968, 1970 гг. под руководством А. П. Окладникова было проведено исследование Шереметьевских скал: сделаны прорисовки и описание большинства изображений, проведена археологическая разведка. А. П. Окладников представил подробную характеристику петроглифов, их периодизацию, хронологию, интерпретацию их семантики, привёл этнографические параллели изобразительным мотивам и стилистике (Окладников, 1971). Так, А.П. Окладниковым представлена типология личин, которые учёный считает наиболее выдающейся характеристикой данного памятника: 1) овальные; 2) яйцевидно-овальные; 3) сердцевидные; 4) трапециевидные; 5) прямоугольные; 6) с овальной вершиной и прямым основанием; 7) обезьяновидные или череповидные; 8) парциальные (Окладников, 1971. С. 78). Способ передачи элементов лица (глаз, носа, рта) варьирует от реалистических до условных, почти геометрических форм.

«На углу трех сходящихся граней слабо просматривается небольшая овальная личина <...>. Ее центральная часть утрачена в результате скола, сохранились лишь

часть внешнего контура, округлые углубления глаз и два выделяющихся валика губ, обозначающих слегка приоткрытый рот. Размещение личины на схождении граней позволяло использовать природный рельеф камня. Такой прием – специфическая локальная черта наскального искусства рассматриваемого региона, подобные петроглифы отмечены как на Шереметьево, так и на Сикачи-Аляне, а также, по-видимому, на утраченном памятнике – в пещере Медвежьи Щеки» (Окладников, 1971. С. 72–74). А.П. Окладников отмечает наличие отпечатков звериного следа, что в сочетании с изображениями антропоморфных личин, зафиксировано в регионе впервые.

Однако угловые изображения личин на стыке граней камней не вошли в эту типологию А.П. Окладникова, хотя объёмной технике изображений в Сикачи-Аляне уделено достаточное внимание: «Мастер сикачи-альянских петроглифов намеренно в ряде случаев выбирал для своей работы рёбра базальтовых глыб с двумя соседними плоскостями камня, расположенными под углом, так, чтобы рисунок располагался на этих двух плоскостях. От такой установки он приобретал объёмность и выглядел как трёхмерная вещь, а не плоскостное изображение». В таблицах А.П. Окладникова представлено десять таких личин из Сикачи-Аляна (рис. 15).

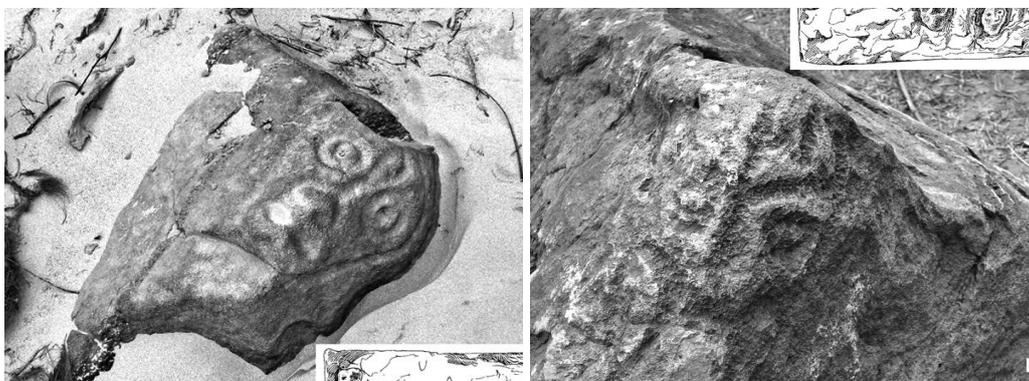


Рис. 15. Рельефные личины на стыке граней, Сикачи-Алян (слева) и Медвежьи Щеки (справа). Оба изображения, несмотря на разницу в стилистике, имеют общий принцип – они выбиты на углах камней (Дэвлет, Ласкин, 2014).

В 2014 г. была предпринята экспедиция с целью зафиксировать новое положение петроглифов на камнях Сикачи-Аляна после наводнения (Дэвлет, Ласкин, 2014). Открыты новые петроглифы и задокументировано новое положение открытых ранее.

Помимо изученных и описанных петроглифов, при внимательном изучении местоположения камней на берегу р. Амур в районе Сикачи-Аляна мы заметили угловое изображение личины, которое крайне трудно опознать из-за стёртости его рельефа и малого размера самого камня (рис.16, вверху). Однако при увеличении фрагмента фотографии с этим камнем, проступают основные черты подобных ликов: углубления «глаз» на соседних сторонах камня, образующих угол; ребро камня, образующее «нос» и «рот», вырезанный в виде ломаной линии, напоминающей букву М (рис. 16, внизу).

Взгляд современного человека, привыкший к детализации изображений, не способен сразу заметить «портреты» божества, выполненные в наидревнейшей манере – символической, с едва намечаемыми чертами. Именно поэтому большинство угловых изображений пока так и остаются незамеченными даже учёными, специально исследующими данное археологическое местоположение. Кроме того, из-за близкого расположения данного камня к воде и его малых размеров, он подвергался её воздействию больше всего. Именно его окатанность и не позволяла рассмотреть угловое изображение. Тем не менее, можно увидеть два углубления на соседних гранях – для глаз и горизонтальную ломаную линию, прорезанную внизу – для рта. Это изображение имеет яйцевидную форму в соответствии с типологией А.П. Окладникова.



Рис. 16. Сикачи-Алян. Вид на смещенные прибрежные валуны, среди которых автором данной статьи обнаружен камень с ликом на стыке граней (вверху) (Дэвлет, Ласкин, 2014). Увеличенные фрагменты рельефной личины из скопления прибрежных валунов Сикачи-Аляна, выполненной на схождении двух граней (внизу).

Заключение

Угловые антропоморфные изображения, сделанные на стыках граней валунов и небольших камней, замеченные в нескольких культовых местах Евразии от Бретани до Дальнего Востока, в большом количестве представлены на петроглифах Сикачи-Аляна на р. Амур и р. Уссури. Кроме того, стилистика и художественные особенности каждого изображения здесь значительно варьируются. Некоторые изображения подверглись воздействию водной среды и выветриванию, поэтому различаются в настоящее время с большим трудом и не выявлены полностью на всех камнях археологами.

Мы можем предположить, что стилистическое разнообразие угловых антропоморфных изображений на камнях Сикачи-Аляна, Шереметьево, бассейна р. Уссури, а также их большое количество, свидетельствует о том, что именно в этих местах был один из очагов формирования основ культа Великой Богини каменного века, который в последующие эпохи этнос-носитель распространил в своих миграциях по всей Евразии. Угловые антропоморфные изображения-личины – образы Великой Богини являются ещё одним осязаемым свидетельством этого единого религиозного культа.

Список использованной литературы

- Гимбутас М.* Цивилизация Великой Богини: Мир Древней Европы М.: РОССПЭН, 2006. 568 с.
Голан А. Миф и символ. М.: Русслит, 1993. 376 с.

Деревянко А.П. Три сценария перехода от среднего к верхнему палеолиту. Сценарий второй: переход от среднего к верхнему палеолиту в материковой части Восточной Азии // Археология, этнография и антропология Евразии. 2011. № 45. С. 2-27.

Деревянко А.П. В поисках оленя Золотые рога. М.: Советская Россия, 1980. 413 с.

Дубровский Д.К., Грачёв В.Ю. Уральские писаницы в мировом наскальном искусстве. Екатеринбург: ООО «Грачёв и партнёры», 2010. 216 с. (http://rockart-studies.ru/pdf/DubrovskiyGrachev_uralskie%20pisan_2011.pdf).

Дэвлет Е.Г., Ласкин А.Р. К изучению петроглифов Амура и Уссури // Краткие сообщения Института археологии. 2014. № 232. С. 8-32.

Ли Хонджон. Переходный период от среднего к позднему палеолиту и традиция орудий на отщепях на Корейском полуострове // Археология, этнография и антропология Евразии. 2003. № 1. С. 65–79.

Медведев В.Е. Неолитические культовые центры в долине Амура // Археология, этнография и антропология Евразии. 2005. № 4 (24). С. 40–69.

Миронова Е.А., Попов В.В. Доказательства распространения единого религиозного культа в неолите на территории Евразии, Японии и Америки (сердцевидные изображения лица Великой Богини) // Proc. of the Academy of DNA Genealogy. Boston-Moscow-Tsukuba. Vol. 6. No. 6. 2013. С. 1103-1113 (http://aklyosov.home.comcast.net/~aklyosov/06_06_2013.pdf).

Миронова Е.А. Древнейшие знаки протописьменности на артефактах Евразии // «Академия Тринитаризма», М., Эл № 77-6567, публ.18993, 20.05.2014 (<http://www.trinitas.ru/rus/doc/0211/009a/02111013.htm>).

Миронова Е.А. Выявленные тождественные элементы орнаментации на керамике археологических культур: Триполье/Кукутени – Яншао – Бан-Чанг – Анасази/Могольон // Россия и Китай: история и перспективы сотрудничества: материалы V Международной научно-практической конференции (Благовещенск-Хайхэ-Харбин, 18-23 мая 2015 г.). Вып. V. Отв. ред. Д.В. Буяров, Д.В. Кузнецов, Н.В. Киреева. Благовещенск: Изд-во БГПУ. 2015а. С. 62-68 (<http://elibrary.ru/download/94267556.pdf>).

Миронова Е.А. Горы и камни как основа культа Великой Богини каменного века // Эко-потенциал. 2015. № 3(11). С. 98-114 (<http://elar.usfeu.ru/bitstream/123456789/4818/1/Mironova.pdf>).

Окладников А.П. Петроглифы Нижнего Амура. Л.: Наука, 1971. 336 с.

Швейер А.В. Древний Вьетнам. М.: Вече, 2014. 400 с.

James E.O. The Cult of the Mother-Goddess: An Archaeological and Documentary Study. New York, 1959. 300 p.

Рецензент статьи: доктор биологических наук, профессор, ведущий научный сотрудник Ботанического сада УрО РАН Е.В. Колтунов.

УДК 378.1

А.И. Попов

ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»

**СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ РЕИНЖИНИРИНГА
МЕТОДИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

Качество высшего образования в значительной мере зависит от используемых педагогических технологий, профессионального мастерства научно-педагогических кадров и методического обеспечения всего учебного процесса. При этом именно методическое обеспечение в настоящее время требует инновационного развития (Тюлина, 2011; Филатова, Прохорова, 2015).

Организация профессиональной подготовки в системе высшего образования предоставляет сегодня образовательным организациям значительную свободу в проектировании как содержания обучения, так и вариантов возможных траекторий личностного развития обучающихся. Такая свобода с одной стороны выглядит несомненным благом, поскольку у вуза появляется возможность сделать приоритетной подготовку в каком-либо конкретном направлении, наиболее востребованном в данном регионе, нацелить обучающихся на выполнение узкоспециализированных профессиональных задач, определенных потенциальными работодателями. В условиях свободы педагогического творчества инновационно активные преподаватели при организации обучения могут использовать наиболее результативные технологии обучения, внедрять свои педагогические новации и разработанное методическое обеспечение дисциплин. Но с другой стороны, у студентов резко снижается академическая мобильность, так как различие учебных планов по одному и тому же профилю в рамках направления подготовки уже на младших курсах делает невозможной безболезненную смену студентом учебного заведения без потери во времени обучения.

При реализации актуализированных стандартов высшего образования проявляется очень существенное противоречие. Едиными для всех выпускников различных вузов, обучавшихся по одному направлению, остаются требуемые результаты обучения в виде сформированных компетенций. Но сами формулировки большинства компетенций очень расплывчато описывают результат обучения и практически не позволяют выработать механизм и выбрать инструментарий их однозначного оценивания. Частично задачу унификации обучения по одному направлению в различных вузах должны были выполнить вновь созданные Учебно-методические объединения (УМО), но по чисто формальным причинам их деятельность сейчас не отличается активностью. Наиболее востребованными в соответствии с ФГОС ВО документами, ожидаемыми от УМО, являются примерная основная профессиональная образовательная программа (ОПОП) и тот минимум дидактических единиц по основным дисциплинам, который бы обеспечил формирование требуемых компетенций.

Однако первоочередной задачей УМО является разработка паспортов компетенций, в которых более четко сформулировано, какими знаниями, умениями и навыками должен обладать студент, чтобы можно было говорить о возможности формирования

данной компетенции. Здесь хотелось бы подчеркнуть, что мы рассматриваем компетенцию не только как совокупность знаний, умений и навыков, но и предполагаем обязательное наличие нравственно-волевых и личностных качеств, которые и обеспечивают реализацию всего указанного в реальной деятельности в условиях жесткой конкурентной борьбы на рынке труда.

Отсутствие паспортов компетенций не позволяет четко разделить компоненты части компетенций. Например, в ФГОС ВО на направлении подготовки 15.03.02 затруднительно разделить «способности к самоорганизации и самообразованию» (ОК-7) и «способности к приобретению с большей степенью самостоятельности новых знаний с использованием современных образовательных и информационных технологий» (ОПК-1), постольку ОПК-1 является составной частью ОК-7. А достаточно общие требования к результату обучения в виде «способностей представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе основных положений, законов и методов естественных наук и математики» (ОПК-1) (ФГОС ВО на направление подготовки 27.03.04) позволяют образовательной организации очень вольно трактовать, какие же знания и умения из данных предметных областей являются необходимыми для студента. А, например, для направления 35.03.06 требуется только «способность к использованию основных законов естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности» (ОПК-2), которая еще менее четко очерчивает блок дисциплин, отвечающих за фундаментальность образования. С учетом того, что ОПОП разрабатывается выпускающей кафедрой, это приводит к существенному уменьшению изучаемых разделов дисциплин естественнонаучного и математического цикла и соответственно к снижению их трудоёмкости. Тем самым ослабляется фундаментальность высшего образования, а обучающиеся вследствие более низкого общего развития в дальнейшем с большими трудовыми и финансовыми затратами смогут сформировать у себя вновь актуализированные компетенции или вообще сменить область профессиональной деятельности.

На части общекультурных компетенций хотелось бы остановиться отдельно. Это те компетенции, которые в первую очередь формируются не содержанием дисциплины, а используемыми формами и методами учебной работы, внеучебной деятельностью студента, всей морально-этической обстановкой в образовательной организации. К таким компетенциям можно отнести, например, «способность работать в коллективе, толерантно воспринимая социальные, этические, конфессиональные и культурные различия» (ОК-6), которая предполагает не столько знания теории межличностных отношений, сколько реальную совместную деятельность обучающихся и преподавателей и формирование внутренних нравственных установок и взаимопонимания. В процессе формирования данной компетенции решающую роль играет социально-культурная среда вуза, нравственные и профессиональные качества педагога (хотелось бы подчеркнуть – именно педагога, а не просто преподавателя), общий настрой в обществе. И закреплять освоение данной компетенции за какой-либо одной дисциплиной просто нецелесообразно.

Отсутствие единых паспортов компетенций сдерживает решение проблемы разработки инструментов для оценки их сформированности. Усложняет данную задачу то, что традиционно оцениваются компетенции через проверку посредством тестирования знаний и умений. С одной стороны, тесты не позволяют сделать обоснованный вывод об уровне владения знаниями в предметной области, особенно при решении творческих задач, требующих нестандартных действий от обучающегося. С другой стороны, большинство компетенций определяются понятием «готовность» к какой-либо деятельности, а воссоздать в тестах предметный и социальный контексты профессиональной деятельности крайне затруднительно. Особенно трудно осуществить проверку сформированности готовности к принятию решения в условиях ограниченности ресур-

сов и повышенной ответственности за конечный результат, что предполагает использование кейсов и совместную деятельность обучающихся (Попов, Ракитина, 2015). Поэтому отсутствие паспортов компетенций, четко регламентирующих компоненты результата и указывающих на возможные инструментально-педагогические средства его оценки, не позволяет унифицировать итоговую аттестацию бакалавров и перейти к аналогу единого государственного экзамена.

Кроме нарушения логического единства образовательного пространства для обучающихся, вследствие затруднения реализации права на академическую мобильность, есть еще один существенный негативный социально-экономический эффект данного методического хаоса. Отсутствие рекомендованных паспортов компетенций, инвариантного блока в ОПОП и примерных рабочих программ учебных дисциплин базовой части (с четким указанием содержания обучения в виде совокупности осваиваемых дидактических единиц и соответствующего фонда оценочных средств) приводит к тому, что в каждом вузе разрабатывается весь комплект учебно-методических документов. Причем значительная часть данной работы просто дублирует то, что уже сделали коллеги из других вузов. Получается, что в каждом вузе заново реализуют процесс «изобретения велосипеда». Несомненно, каждое образовательное учреждение реализует ОПОП с ориентацией и на мотивационную готовность своей студенческой аудитории, и на требования регионального или отраслевого рынка труда. Поэтому вуз должен адаптивно реагировать на изменения во внешней среде и через содержание обучения, и через используемые технологии (Попов и др., 2015). Но делать это было бы гораздо эффективнее, когда у преподавателя вуза есть в наличии базовый учебно-методический комплекс дисциплины, позволяющий на основе четко структурированных компонентов компетенций и основы содержания обучения, более тщательно и методически грамотно прорабатывать те моменты, которые и отражают специфику получения образования в данном конкретном вузе.

Загруженность преподавателя разработкой тех методических материалов из базовой части ОПОП, которые бы могли быть выполнены централизованно на высоком методическом уровне в рамках деятельности УМО, приводит как к потере времени и ресурсов, так и к формированию у части профессорско-преподавательского состава негативного отношения и к методической работе, и к педагогической науке вообще. На этой проблеме хотелось бы остановиться особо. Для технических вузов, преподавательский состав которых традиционно формируется из научно-педагогических работников, не имеющих педагогического образования, проблема оптимального использования инновационных образовательных технологий стоит достаточно остро. Часть преподавателей в силу психологической инерции не рассматривают педагогику как науку и считают, что любой хороший ученый может осуществлять преподавательскую деятельность на высоком уровне. Недостаточный уровень педагогической компетентности делает задачу поиска и внедрения педагогических новаций для них не актуальными. У другой части преподавательского состава даже при наличии желания изменить педагогический процесс просто не остаётся времени на поиск и качественную адаптацию новых методических разработок в своей деятельности. Этим во многом объясняется низкая внедряемость результатов исследований в области теории и методики профессионального образования, когда разработанные методики преподавания каких-либо дисциплин или подготовки по определенным специальностям после защиты (если исследователи не планируют защищать в дальнейшем докторские диссертации) забываются и не получают широкого распространения в вузовской практике.

Все сказанное приводит к тому, что в условиях возрастания учебной и научной нагрузки преподавателя, и не всегда позитивного отношения к педагогическому творчеству, его методическая работа отходит на второй план. Это приводит как к снижению её качества и соответственно использования в большинстве случаев традиционных пе-

дагогических технологий, так и к неэффективному использованию бюджетных средств. Объем дублирующей работы, выполняемой при разработке всей методической документации в рамках своего вуза, сопоставим с контактной работой педагогического коллектива со студентами. Высвобождение части этого времени позволит преподавателю как сосредоточиться на развитии своей научной деятельности и трансфере её результатов в вариативную часть содержания образования, так и развивать использование личностно-ориентированных технологий образования, создавать условия для разноуровневого образования и творческого саморазвития обучающихся.

Подводя итог анализу современного состояния методического сопровождения высшего образования, необходимо заострить внимание на тех проблемных моментах, которые возможно решить в рамках активизации деятельности УМО по укрупненным группам подготовки:

1. Нечеткая формулировка части компетенций, предполагающая различные трактовки её компонентного состава.
2. Доминирование тестового подхода при оценке компетенций, не позволяющего на должном уровне оценить их сформированность (особенно по компоненту «владеть»), не учитывающего реальные условия профессиональной самореализации выпускника, слабо ориентирующего на проявление креативного уровня интеллектуальной активности.
3. Наличие компетенций, формирование которых невозможно в рамках одной дисциплины и которое определяется используемыми педагогическими технологиями и средой вуза.
4. Отсутствие в рамках базовой части ОПОП инвариантной для каждого направления подготовки (или для даже группы направлений, например, технических специальностей) структуры, обеспечивающей формирование у всех обучающихся общекультурных и общепрофессиональных компетенций и способствующей академической мобильности студентов.
5. Слабая информированность научно-педагогических кадров о наиболее эффективных методических разработках, в том числе и о учебно-методических комплексах дисциплин, по инвариантному блоку по каждому направлению.
6. Отсутствие компоненты инновационно-педагогической инфраструктуры, отвечающей за аккумуляцию, распространение и адаптацию педагогических новаций в области высшего образования.
7. Недостаточно высокий уровень методической культуры части преподавателей вуза, низкий уровень креативно-педагогических компетенций.

Выявленные проблемные моменты требуют, прежде всего, реинжиниринга всей системы организации методической работы в рамках единого образовательного пространства. Ключевую роль в данном процессе должны сыграть Учебно-методические объединения, которым в самый кратчайший срок необходимо разработать полный комплект методических документов, сокращающих трудовые и материальные затраты в вузах на начальном этапе методического сопровождения ОПОП. Процедура реинжиниринга предполагает и смещение акцентов в методической работе преподавательского состава вуза в сторону педагогического творчества и создания инструментально-педагогических средств для креативного саморазвития обучающихся.

Комплекс мероприятий, реализуемых в рамках деятельности УМО, включает:

- разработку паспортов компетенций, определяющих их структурный состав, и определение содержания обучения и наиболее перспективных педагогических технологий для их формирования (по общекультурным компетенциям работа должна быть выполнена в рамках Координационного совета УМО);
- формирование фонда оценочных средств (ФОС) по общекультурным и общепрофессиональным компетенциям, обеспечивающих качественное измерение результата

- обучения на деятельностном или рефлексивном уровне; разработка рекомендаций вузам по подготовке ФОС по профессиональным компетенциям с целью отражения специфики ОПОП и региональных потребностей;
- определение педагогических средств и требований к социально-культурной среде вуза, обеспечивающих формирование личностных компетенций;
 - разработку примерной ОПОП, включающей инвариантную часть, обязательную для всех вузов, реализующих программы обучения студентов по данному направлению подготовки;
 - создание единой информационной базы по новым методическим исследованиям в области профессионального образования.

Дополнительные финансовые вложения на выполнение сформулированных задач будут минимальны, поскольку все наиболее опытные методисты, входящие в состав УМО, уже работают над этими вопросами в рамках методической деятельности своих вузов. Их разобщенность, отсутствие возможности координации своей работы не способствуют получению оптимального и научно обоснованного результата. Основное финансирование при реализации данного подхода пойдет на поддержку информационного пространства для общения методистов и координацию их деятельности.

Реализация указанных мероприятий позволит высвободить значительное время у профессорско-преподавательского состава, которое целесообразно использовать для повышения их методического мастерства (Попов, 2013). Реинжиниринг методической работы на уровне вуза предполагает активное использование созданной под руководством УМО информационной базы педагогических новаций. В условиях уменьшения времени на контактную работу с обучающимися и доминировании самообразования, расширения доли заочной формы обучения к педагогу предъявляются новые требования (Попова, Попов, 2012). Он должен не только владеть знаниями в своей предметной области, но и уметь максимально раскрыть потенциал каждого обучающегося, найти эффективный механизм сопровождения его творческого развития. Это станет возможным при активном включении самого педагога высшей школы в педагогический инновационный процесс, изучении им новейших разработок по методике преподавания, более широком использовании интерактивных форм организации обучения (Ракитина, Попов, 2014). Наиболее эффективным здесь будет организация педагогических соревнований и конкурсов, мотивирующих преподавателей к поиску новых способов работы. А после перехода аспирантуры в сферу образования и усиления в ней именно педагогической составляющей, перспективно создавать творческие коллективы, куда включать и опытных методистов, и молодых преподавателей, и аспирантов. В рамках совместной деятельности таких коллективов, объединяющих и опыт, и понимание механизма мышления обучающихся, возможна реализация наиболее смелых педагогических идей и новаций в реальном образовательном процессе.

Мероприятия комплексного реинжиниринга имеют и социальное, и экономическое значение. Прежде всего, централизованная разработка основы учебно-методических комплексов дисциплин на уровне УМО обеспечит их высокое качество и соответствие как современным требованиям предметной области, так и требованиям дидактики высшего образования. Высвобожденное время преподавателя будет использовано им для научной работы и для повышения своего методического мастерства, что выразится в развитии методических материалов, рекомендованных УМО, посредством отражения региональной и отраслевой составляющих. При этом преподаватель сможет уделить больше времени проработке частных методик преподавания отдельных тем, учитывающих специфику личного состава конкретной студенческой группы. Индивидуализация образовательного процесса и усиление в содержании обучения регионального компонента и учета требований потенциальных работодателей повысит как уровень освоения данной профессии, так и удовлетворенность самих обучающихся, полу-

чивших конкурентоспособное образование. Реализация предложенной концепции реинжиниринга методического сопровождения высшего образования сделает труд преподавателя творческим, позволит повысить качество образовательных услуг и обеспечит экономическую выгоду от инвестиций в образование.

Список использованной литературы

Попов А.И., Ракитина Е.А. Оценка качества технического образования в процессе совместной деятельности обучающихся // *Alma mater: Вестник высшей школы*. 2015. № 5. С. 67-69.

Попов А.И., Романенко А.В., Букин А.А. Региональный технический университет как адаптивная система подготовки конкурентоспособных кадров // *Формирование организационно-экономических условий эффективного функционирования АПК / Сб. научных статей междунар. научн. конфер.* Минск, 2015. С. 58-63.

Попова И.В., Попов А.И. Профессиональные педагогические компетенции преподавателя вуза: актуальный опыт развития // *Вопросы современной науки и практики*. 2012. № 3 (41). С.135-140.

Попов А.И. Механизм мотивирования преподавателя технического вуза к педагогическому творчеству // *Alma-mater: Вестник высшей школы*. 2013. № 4. С.56-59.

Ракитина Е.А., Попов А.И. Проблемы и перспективы использования интерактивных форм обучения в технических вузах // *Вопросы современной науки и практики*. 2014. № 1 (50). С.65-69.

Тюлина О.А. Методическое сопровождение деятельности преподавателя вуза: традиционные и инновационные формы развития // *Ученые записки Санкт-Петербургского имени В.Б. Бобкова филиала Российской таможенной академии*. 2011. № 1(38). С.199-207.

ФГОС ВО на направление подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование. Утвержден приказом МОиН РФ от 20.10.2015 г. № 1170.

ФГОС ВО на направление подготовки 27.03.04 Управление в технических системах. Утвержден приказом МОиН РФ от 20.10.2015 г. № 1171.

ФГОС ВО на направление подготовки 35.03.06 Агроинженерия. Утвержден приказом МОиН РФ от 20.10.2015 г. № 1172.

Филатова О.Н., Прохорова М.П. Разработка методического сопровождения инновационной подготовки педагогов в вузе // *Современные проблемы науки и образования*. 2015. № 4. С. 164-170.

Рецензент статьи: доктор сельскохозяйственных наук, профессор Уральского государственного лесотехнического университета В.А. Азарёнок.

ДИСКУССИОННЫЙ КЛУБ

УДК 141

В.А. Усольцев

Уральский государственный лесотехнический университет, г. Екатеринбург,

**О ГОНЕНИЯХ НА «ВЕДЬМ»:
ИЗ СРЕДНЕВЕКОВЬЯ – В СОВРЕМЕННУЮ РОССИЮ**

Понятие «ведьмы» (от слова «ведать»), по мнению выдающегося русского учёного Александра Александровича Любищева (1890-1972), уходит в глубокую древность и обозначает то, что можно назвать первобытной интеллигенцией, т.е. примитивных представителей медицины и других отраслей средневекового знания. Исследователь истории инквизиции Я.А. Канторович (1899) писал: «С конца XIV в. до второй половины XVIII в. в течение почти четырёх столетий во всех странах Европы не переставали полыхать костры, раздуваемые невежеством, фанатизмом и суеверием, и сотни тысяч невинных людей, после страшных мучений пытки, обрекались на смерть по обвинению в связи с дьяволом и в разных чудовищных преступлениях колдовства». Процессы ведьм и их сожжение продолжались до конца XVIII века, а в католической Мексике в 1877 году по всем тогдашним правилам судопроизводства были обвинены в колдовстве и сожжены на костре пять женщин (Любищев, 2000).

Руководство по преследованию ведьм под названием «Молот ведьм» было составлено в 1489 году с благословения папы и начиналось текстом папской буллы, объявлявшей еретиком любого сомневающегося в наличии колдовства и существовании ведьм. В одной только Германии за период с XVI до XVIII столетия было сожжено более 100 тысяч ведьм, по всей Европе – свыше 1 миллиона, а по некоторым данным – до 4 и даже 9 миллионов. По-видимому, первым, кто выступил против процессов ведьм, был иезуит Фридрих фон Шпе (или Спе). «К вам, судьи, обращаюсь я и спрашиваю, - писал он в 1631 году, - зачем вы так тщательно ищете повсюду ведьм и колдунов? Я вам укажу, где они находятся. Возьмите первого капуцинского монаха, первого иезуита, первого священника, подвергните его пытке, и он признается, непременно признается. Возьмите прелатов, кардиналов, возьмите самого папу! Они признаются, уверяю вас, они признаются!» (цит. по: Канторович, 1899).

В православной России, - пишет А.А. Любищев (2000. С. 82), - «преследование ведьм не развилось в такую повальную болезнь изуверства и безумия, как в Западной Европе», хотя и были определённые притеснения «кликуш» и «чернокнижников». В.Н. Дёмин (2001) связывает это с «арийским наследством» славян: «Представления о жизненности космических сил, взаимопроникновении их и жизни человеческой, обусловленность ее высшими “небесными” законами – неотъемлемая часть, ядро народного мировоззрения, передававшегося от поколения к поколению вместе с языком, вековыми традициями и тем русским духом, который и составляет отличительную черту всей нации» (с. 44).

Язычеству русов были свойственны черты, коренным образом отличавшие его от многих религий: русы не считали себя «изделием» Бога, они мыслили себя его потомками. Русы жили в природе, считали себя ее частью и растворялись в ней. Это была солнечная, живая, реалистичная религия, религия радости, восхищения перед силой и красотой природы. Несомненно, что как минимум две тысячи лет языческого миропонимания не могли не отразиться на складе и характере культуры славянина-руса (Лесной, 1995). «Язычник, - отмечал русский историк XIX века Иван Егорович Забелин (1876), - яснее всего постигал и понимал одну великую истину, что жизнь – есть основа

всего мира, что она разлита повсюду и чувствуется на каждом шагу, в каждой былинке. ...Во всем живом мире господствует и повсюду является такое же человеческое существо, как он сам. Он сознавал, что весь видимый мир от былинки до небесного светила одухотворен тою же человеческой душою, ее мыслью, ее чувством, ее волею».

В Средние века в православной Руси преобладали пифагорейские начала (понимание Вселенной как гармонии Космоса, подчинённого Логосу). Новгородский митрополит всегда выступал не с воинственными, а с миролюбивыми призывами, и полное отсутствие милитаризма в конце концов погубило Новгородскую республику. «Сейчас, только в XX в., - пишет А.А. Любищев (2000), - через шесть веков после покорения Новгорода отатарившейся Москвой, начинают понимать, какая великолепная культура была раздавлена задницей московского медведя. Высокая бытовая культура: мостовые, все в сапогах, а не в лаптях, широкое развитие письменности в народе (берестяные грамоты), живопись и архитектура изумительной красоты» (с. 105).

В.В. Познер в своей книге «Прощание с иллюзиями» (2012), позиционирующий себя «американцем по духу», после посещения выставки с новгородскими иконами, писанными до татарского нашествия, неожиданно прозревает: «Я вдруг отчетливо понял, что они, эти иконы, эта живопись ни в чем не уступают великому Джотто, что Россия тогда была “беременна” Возрождением, но роды прервали татаро-монголы. Кто-нибудь попытался представить себе, какой была бы Россия, не случись этого нашествия и двухсот пятидесяти лет ига? Если бы Русь, развивавшаяся в ногу с Европой, выдававшая своих княжон замуж за французских королей, не была отрезана на три долгих века от европейской цивилизации? Что было бы, если бы Москва Ивана III проиграла новгородскому вече? Что было бы, если бы Русь приняла не православие, а католицизм? Что было бы, если бы русское государство не заковало собственный народ в кандалы крепостничества? Что было бы, если бы всего лишь через пятьдесят с небольшим лет после отмены крепостного рабства не установилось рабство советское? Много вопросов, на которые нет ответов, а есть лишь мало чего стоящие догадки» (с. 31-32).

Носителями духовности, духовного просвещения и продвижения грамотности в людскую среду на Руси всегда были монастыри и храмы. Однако указами Петра I мир средневекового монастыря был разрушен. Самодержавие — самобытную русскую форму монархической власти Пётр заменяет европейским абсолютизмом и безжалостно выкорчевывает все основы самобытной русской культуры и русского быта. И.Л. Солоневич (1998) утверждает, что «даже турки, завоевав Византию, не обращались с православной церковью так, как обращались с нею при Петре». Разрушение православной культуры продолжила Екатерина II: из почти 1000 монастырей в результате её церковной политики осталось лишь около 220 единиц.

Но настоящий разгром народной духовности, восходящей к вековым традициям православия, был устроен после переворота 1917 года большевиками. Массовое уничтожение храмов в течение первой половины XX века привело к безвозвратной потере значительной составляющей русской культуры. Взорваны и обезображены тысячи храмов по всей России, даже простой их перечень занял бы не одну страницу.

А.А. Любищев (2000), возвращаясь к теме гонения на ведьм и проецируя ее на современную Россию, пишет: «Антирелигиозный режим Сталина и во всяком случае нехристианский режим Гитлера затмили по размаху преследований и числу совершенно невинных жертв все ужасы инквизиции... Наибольший шабаш ведьм имел место, конечно, в совершенно атеистической стране, сталинской России. Конечно, за связь с дьяволом не преследовали. Но как в биологии место всемогущего Бога занял всемогущий (но не милосердный) естественный отбор, так аналогом дьявола у нас был классовый враг, буржуй, который и имел типичные для него черты (цилиндр, сигара и проч.), и обвинения в связи с этим новым дьяволом часто носили столь же нелепый характер, как и в старые времена преследования ведьм. То, что называлось в старину колдунами,

у нас приобрело термин вредителя, и количество невинно погубленных “вредителей”, конечно, колоссально» (Любищев, 2000. С. 86, 268).

И ещё: «Методы судопроизводства в XX в. нередко напоминают таковые в отдалённые времена преследования ведьм. Во времена процессов ведьм признание обвиняемого, полученное под пыткой, считалось достаточным доказательством его виновности... Идеологом судебных процессов сталинского периода стал Вышинский, сам юрист по образованию. Он полностью реабилитировал практику времён процессов ведьм (ведь он был и академик АН СССР): как бы ни было получено признание, его достаточно для того, чтобы счесть доказанной вину обвиняемого» (с. 86-87). Многие невинные люди в сталинских застенках признавались во всех мыслимых и немыслимых грехах не только вследствие изуверских пыток, но и из-за боязни за своих близких:

*«Ученый, сверстник Галилея,
Был Галилея не глупее:
Он знал, что вертится Земля,
Но у него была семья...»* (Е. Евтушенко).

В одной из статей А.А. Любищев пишет: «В прошлом многие выдающиеся открытия сначала считали за бред сумасшедшего. Но было бы грубейшей логической ошибкой сделать заключение, что всякий бред сумасшедшего есть выдающееся открытие» (Любищев, 1991. С. 169). Александр Александрович считал своим долгом как ученого и гражданина вступить в последовательную борьбу с «бредом лысенковщины», с этим «аракчеевским режимом в биологии». В результате в 1937 г. ученый совет ВИЗРа признал научные взгляды А.А. Любищева ошибочными и единогласно проголосовал за ходатайство перед ВАК о лишении его степени доктора наук.



Реализация «теории» Т. Лысенко в животноводстве.
Худ. А. Гангалюка.

Реакцию «еретика» Д.А. Гранин (1980) комментирует следующими словами: «Но это не смутило Любищева; он полагал, что в науке голосование ничего не решает; наука – не парламент, и большинство оказывается чаще всего неправым» (с. 68). Еще раньше позиция А.А. Любищева была предвосхищена русским философ-изгнанником Н.А. Бердяевым: «Почти чудовищно, как люди могли дойти до такого состояния сознания, что в мнении и воле большинства увидели источник и критерий правды и истины!» (Цит. по: Золотая энциклопедия..., 2007).

Незадолго до смерти А.А. Любищев, возвращаясь к теме средневековых гонений науки, напишет: «Если мы сравним с этим “преследованием” преследования науки Сталиным и Гитлером, то получим нечто гораздо более страшное и вредное для науки, не говоря уже об огромном количестве подлинных мучеников и жертв преследования. Не отдельные “еретические” положения осуждались, а решительно всюду стремились ввести “единое” мнение, не подлежащее никакому обсуждению. Это было проведено в философии, истории и других гуманитарных науках, биологии (генетике, физиологии и проч.), химии и удержались только перед физикой благодаря смелому выступлению Курчатова, указавшему Сталину, что если будет в физике такая политика, как в биологии и агрономии, то атомной бомбы нам не видать, а Сталину очень хотелось иметь атомную бомбу» (2000. С. 284).

Тем не менее, желание Сталина иметь атомную бомбу не уберегло от репрессий и физика-теоретика, нобелевского лауреата Льва Ландау, и физика-экспериментатора Л.В. Шубникова, открывшего сверхпроводники второго рода. Первый был выпущен из тюрьмы благодаря вмешательству Нильса Бора и Петра Капицы, а второй вместе с

группой физиков-«врагов народа» был расстрелян в 1937 году. Из каких государственных соображений накануне войны были расстреляны В.И. Бекаури, специалист в области телемеханики и радиоуправления, руководитель «Остехбюро», разрабатывавшего техническое оснащение для армии и создатель реактивного миномёта «Катюша» Г.Э. Лангемак? Из каких соображений на долгие годы были посажены в «шарашку» авиаконструктор Р.Л. Бартини, создавший в 1930-е гг. лучший в мире скоростной истребитель, а также будущий конструктор космических кораблей С.П. Королёв, основоположник жидкостного ракетного двигателестроения В.П. Глушко и авиаконструктор А.Н. Туполев?

Из каких государственных интересов с «благословения» В.И. Ленина был расстрелян поэт Серебряного века Николай Гумилёв, а позднее уже Сталиным был репрессирован и его сын, будущий учёный Лев Гумилёв? Из каких государственных интересов был загублен в саратовской тюрьме биолог с мировым именем Николай Иванович Вавилов, расстреляны на Соловках учёный-энциклопедист, религиозный мыслитель П.А. Флоренский и специалист по психозомбиранию А.В. Барченко или были отправлены на долгие годы в «края отдалённые» член нескольких зарубежных академий наук Н.В. Тимофеев-Ресовский, основатель гелиобиологии А.Л. Чижевский, астроном Н.А. Козырев, учёный-филолог Д.С. Лихачёв, артист Георгий Жженов, народная любимица, певица Лидия Русланова и тысячи других невинных людей, обвиняемых, как правило, в шпионаже?



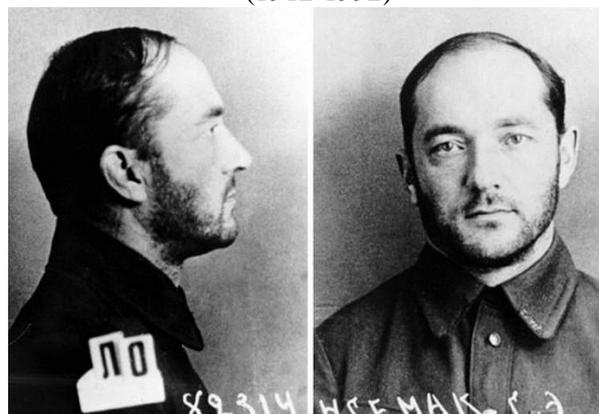
Поэт Николай Степанович Гумилёв (1886-1921)



Историк-этнолог Лев Николаевич Гумилёв (1912-1992)



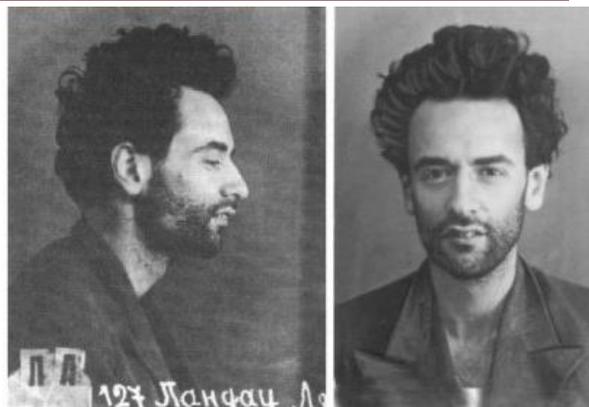
Сергей Павлович Королёв (1906-1966)



Георгий Эрихович Лангемак (1898-1938)



Николай Владимирович Тимофеев-Ресовский в
КарЛАГе (1900-1981)



Лев Давидович Ландау (1908-1968)



Валентин Петрович Глушко (1908-1989)



Павел Александрович Флоренский (1882-1937)



Александр Васильевич Барченко (1881-1938)



Николай Иванович Вавилов (1887-1943)



Артист Георгий Степанович Жженов
(1915-2005)



Певица Лидия Андреевна Русланова (1900-1973)

Фото из архивов ГУЛАГ



Ведь даже детей и 80-летних стариков расстреливали! Миша Шамонин, 13 лет, беспризорник, был расстрелян НКВД на Бутовском полигоне 9 декабря 1937 года за украденные им 2 буханки хлеба (<http://lirate.ru/profile/posts/brusilovsky/20136>). Скорее всего, делалось всё для нагнетания страха, для зомбирования людей, прикрываясь лозунгом: «Лес рубят – щепки летят!».

Не это ли отразил в своем стихотворении Юз Алешковский:

*«Вчера мы хоронили двух марксистов
И их не укрывали кумачом.
Один из них был правым уклонистом,
Второй, как оказалось, ни при чём».*

В книге С.Э. Шноля (2010) дан обстоятельный анализ судеб «героев, злодеев и конформистов» отечественной науки периода большевизма. Не считая возможным каким-то образом «улучшить» его повествование, ограничусь рекомендацией всем прочесть эту книгу.



Свидетельствует Юрий Линник (2016): 30 октября 2015 года Россия отметила день памяти жертв политических репрессий. В 2015 г. в стране было открыто несколько новых памятников Сталину. Более десятка памятников в полный рост – это сооружения ещё 1930-1950 гг., найденные, иногда случайно, в нынешнее время. Памятник Сталину в посёлке Шелангер Республики Марий Эл (слева) – это новый памятник современной России, причём

оригинальный, а не копия советского образца (с. 99).

Сегодня многие не сомневаются в той исключительно важной роли, которую сыграл Сталин в создании уникальной системы образования, науки, и экономики страны, причем, в кратчайшие сроки и как раз накануне Великой Отечественной войны. Но зачем же ваять ему памятник в белых одеждах? Не справедливее ли было выполнить его в чёрно-белом варианте, по образцу надгробия, созданного Эрнстом Неизвестным на могиле Никиты Хрущева (хотя каких-либо светлых сторон в деятельности последнего вообще не просматривается).

Уже в наши дни обнаруживается, что охота на ведьм на самом деле не прекратилась. Это подтверждается так называемым «делом Данилова». В.В. Данилов около 20 лет занимался проблемами комплексного воздействия космической среды на спутники. В 1999 г., будучи руководителем Теплофизического центра Красноярского технического университета, он подписал контракт с одной китайской компанией на изготовление испытательного стенда для моделирования воздействия космического пространства на искусственные спутники Земли и на разработку программного обеспечения такого моделирования. В мае 2000 года ученый был арестован ФСБ, и ему предъявлено обвинение в шпионаже, которое в ходе следствия было перевалифицировано в государственную измену. Ученого продержали в красноярской тюрьме 12 лет, невзирая на свидетельства ведущих академиков РАН об абсурдности обвинений, поскольку с его работ давно был снят гриф секретности и вообще прекращено их финансирование.



Валентин Данилов (второй справа в нижнем ряду) с «коллегами по несчастью» в ИК-17. 11 сентября 2012 г.

(http://www.svobodanews.ru/archive/blog_danilov/latest/923/3126.html).

Академик РАН Ю.А. Рыжов и секретарь Общественного комитета в защиту ученых Э. Черный пишут: «Опьяненные невиданной с 1930-х годов вседозволенностью, чекисты творят чудовищный произвол. Они фактически и следователи, и обвинители, и судьи. ...Шпиономания превращается в активный инструмент политической власти, инструмент запугивания общества, инструмент показательного террора и подавления чахлого зародыша гражданского общества. ...Мы боремся за Игоря Сутягина, Валентина Данилова, Игоря Решетина только потому, что твердо убеждены, что их дела сфабрикованы следствием, а свои сроки они получили в связи с верной боевой дружбой следствия, прокуратуры и суда. ...Ненависть власти к своим гражданам перешла все границы» (Рыжов, Черный, 2009).

За четыре года до смерти А.А. Любичев напишет: «Несмотря на потрясающую серию провалов в “руководстве культурой”, современные фельдфебели, данные нам в вольтеры, продолжают утверждать, что они представители единственного честного, научного и прогрессивного течения мысли, а все их противники – пережитки капитализма, приказчики буржуазии, мракобесы и т.д. и всё, что фельдфебели делают, считается не противоречащим конституции, гарантировавшей свободу мысли и слова» (Любичев, 2000. С. 70).

Тем не менее, советская система образования и науки высоко ценилась за рубежом. Когда в 1957 году Советский Союз запустил в космос первый в мире искусственный спутник Земли, американский Конгресс в срочном порядке, на закрытом заседании обсуждал это событие: «почему они, а не мы?». Специальная комиссия пришла к выводу, что именно существующая в СССР система образования позволила советской науке одержать победу в космической гонке между СССР и США. В результате было принято решение о кардинальном изменении американской системы образования по образцу нашей и о многократном увеличении её финансирования. Одновременно были предложены технологии сдерживания дальнейшего развития советского образования и науки. С тех пор прошло более полувека, и сегодня мы уже воочию наблюдаем реализацию этого задания на всём постсоветском пространстве (Правдин, 2012).

Существовавшая в СССР уникальная система общего образования во многом была обязана не только вниманию властей, но и своеобразной «передаче эстафеты» от педагогов старой, дореволюционной России, отличавшихся высоким уровнем профессионализма и духовности. Но в «перестроечном» угаре наши доморощенные реформаторы и «гарвардские мальчики» принялись реформировать всё, что только можно, не подумав о том, что если и было в Советском Союзе что-то стоящее, достойное того, чтобы его сохранить, то в первую очередь – это наши школы и университеты.

Российская наука, недобитая в сталинские времена, сегодня добивается провозглашенной и успешно реализуемой «реформой РАН». Под лозунгом необходимости «инноваций» ее академические институты превращают, по сути, в прикладные (при отсутствии необходимой материальной базы!), т.е. вместо опережающих на 20-30 лет фундаментальных разработок «современные фельдфебели, данные нам в вольтеры»

(так называемое ФАНО, поставленное над РАН), требуют от институтов немедленной отдачи и «инноваций», а также публикаций в престижных англоязычных журналах.



Российские ученые в поиске...

Худ. В. Богорад.

Однако известно, что в европейских странах уже школьники свободно владеют английским, в России в царских реальных училищах, далеко не для детей знати, давали несколько иностранных языков, причем разговорных, а советская школа дальше умения «читать и переводить со словарём» не шла, дабы не слушали наши граждане враждебные зарубежные «голоса».

В современной же России с переходом на ЕГЭ школа и этого не даёт. И сейчас, чтобы как-то выжить, наши учёные заполняют редакции зарубежных журналов квази-англоязычными научными статьями, с большим сарказмом и иногда злорадством отвергаемые издателями. И не только по причине плохого английского, но и вследствие низкого научного уровня, поскольку финансирование науки в России на два порядка ниже, чем в США, Японии, Китае и ведущих европейских странах.

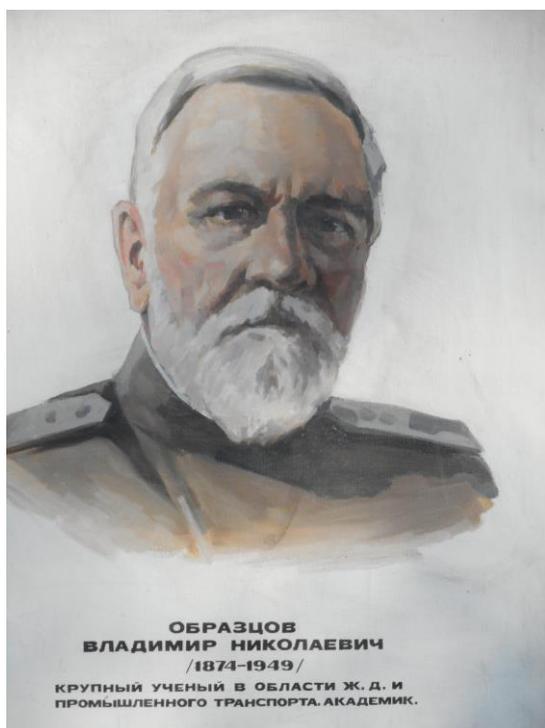
Обеспечение науки «по остаточному принципу» привело к колоссальному падению её престижа и оттоку квалифицированных кадров. Свидетельствует профессор С.П. Капица (2006): «Два года назад я посетил штаб-квартиру «Майкрософт» и встретился со всей ее верхушкой. Три четверти людей, занимающих высшие посты в этой корпорации, - русские, воспитанники наших университетов» (с. 3). Недавно Минобром была ликвидирована традиционная аспирантура, а предложенный вместо нее так называемый «третий уровень образования» молодежи не нужен, и в такую «аспирантуру» просто никто не идёт. В этих условиях наша наука на мировом уровне не конкурентоспособна.

Самое чудовищное то, что эти «эффективные менеджеры» из ФАНО, далёкие от фундаментальной науки, определяют её приоритеты и направления, подлежащие финансированию. Ситуацию образно комментирует новосибирский генетик Борис Фёдорович Чадов (2015): «У меня внутри просто всё на дыбы встаёт, когда в трёх фразах высокого чиновника о реформе науки главная - "обозначить приоритеты". Исстари ведётся у этого поганого сословья, чтобы девок выстроили в ряд, а он выберет лучшую. В том - его ум и мудрость» (с. 138).

Несколько лет тому назад проф. С.П. Капица на одном из заседаний Совета министров сказал: «Если вы и дальше будете продолжать такую политику, то получите страну дураков. Вам будет проще этой страной править, но будущего у такой страны нет» (цит. по: Зятьков, 2008). Разрушение научной среды носит системный характер, и никакие разовые вливания положения не спасают. Российские ученые считают необходимым вернуться к уникальной, «доперестроечной» системе образования. Наука, определяющая экономический потенциал страны, финансируется по остаточному принципу и в своей деградации достигла катастрофического уровня. Ситуация настолько мрачная, что в 2010 году под обращением к руководству страны подписались более 2200 российских ученых, в том числе 60 академиков РАН и 1000 докторов наук, обеспокоенных тем, что «чиновничья имитация полезной деятельности добьет российскую науку» (Открытое письмо..., 2010).

Еще 500 лет назад Леонардо да Винчи в своих «Записных книжках» писал: «Те, кто влюблен в практику без науки, подобны моряку, который вступает на корабль без штурвала и компаса и не знает, куда он держит путь» (The notebooks..., 1970. P. 290). Много позже, на рубеже XVI-XVII столетий Галилео Галилей предостерегал: «Назначать лиц, совершенно невежественных в науке или искусстве, судьями над людьми

учеными – это такие новшества, которые способны довести до гибели и разрушить государство» (цит. по: Золотая энциклопедия..., 2007). Об очевидных вещах говорил великий ученый Фредерик Жюлио Кюри: «Наука необходима народу. Страна, которая ее не развивает, неизбежно превращается в колонию».



Российские академики – на помойке. Июнь 2016 г. (Фото автора, подвигнувшее его на написание данной статьи).

Об этом же пишут сегодня ученые нашей страны. Академик РАН Ю.А. Рыжов в интервью «Эху Москвы» 7 октября 2010 года говорит: «Мы вползаем в неосредневековье». Академик РАН Г.А. Месяц (2006): «Большей деинтеллектуализации страны с высочайшей научной цивилизацией в истории не было» (с. 215). Очевидна правота профессора Сергея Петровича Капицы (1928-2012): «Невостребованность науки - угроза безопасности страны». «Железный канцлер» Германской империи второго рейха Отто фон Бисмарк говорил, что войны выигрывают не генералы – войны выигрывают школьные учителя и приходские священники (Правдин, 2012).

Большевистская власть осуществляла фарисейскую политику: давала образование под аккомпанемент «кодекса строителя коммунизма» и не боялась образованных людей, т.к. благодаря тайной полиции тихо и эффективно отстреливала «прозревших». Видимо, нынешние «чубайсы» и «дерипаски» образованных людей боятся, поэтому и загнали в угол и образование, и науку. После разрушения традиционной российской системы образования в 1990-е гг., в условиях разгула «рыночного фундаментализма» школа стала учреждением, предоставляющим лишь «образовательные услуги». Воспитательная функция из школы выведена.

Нельзя слепо следовать Болонской системе и превращать нашу молодёжь в объект для апробации инновационных образовательных моделей, заимствованных извне и не совместимых с российскими традициями в образовании. Недавно наш президент объявил о нехватке инженерных кадров на предприятиях: видимо, там нужны специалисты со знаниями, а не с так называемыми «компетенциями». Бог даст, нам удастся остановить этот запущенный по чьему-то недомыслию или недоброй воле процесс национального одичания, порою кажущийся уже необратимым (Правдин, 2012).

Вот фрагмент из выступления российского писателя-сатирика Михаила Задорнова на канале «Триумф России» в 2009 году: «ЕГЭ – это контрольный выстрел в наше образование. Я проехал сейчас от Курильских островов до Байкала – стон стоит по всей России такой, какой Некрасову не снился – так кошмарят детей». Особенно впечатляет процедура самого экзамена, со всеми охранными атрибутами детской исправительной колонии, разве что колючей проволоки пока нет. Академик РАН Виктор Васильев в этой связи пишет (2012): «Эгалитарная идеология в области образования – один из самых гадких путей наступления политиканов на область человеческого духа. Ее цель – выравнивание образованности не по возможностям, а по результатам, которое не может быть чем-либо иным, как насильственное выравнивание всех по самому нижнему уровню».

Для понимания того, куда ведут страну наши «реформаторы» и «национальные лидеры», достаточно привести всего две выдержки из выступлений А.А. Фурсенко в недавнюю бытность его министром образования и науки России: «Недостатком советской системы образования была попытка формирования Человека-творца, а сейчас наша задача заключается в том, чтобы вырастить квалифицированного потребителя», и еще: «Высшая математика убивает креативность школьника» (http://bohn.ru/news/kreativnyj_potrebitel/2011-10-04-1590). Вырастить креативного потребителя – вот цель образования, по Фурсенко. О просвещении, о духовном развитии, речь уже не идет. Сейчас он в советниках президента и, видимо, скоро будет спущен на выполнение уже озвученной директивы о сокращении числа вузов в стране до ста единиц. Не предполагал, наверно, Михайло Ломоносов в своем XVIII веке, что в XXI-м мы опустимся до такого разгула мракобесия, при котором навряд ли сможет «собственных Платонов и быстрых разумом Невтонов российская земля рождать».

Интернет и каналы телевидения, в том числе государственные, сегодня, похоже, соревнуются в усилиях по моральному разложению людей, особенно молодых, еще не сформировавшихся мировоззренчески. Как сказал поэт Игорь Губерман: «Российское время – волна за волной – меняет игру с населением: одно поколение травит войной, другое калечит растлением».

Павел Хлебников, доктор наук Лондонской школы экономики, специализировавшийся на изучении российской истории и безвременно погибший в России, свою книгу (2001) завершил следующими словами: «Принесет ли катастрофа ельцинской поры фатальный результат? Это зависит от того, сумеет ли страна вовремя проснуться, услышит ли молодое поколение зов предков. ...Скорее всего, эра саморазрушения в России все-таки завершится, и страна предпримет трудную попытку все построить заново» (с. 323).

Русскому народу необходимо обретение социального оптимизма, чему пока противостоит вопиющий разрыв между доходами основной массы людей и небольшой кучки «дерипасок», обезумевших от свалившихся на их головы миллиардов. Нужно избавиться от чиновничьего терроризма в бюджетной сфере, снять засилие бюрократии на всех уровнях «вертикали власти» и, как говорит Е.Я. Сатановский, просто не мешать людям делать то, что они могут. Судьба Украины, картина ее стремительной деградации в течение последних лет служит нам предостережением (Зырянов, 2014).

Перед лицом глобальной опасности, исходящей сегодня от стран «золотого миллиарда», России нужно обезопасить себя от внутренних угроз, исходящих от «неолибералов», работающих на глобальную экономику, от чиновничьего терроризма и коррупции в управлении государством, нужна чёткая мобилизационная программа развития страны, объединяющая интересы всех слоёв общества и, наконец, нужна внутренняя, духовная консолидация населения, и подвиги к этому уже есть.

Список использованной литературы

- Васильев В.* Болото эгалитаризма // Газ. «Троицкий вариант- Наука». 2012. № 3 (97). 14 февраля.
- Гранин Д.А.* Эта странная жизнь: повесть // Собрание сочинений в 4-х т. Т. 4. Л.: Художественная литература, 1980. С. 7-112.
- Демин В.Н.* Заветными тропами славянских племен. М.: Фаир-Пресс, 2001. 199 с. (<http://lib.rus.ec/b/147809/read>).
- Забелин И.Е.* История русской жизни с древнейших времен. В 2-х томах. М.: Тип. Грачева и К., 1876. 654 с.; 1879. 523 с.
- Золотая энциклопедия мудрости. М.: «РООССА», 2007. 607 с.
- Зырянов А.В.* Время собирать камни // История в подробностях (Ведическая Русь). 2014. № 7 (49). С. 92-96.
- Зятьков Н.* Сергей Капица. Культуру надо насаждать! Даже силой... Иначе нас всех ждёт крах // Газ. «Аргументы и факты». 2008. № 07(1424). 13 февраля.
- Канторович Я.А.* Средневековые процессы о ведьмах. Изд. 2-е. СПб.: Тип. М. М. Стасюлевича, 1899. 221 с.
- Капица С.П.* Мозги у нас – от Бога // Аргументы и факты. 2006. № 30(1343). 26 июля. 3 с.
- Лесной С.* (Парамонов С.Я.). Откуда ты, Русь? // Ростов н/Д: «Донское слово», 1995. 189 с. (http://rodonews.ru/knigi/news_1279457686.html).
- Линник Ю.В.* Малюта Скуратов в свете иммортализма // Эко-потенциал. 2016. № 1 (13). С. 99-101 (<http://elar.usfeu.ru/bitstream/123456789/5523/1/Linnik1.pdf>).
- Любищев А.А.* Новаторы и консерваторы // В защиту науки: Статьи и письма / Сост. Р.Г. Баранцев и Н.А. Папчинская. Л.: Наука, 1991. С. 168-170.
- Любищев А.А.* Наука и религия. СПб.: «Алетейя», 2000. 358 с. (Серия «Философы России XX века»).
- Месяц Г.А.* О науке и жизни. Екатеринбург: УрО РАН, 2006. 260 с.
- Открытое письмо Президенту Российской Федерации // Scientific.ru. 2010 (<http://www.scientific.ru/doska/rffi2010.html>).
- Познер В.В.* Прощание с иллюзиями. М.: Астрель, 2012. 480 с.
- Правдин В.* Войны выигрывают не генералы – войны выигрывают школьные учителя и приходские священники. 2012 (http://vco.com.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=2055%20).
- Рыжов Ю.А., Черный Э.* Национальный проект «Доступный шпион» // Новая газета. 2009. № 25. 13 марта (<http://www.novayagazeta.ru/data/2009/025/00.html>).
- Солоневич И.Л.* Народная монархия. Минск: «Лучи Софии», 1998. 504 с.
- Хлебников П.* Крестный отец Кремля Борис Березовский, или История разграбления России. М.: Детектив-Пресс, 2001. 381 с.
- Чадов Б.Ф.* К вопросу о создании института фьючеризма в науке // Эко-потенциал. 2015. № 1 (9). С. 138-140 (<http://elar.usfeu.ru/bitstream/123456789/4047/1/Chadov.pdf>).
- Шноль С.Э.* Герои, злодеи, конформисты отечественной науки (3-е изд.). М.: КД «Либроком», 2010. 714 с.
- The notebooks of Leonardo da Vinci. Compiled and edited from the original manuscripts by Jean Paul Richter. New York: Dover Publications, Inc. Vol. II. 1970. 501 p.

УДК 304

А.В. Иванов

Алтайский государственный аграрный университет, г. Барнаул

«ОДЕРЖАНИЕ» ВЛАСТЬЮ

Страна все быстрее катится к экономической и гуманитарной (образовательной, научной и культурной) катастрофе. Фактов предостаточно, и они широко известны. Одно только последнее сокращение величины прожиточного минимума в условиях роста цен чего стоит!

На этом безрадостном фоне всеобщих сокращений и урезаний бюджета устойчиво высоки только зарплаты чиновников, депутатов и «топ-менеджеров» корпораций, в деятельности которых в той или иной форме участвует государство. И платят эти счастливицы по-прежнему одинаковый с нами - 12%-ный подоходный налог. Понятно, что эти деньги не пойдут на спонсорскую помощь отечественной науке, культуре и образованию, а будут потрачены на содержание загородных резиденций и покупку предметов роскоши, на элитный отдых и скупку недвижимости за рубежом. Когда летом в ясную погоду подлетаешь к Москве, особенно к Внуковскому аэропорту, то при снижении самолета поражаешься количеству вилл с бассейнами, теннисными кортами и эксклюзивным ландшафтным дизайном. А ведь есть еще бесчисленные рестораны, ночные клубы и фитнес-центры, элитные медицинские клиники и бутики, базы отдыха и салоны красоты. На роскошную жизнь нескольких десятков тысяч человек, в той или иной форме кормящихся из госбюджета, работает целая индустрия. Что это, как не бессмысленно овеществленный и продаваемый национальный капитал?

С этим еще можно было бы мириться в условиях общего поступательного развития страны, но в нынешних условиях жесточайшего общенационального кризиса подобное явление просто подрывает основы государственности и нравственно недопустимо. Закономерно, что такой потребительски ориентированной «элите» всегда сопутствуют взяточничество и кумовство, ибо больших дармовых денег и привилегий ей всегда не хватает. А на управленческие «верхи» четко ориентируются жаждущие своей доли чиновничьи «низы», и никакие меры по борьбе с коррупцией не дадут результатов, пока безнаказанными знаковые фигуры, подобные бывшему министру обороны.

На это могут возразить: «Ничего не напишешь. Таковы законы государства, где понятия жертвы и служения заменены личной выгодой и так называемой “самореализацией”. Эти люди ради власти, высоких зарплат, роскоши и телесных удовольствий как раз и пробивались наверх, именно так и мечтали “самореализоваться”. Может, кто-то из них и вправду любит свою страну и думает о народе, но только в лучшем случае во вторую очередь. Они очень даже рациональны: блюдут в первую очередь личный интерес, и отстаивать свое властное благополучие будут всеми возможными способами».

Позволю себе не согласиться с этим вроде бы очевидным и рациональным объяснением. **Действия нашей властвующей «элиты» глубоко иррациональны и даже безумны.** Это очень похоже на то, что во многих религиях издревле называется словом

«одержание», когда сознанием вроде бы свободного и автономного человека, **но утратившего высшие цели и ценности бытия**, поддавшегося, так сказать, мирским соблазнам (прежде всего, власто-, серебро- и сластолюбия), овладевает чужая злая воля. Существует, как верно подметил Ф.М. Достоевский, еще и **«одержание» ложной идеей**, которая способна буквально «съесть» человека, как «съела» она Родиона Раскольникова из «Преступления и наказания». Н.А. Бердяев, специально исследуя формы современного ему революционного бесовства на примере образов того же Достоевского, точно написал в работе «Духи русской революции», что «одержимость ложной идеей сделала Петра Верховенского нравственным идиотом... Достоевский показал, как ложная идея, охватившая целиком человека и доведшая его до беснования, ведет к небытию, к распадению личности» (Бердяев, 1991). [Хотя, быть может, сегодня уместнее говорить о бесах российской контрреволюции. – Ред.]

Не вдаваясь более в обсуждение такой сложной и деликатной темы, как феномен «одержания», отмечу лишь, что существуют два универсальных критерия того, что человек, действительно, «одержим», т.е. духовно и психически болен: во-первых, он устойчиво и целенаправленно действует во вред окружающему миру и, во-вторых, причиняет безусловный вред самому себе, проще говоря, встал на тропу саморазрушения.

Что представители нашей властвующей «элиты» одержимы ложной либерально-потребительской идеей и действует вопреки общественному благу – это достаточно очевидно всем здравомыслящим людям, а вот на факте действия вопреки собственным глубинным жизненным интересам следует остановиться особо.

Во-первых, одержание роскошью, комфортом и чувственными удовольствиями неизбежно ведет к деградации духовных потребностей личности, к сужению ее жизненных горизонтов. Здесь действует закон сообщающихся сосудов: если материальные потребности растут, то духовные неизбежно сокращаются. Русский религиозный мыслитель С.Н. Булгаков (1993) очень точно писал в этой связи: «В человеке непрестанно борются два начала, из которых одно влечет его к активной деятельности духа, к работе духовной во имя идеала (в чем бы она ни состояла), а другое стремится парализовать эту деятельность, заглушить высшие потребности духа, сделать существование плотским, скудным, низменным. Это второе состояние и есть истинное мещанство; мещанин сидит в каждом человеке всегда готовый положить на него свою омертвляющую руку, как только ослабеет его духовная энергия» (с.126-127). Что касается одержания собственно властью (в виде жажды властвовать), то и здесь никто не отменял другого универсального закона: «Если власть разлагает, то абсолютная власть разлагает абсолютно».

Во-вторых, все тайное в истории, как известно, становится явным. Рано или поздно потомки недобрым словом поминают каждого «исторического герострата», причем тень от отца и деда, как восточная родовая карма, тяжело ложится на детей и внуков. Так, уже фактически прокляты имена главарей «беловежского сговора» и расстрела Верховного Совета в 1993 году. Глупо надеяться на то, что не будут преданы суровому историческому суду нынешние «творцы» развала в той же российской науке и в образовании. Их имена будут неизбежно помянуты недобрым словом в будущих учебниках по российской истории.

«Одержимый» человек и при жизни рано или поздно платит тяжелую цену. Тьма неуклонно собирает свою жатву. Мало того, что личность, вольно или невольно впуская в себя чужую злую волю или идею, неизбежно страдает физически и психически, но часто и ее жизнь заканчивается трагически. Здесь достаточно вспомнить демократов-разрушителей СССР первой волны «перестройки» – многие из них умерли насильственной смертью. Возможно, это прозвучит бездоказательно, но здесь, словно сам беспощадный дьявол посылает своих слуг на темное заклятие.

В-третьих, никто не укроется и за границей. Возмездие в той или иной форме настигнет и там: печальный итог беглого олигарха, когда-то одного из теневых правителей страны, – лучшее тому подтверждение. Да и за свои капиталы, вывезенные за рубеж, никто и никогда не может быть абсолютно спокоен – их конфискуют в любой нужный момент и найдут для этого кучу юридических оснований. К новейшим богатым русским в странах Запада отношение вполне определенное. Я спрашивал у нескольких людей, переехавших с большими деньгами на Запад: «Уютно ли они себя там чувствуют?». И часто ответ был на удивление однотипным: «Моим детям здесь будет хорошо!». Но это уже точно неверно для нынешней Европы, и, судя по всему, скоро будет неверным для США. Да и историческая правда не разбирает, где человек заканчивает свои земные дни.

В-четвертых, только одержимый властью человек может думать, что в условиях неуклонного ухудшения дел в стране он может пользоваться поддержкой и пониманием со стороны народа. Несмотря на всю информационную «промывку мозгов», народ мироедскую власть усиленно «костерит». В свете современных научных данных наивно думать, что это опять-таки не отражается на физическом и психическом здоровье нуворишей и власть предержащих. Как говорил великий русский философ П.А. Флоренский (1990), мысль и слово обладают «темной» или «светлой» энергией, в виде физической волны распространяются в пространстве и буквально ввинчиваются в тела и души людей (с. 273).

Я в целом категорически против того, чтобы бесплодно и злобно ругать власть. Это подпитывает, как говорят те же религиозные традиции, только «бесов-одержателей». Одержимые же, быть может, заслуживают скорее сострадания. Их будущее темно. Правда, и прозреть им, а, значит, и избавиться от власти чужой темной воли никогда не поздно.

Что же касается профилактики одержания (или зомбирования, если говорить современным языком), то она исчерпывающим образом раскрыта в знаменитой фразе Иисуса Христа, что «идет князь мира сего, и во Мне не имеет ничего» (Ин,14,30). Устремленность к общему благу, честное исполнение своего профессионального и гражданского долга, добросердечие и нестяжательство, вера в приход лучших исторических времен, – это универсальный и надежный щит от щупалец чужой злобной воли и разрушительных ложных идей.

И еще полезно напомнить, что самая главная победа дьявола состояла в том, что он сумел убедить массу обывателей, что его не существует. Но именно его зловещая тень витает сегодня и над батальонами ИГИЛ, и над гей-парадами, и над ревущими толпами стадионов, а также ... в коридорах власти, где забыли о чести и служении своему народу. А если человек в меру своих сил и талантов свободно не служит высшему, то обязательно становится жертвой чужой исподней воли.

И третьего просто не дано.

Список использованной литературы

Бердяев Н.А. Духи русской революции // Вехи. Из глубины. М.: «Правда», 1991. С. 271.

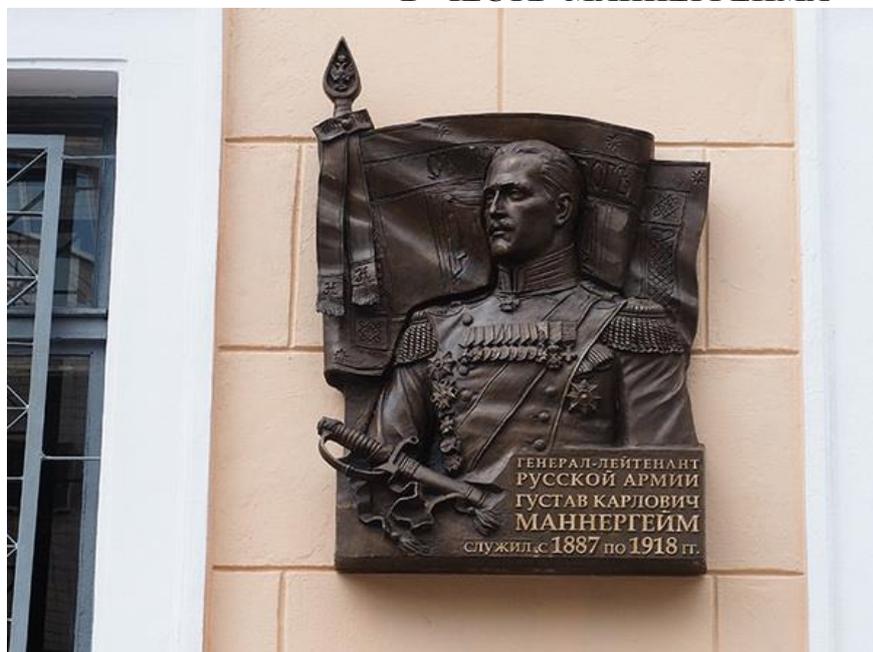
Булгаков С.Н. Душевная драма Герцена / Соч. в 2-х т. Т. 2. Избранные статьи. М.: «Наука», 1993. С. 99-113.

Флоренский П.А. Магичность слова // Соч. Т. 2. У водоразделов мысли. М.: «Правда», 1990. С. 273.

УДК 141

Ю.В. Линник

Петрозаводский государственный университет,
Музей космического искусства им. Н.К. Рериха,
Карельское отделение Ассоциации Музеев Космоса, г. Петрозаводск, Карелия

В ЧЕСТЬ МАННЕРГЕЙМА

В Петербурге память Карла Маннергейма теперь увековечивает мемориальная доска. Благородная и умная акция! Имя Маннергейма вошло в моё сортавальское детство как некий код. Замагнитило меня! *Дачу Винтера* в те годы народ по незнанию называл *дачей Маннергейма*. Отсюда магия: Маннергейм – это нечто загадочное и величественное. Бесконечно притягатель-

ное! Собственно, и сейчас – детально изучив жизнь русского генерала и финского маршала – я сохранил это ощущение.



Карл Маннергейм жил внутри диполя, создававшего невероятные напряжения. Душа его была распята на дыбе мучительной антиномии. Теперь мы видим: линия Маннергейма – не оборонная, а экзистенциальная – проведена оптимально. Нигде Карл Густав Эмиль не отступил от чести. Убеждён: даже в 1939 г. финских лыжников вдохновлял человек, искренне считавший себя не врагом, а другом

России. Это трагично. С этим можно спорить. Расколотость нашего общества очень рельефно проявляется в отношении к Маннергейму.

Такова объективная данность. С нею нужно считаться. Грядёт ли просветление? Может, и не дождётся. Может, и сгинем в нынешней зге. Но вот прогал! И в нём – точь-в-точь по формату – эта доска.

Свою статью о Карле Маннергейме я не смог опубликовать в Петрозаводске. Её напечатал эстонский журнал «Вышгород».

УДК 511.2:72.03(09)

И.Ш. Шевелев

Заслуженный архитектор РФ, почетный член Российской академии архитектуры,
г. Кострома

ЕДИНИЦЫ ЕСТЕСТВЕННОЙ ГЕОМЕТРИИ. РЕЗЮМЕ

Свидетельствует Юрий Линник (2015):

«В живописи – Казимир Малевич, в эстетике – Иосиф Шевелёв: в моём сознании два этих имени сопригласились навсегда. Что тут общего? Тяга к началам. К основаниям, архетипам. К исходным структурам, направляющим оформление бытия – его самоструктурирование. У К.С. Малевича – чёрный квадрат. У И.Ш. Шевелёва – золотой треугольник. У обоих простое, элементарное оборачиваются бездонным, неисчерпаемым. Две фундаментальные фигуры – квадрат и треугольник – объединяются в ключевой для геометрии теореме Пифагора. Иосиф Шевелёв предлагает нам её нетривиальное прочтение. Он пифагореец особого рода. Как если бы великий эллин воплотился в наше время, сохранив пиетет перед красотой античного космоса, но обогатив её восприятие новым знанием» (с. 128).

От редакции: Предлагаемое вниманию читателя резюме представляет собой своеобразный анонс, визитную карточку новой книги Иосифа Шефтелевича Шевелёва «Единицы естественной геометрии», по словам самого автора, «содержащую важнейшие выводы, таблицу важнейшую и цепи связей». Частично книгу планируется опубликовать в следующих номерах журнала.

Речь идет об **алгоритмах и уравнениях** гармонии. Объединяются две проблемы: становление формы в природе и формообразование в творчестве человека (искусство). Ключ в том, чтобы найти **адекватный задаче язык**: найти математический символ, раскрывающий связь частей и целого и на уровне **разума**, и на уровне **чувственного восприятия**, объединяющий **целые числа** - Единицы натурального ряда и Единицы – **образы геометрических тел**. Ибо "Натуральный ряд" *шире абстракции*: слово **натура (nature)** значит - **природа**. Число, как все в природе, **двоично**; число значит - **соизмерение** (N/1). Кроме величин N, 1, есть их соотношение, **взаимосвязь двух** – в **одно**, причина целостности. Математический факт: бытие единицы $\omega^{+1} = \frac{\alpha}{1}$ означает бытие единицы $\omega^{-1} = \frac{1}{\alpha}$. Целое **триедино!** Единица структурна, как структурны единицы живой природы. Законы гармонии восходят к **двойственности**; двойственность, соединившая Единицу - число (**инструмент разума**) и Единицу - сферу (**чувственно воспринимаемый образ**), обрела форму уравнения **симметрии пар**, ключевого в теории гармонии.

Книга разделена на взаимно необходимые 4 части.

ПЕРВАЯ ЧАСТЬ "Единицы ЕГ" показывает цепь уравнений, порожденную **постулатом двойственности**.

Шаг 1). Главная теорема геометрии, теорема Пифагора, преобразует *один квадрат – в два и два – в один*.

Шаг 2). Теорема Пифагора удваивается. "Вторая, удвоенная теорема Пифагора" (ВТП) $A^2+B^2 = c^2 = a^2+b^2$ – симметрична, как парящая птица, имеет два крыла. В природе, по Нильсу Бору, "*комплементарное противоположно*"; в ЕГ противоположное значит - *несоизмеримо*: катеты **A, B** и *a, b* несоизмеримы. Ни одна точка сферической поверхности, созданной числами *HP, N*, не совпадает с точками этой же поверхности, созданной числами **θ**, и две сферы с общими полюсами **A, B** вложены друг в друга.

Шаг 3). Запрет на взаимодействие (**A ⇔ B; a ⇔ b**) преобразовал теорему, рисующую сферическую поверхность, в **Уравнение симметрии пар** (УСП) – символ **взаимодействия потенциалов** (**A+a**) ⇔ (**b+B**). Они *сосредоточены в двух полюсах* сферы, **A** и **B**.

Шаг 4). Условие ($a=\alpha\sqrt{5}, b=\beta\sqrt{5}$) – пятеричная симметрия, "дыхание жизни" – наделяет УСП уникальными свойствами. Возник алгоритм симметрии пар:

Первая константа ЕГ, число - структура **ω** – Золотое сечение

$$\omega = \frac{A1+\alpha\sqrt{5}}{\beta\sqrt{5}+B1} = \Phi = \frac{\beta\sqrt{5}-B1}{A1-\alpha\sqrt{5}}.$$

Здесь числа числителя есть *половины чисел знаменателя*, а числа знаменателя – *половины чисел числителя*.

Шаг 5). Из УСП происходит двойная "Золотая" спираль Люка-Фибоначчи, алгоритм воспроизводства жизни (с точностью *до любого знака*). Залогом мощи константы **Φ** является парадоксальность ее структуры. Она заменяет логику линейную (причина → следствие) логикой замкнутого кольца: следствия становятся причинами причин, а причины – следствиями следствий. Такова живая природа.

$$\Phi^{\pm 1} = \frac{1}{2}(\sqrt{5} \mp 1); \sqrt{5} = \Phi^{+1} + \Phi^{-1}; 1 = \Phi^{+1} \cdot \Phi^{-1}, \text{ т.е. } \Phi = f(\sqrt{5}, 1), \sqrt{5} = f(\Phi); 1 = f(\Phi).$$

Из УСП происходят и остальные алгоритмы ЕГ:

Вторая константа ЕГ соединяет комплементарные точки **N** и **θ**, принадлежащие двойной сфере $\emptyset\sqrt{5}$, в которую условно свернуто безграничное множество сфер ($\sqrt{5} \leq \emptyset AB \rightarrow \infty$), мыслью возвращенное в начальное состояние – пространство, обывшее мнимую Точку, в которой полюса **A, B** совмещены (**AB = 0**). $\sqrt{5} \leq \emptyset AB \rightarrow \infty$.

Шаг 6/ Метаморфозой Второй константы ($2/\sqrt{5} AB$), ее движением вписана в центре сферы $\emptyset AB = \sqrt{5}$ сфера $\emptyset ab = 1$.

Шаг 6). *Отделив точки сферической поверхности-числа N от точек-чисел θ* (перенеся числа **N** со сферы $\sqrt{5}$ на сферу 1 или перенеся на сферу 1 числа **θ**), мы обнаружим **Третью константу** $[(3\Phi)^{+1} \times (\sqrt{5})^{-1}]^{\frac{1}{2}}$.

Третья константа ЕГ сжимает сферу $\emptyset AB = 1$ в ядро $R_1 = ((3\Phi)^{-1} \times \sqrt{5}^{-1})^{\frac{1}{2}}$, в любой точке диапазона метаморфоз. Построен "Код резонанса". Его простота и красота предельны.

СВЕРХРЕЗОНАНС (КОД ЦЕЛОСТНОСТИ)

№ фазы	T <i>Третья константа</i>	R <i>Радиус ядра</i>	ЭКСПАНСИЯ <i>(Обратные числа: (+) ⇔ (-))</i>
1	T_1 $[(3\Phi)^{+1} \times (\sqrt{5})^{-1}]^{\frac{1}{2}}$ 1.473370	R_1 $[(3\Phi)^{-1} \times (\sqrt{5})^{-1}]^{\frac{1}{2}}$ 0.303531	$(3\Phi)^{+1} \quad \Leftrightarrow \quad (3\Phi)^{-1}$ $T_1, T_1, R_1 \quad \Leftrightarrow \quad R_1$
2	T_2 $[(3\Phi)^{+1} \times (\sqrt{5})^{+1}]^{\frac{1}{2}}$ 3.294556	R_2 $[(3\Phi)^{-1} \times (\sqrt{5})^{+1}]^{\frac{1}{2}}$ 0.678161	$(\sqrt{5})^{+1} \quad \Leftrightarrow \quad (\sqrt{5})^{-1}$ $T_2, R_2 \quad \Leftrightarrow \quad T_1, R_1$

Основание структур "*Третья константа Т*", "*ядро R*" – неизменно одно и то же. Это пара $[(3\Phi) \times (\sqrt{5})]$. Экспансия (переход сферы из фазы № 1 в фазу № 2) выполняется *преобразованием знака* показателя чисел (3Φ) и $(\sqrt{5})$, образующих основание: $(+) \Leftrightarrow (-)$.

Для 12 связей, соединяющих в пары *Третью константу и ядро* ($T \Leftrightarrow R$), ($T \Leftrightarrow T$), ($R \Leftrightarrow R$), знак показателя степени каждого основания, входящего в структуру *сохраняется неизменным* $(+) \Leftrightarrow (+)$ дважды два (4 раза). И *меняется на обратный* $(+) \Leftrightarrow (-)$ дважды четыре (8 раз).¹ Но обратные числа *раздельно не существуют!* Бытие единицы $\omega^{+1} = \frac{\alpha}{1}$ означает бытие единицы $\omega^{-1} = \frac{1}{\alpha}$. Язык ЕГ, вернув целым числам природную сущность, показал закодированную в понятии "целое число" вероятность *мгновенного* возникновения комплементарных пар, *разделенных в пространстве* фазовым переходом. Это требует осмысления.

Метафизическая сущность Второй теоремы Пифагора предполагает, что ею созданные символы, образы геометрических тел "сфера $\emptyset AB$ ", сфера $\emptyset \alpha \beta$ ", "сфера ядро", и т.д. – *вместе* есть алгоритм нераздельного бытия: целостность и гармония. В этом сущность ЕГ. *В Начале было Слово*. Одномгновенное рождение *двух* комплементарных сущностей – *идея двоичности*. Двоичность предлагает парадоксальную гипотезу. Если экспансия – цикл преобразований пространства в нарастающем ритме $(\sqrt{5})^{+1} \rightarrow (\sqrt{5})^{+2} \rightarrow (\sqrt{5})^{+3} \rightarrow \dots$ и т.д. *следует закону аналогии*, – циклом первым: "Код целостности" создан метафизический образ сферы $\emptyset AB = \sqrt{5}$ со всеми в ней свернутыми константами, законами формообразования, *законами гармонии*, – метафизический образ "Точки начала" и, вместе с тем, пространство, явленное целиком, *сразу и мгновенно*.

ВТОРАЯ ЧАСТЬ "Элементарные формы" содержит геометрическую интерпретацию алгоритмов, представленных первой частью. Рассмотрено векторное уравнение экспансии $\vec{R} = \vec{S} + \vec{U}$, где вектор \vec{R} результирует взаимодействие потенции \vec{S} и потенции поля \vec{U} , которому "Точка начала" – сфера S – принадлежит.

Линейная форма этого уравнения строит: 1) Евклидову плоскость; 2) Разомкнутую в бесконечности параболу; 3) "Протояйцо" (ab ovo - "все живое из яйца").

Квадратичная форма строит графические образы основополагающих форм живой природы, восемь U, S симметрий. Четыре S-симметрии, где доминирует \vec{S} ; четыре U-симметрии, где доминирует \vec{U} . Векторы экспансии приложены к центру полярных координат. В *орто- и гексагональных сечениях* они все суть числа *Золотого сечения*.

ТРЕТЬЯ ЧАСТЬ "Тетраэдр $\sqrt{\Phi}$ и правильное деление пространства" исследует пространство "Тау", плотно выполняемое тетраэдром $(\sqrt{\Phi})^{\pm n}$, – его метаморфозами. Тетраэдр, мостящий пространство, *меняет форму, но сохраняет объем*; задача "вымостить пространство одним тетраэдром" (неразрешимая) решается им дважды: мощением слоями "major" либо "minor". Ребра тетраэдра на любом уровне иерархий определяет число $(\sqrt{\Phi})^{\pm n}$ (здесь "n" – числа НР). Грани тетраэдра имеют углы $\frac{\pi}{2}$, $\frac{\pi}{3}$ (симметрия кристаллов) и также угол $\frac{\pi}{5}$ и угол внутримолекулярной связи молекулы воды (симметрия живых систем). Блоки тетраэдров: секунды, терции, кварты и квинты складываются в геометрические тела: симметричные и асимметричные; в спирали, в том числе 10- и 12-витковые, меняющие правое вращение – на левое и левое – на правое. Совокупность этих свойств позволяет видеть в тетраэдре $\sqrt{\Phi}$ "квант" пространства. Это и начальный элемент структуры – и *целое*, подобное частям, где части подобны целому. Погружение в глубину тетраэдра "major" (и также "minor") обнаружи-

¹ См. "код целостности": 4 связи по горизонтали, 4 - по вертикали, 4 - по двум диагоналям.

ло, что деление ребра в Золотом сечении одной точкой ("одним касанием") создает октаву из 8 тетраэдров, объемы которых соединены в неразрывную цепь Φ !

ЧЕТВЕРТАЯ ЧАСТЬ "Инструмент мастера" детально освещает рабочий метод зодчего: практику приложения парной меры к задаче построения художественного образа в строительном искусстве: методом аналогий и ассоциаций. Гамма пропорций системы двойного квадрата – взаимопроникающие подобия – комплекс аналогий, работающих в структуре живых существ, запечатлены в пропорциональных циркулях античности. Циркуль Музея Терм в Риме, – отношение $2/\Phi\sqrt{5}$ либо $(\sqrt{5}-1)/\sqrt{5}$ – представляет октаву целиком. **Одно измерение** исходного отрезка (1) раствором больших ножек и **двойной укол** обратных ножек создают шкалу пропорций: дублирование 1/1, удвоение – деление пополам 1/2 и комплементарные (несоизмеримые) пары ЕГ:

$$\Phi/2, 1/\sqrt{5}, 1/\Phi, 2:\sqrt{5}, 1:2\Phi, 1:\Phi^2.$$

История парных мер такова.

1) На деревянной панели в гробнице зодчего и жреца Хеси-Ра, в руках строителя первой (ступенчатой) пирамиды за 2300 лет до рождения Пифагора мы видим жезлы, вертикаль и горизонталь – меры, сопряженные отношением $1/\sqrt{5}$;

2) чертеж погребальной камеры фараона в пирамиде Хеопса в плане 1/2 (двойной квадрат), торцевая ее стена $2/\sqrt{5}$;

3) наклон ее облицовки (по апофеме) $1/\Phi$;

4) наклоны облицовки всех 10 Великих пирамид Древнего царства в Гизе есть отношения линий чертежа этой камеры, на тысячелетия сохраненные в граните ее стен, пола и перекрытия!

5) Парфенон афинского Акрополя – гимн человеку (Боги античной Греции - те же люди). Все части его происходят из ширины стилобата в 100 футов. Их соединяет **неразрывная цепь пар величин**. Лейтмотив связи $1/\sqrt{5}$ в главных узлах скреплен Золотым сечением: $1/\Phi$ и $\Phi/2$. Лейтмотив Эрейхтейона $2/\sqrt{5}$.

6) Традиция парной меры через Византию пришла в метрологию Древней Руси, – в шедевры зодчества и икону. Мерные трости с геометрически сопряженными парными шкалами - саженьями, деленными на локти, ладони или пяди, нанесенными на грани, служили орудием замысла и инструментом выполнения замысла в натуре. **Вычисления не нужны, пропорцию строит одинаковый или удвоенный отсчет размеров** геометрически сопряженными парными эталонами.

Алгоритмами Естественной геометрии соткана метафизическая и, в то же время, природная сущность Начала мира. Тем самым геометрия осветила и творческое Начало, доступное разуму и сущее в подсознании.

Список использованной литературы

Линник Ю.В. Храмовая грамота – Иосифу Шевелёву // Эко-потенциал. 1915. № 3 (11). С. 128-136.

УДК 378. 147:62914:656.

Ю.Ю. Юскаев

Студент 1-го курса Уральского государственного лесотехнического университета,
г. Екатеринбург

Научный консультант д.т.н., профессор В.П. Часовских

О ПАТЕНТЕ RU 161678

На сегодняшний день вопрос обеспечения безопасности людей в ДТП стоит чрезвычайно остро. По данным ВОЗ ежегодно в мире погибает в результате ДТП 1 млн. 250 тыс. человек. В России ежедневно погибает 100 человек. ДТП, связанные с пешеходами, составляют порядка 40% от общего количества. О защите пешеходов пойдет речь в данной статье.

Различными исследователями ведутся НИР с целью решить данную проблему и создать наиболее эффективный способ защиты. Работы ведутся по двум направлениям: остановка пешехода и энергопоглощение силы удара пешехода об автомобиль. По остановке пешехода предложен патент RU 2 547 120 (Олешко В.С.), по энергопоглощению удара - патенты RU 2014 145 262, RU 112 118, RU 2535 757.

Оба направления ограничено эффективны ввиду того, что ни в одном из них не предусмотрена защита детей, и срабатывание происходит от датчика удара, то есть для срабатывания системы необходим удар о твердую поверхность автомобиля. Также ни в одном способе защиты не предусмотрена защита пешехода от падения на твердую поверхность дороги за автомобилем.

Предлагаю следующее решение, защищенное патентом RU 161678 (Юскаев Ю.Ю): ничем не ограничивать перемещение пешехода и сделать его траекторию движения после столкновения с автомобилем предсказуемой и управляемой. Точнее, создать условия для параболической траектории движения пешехода, против направления движения автомобиля, до полной остановки пешехода по инерции движения согласно первому закону Ньютона. При этом предусмотрено, что все перемещение пешехода происходит по надувным подушкам безопасности. Не допускается в данном решении никаких останавливающих устройств для недопущения травм пешехода и аналогичным травмам при падении человека в воду (ушибы, разрывы внутренних органов, травмы головы и т.д.) с большой высоты из-за возникающего при этом эффекта поверхностного натяжения воды.

Что касается стоимости, то есть три фактора, влияющих на данный параметр:

1. Жизнь человека бесценна.
2. Стоимость изделия - величина динамичная.
3. Все компоненты можно и нужно изготавливать на территории РФ.

Хотелось бы отдельно отметить, что данный патент послужил основой для дальнейших решений в сфере защиты пешеходов, и данное решение не является окончательным, а скорее фундаментом на основании которого появляются другие, более грамотные решения.

При дальнейшей работе будут учитываться все факторы, которые теоретически могут привести пешехода к летальному исходу. Следует отметить, что данное решение

защищает и от столкновения с дикими и домашними животными, не допуская их попадания в салон автомобиля.

Круг пострадавших при ДТП значительно больше, нежели это принято считать.

Я бы условно выделил три линии пострадавших:

1 линия - родственники, друзья пешехода и сам пешеход.

2 линия - водитель-виновник, его родственники.

3 линия - государство, автопроизводители, страховые компании, работодатель.

Необходимо форсировать все работы по данному вопросу, поскольку здесь, как нигде, актуальна фраза: «промедление смерти подобно».

УДК 332.145

Б.А. Неруш

Дипломированный инженер-строитель, ныне пенсионер, г. Екатеринбург

КАК ЛИКВИДИРОВАТЬ НИЩЕТУ И ВОЙНЫ В МИРЕ

Солнце – главный инвестор Земли. Солнечный генератор своими лучами несёт (инвестирует) тепло и свет, даёт жизнь всему живому, в том числе и человеку. Солнечная энергия на Земле превращается в продукты питания и энергоресурсы. Солнечные лучи на земле возбуждают различные виды энергий: в магнитном поле - электрическую, в радиоактивных минералах и тяжелой воде - ядерную, в реках, морях, океанах и в воздухе – механическую, в углеводородах тепловую энергии. Мысль человека изобрела техногенные генераторы, которые перечисленные виды энергии превращают в техногенную энергию, которую по проводам и трубам ИНВЕСТИРУЮТ в жилища и в заводы, где техногенная энергия превращается в техногенную продукцию: тепло, свет, автомобили, самолёты, корабли, продукты питания и все блага. Но при движении техногенной продукции к человеку на его пути стоят два «грабителя» – это налоги и деньги, которые и отбирают всё.

Налоги и бумажные деньги делают народы нищими. Налоги – это открытый грабёж, а деньги это грабёж через обман. Бюджеты всех стран формируются из налогов. Бюджет любой страны - это план ограбления своего народа налогами. Финансовая и экономическая наука считает, что цифра на купюре – это товар, на который обмениваются все товары, но фактически это обман. Бумажные деньги «пустые», они обеспечены только весом бумаги и количеством тепловой энергии в бумаге. Но на рынке 100-долларовую купюру весом в 1 г обменивают на 2 тонны угля (2000000 г). Ограбление по весу – в 2 000 000, а по количеству тепловой энергии - в 4 000 000 раз, поскольку тепловой энергии в угле в 2 раза больше, чем в бумаге.

Финансовая наука утверждает, что цифра на купюре является мерой стоимости. Но цифрой на бумаге невозможно измерить стоимость товара, это обман. Ещё никто денежной купюрой не измерил цену товара. Биржевые курсы валют ежедневно скачут между собой и по отношению к доллару США как мировой валюте. В 1970-1980 гг. 1 доллар США был равен 68 российским копейкам, а в 2015 году - 62 российским рублям.

Такая же пляска курсов происходит и с другими валютами. Например, в 2008 г. 1 доллар США был равен 10 млрд. долларов Зимбабве, поэтому проведена деноминация к одному доллару, а уже в 2015 году доллар США стал равен 35 квадриллионам долларов Зимбабве: инфляция составила 321 000 000%. Так же пляшут цены товаров народного потребления на рынке. Цену товара определяет рынок. А там, где рынок, там - обман. «Мировая финансовая система, - писал академик Д. Львов (2001), - это раковая опухоль на живой ткани мировой экономики – это чума XXI века». Председатель ФРС США Алан Гринспен считает, что главная функция у доллара - это «конфискация имущества у граждан всего мира». Для этой цели ФРС США создаёт триллионы дол-

ларов из воздуха. «С апреля 2008 года по апрель 2009 года денежная база выросла с 856 триллионов долларов до умопомрачительных 1749 триллионов» (Пол, 2014. С. 18). Это привело к мировому кризису. Из этой суммы в 1749 трлн. долл. сформирован бюджет для ограбления всех народов мира. Бюджет США 2008 г. составил 1 трлн. долларов для ограбления своего народа, а остальные 1748 трлн. долларов - для ограбления других народов мира. Каждого человека планеты Земля, включая детей и стариков (7 млрд человек) ФРС США грабит на 249 857 долларов или 15 миллионов рублей (конвертация октябрь 2015 г.).

Деньги каждого государства грабят свой народ. Например, рубль грабит народы России, евро - народы Европы, доллар - народы всего мира. Дополнительно народы грабят налогами. У денег и налогов отсутствует функция производителя. Всё, что произведено народом, будет ограблено деньгами и налогами. Налоги и деньги делают предприятия банкротами, а рабочих и служащих - безработными. В стране Зимбабве 98% безработных. Бумажные деньги - это инструмент для грабежа, у кого деньги - тот и грабит. В самой богатой энергоресурсами стране Зимбабве живут самые бедные люди. В любой стране простые люди (особенно безработные, больные и преклонного возраста) живут в нищете. Постоянный грабёж народов налогами и деньгами порождает преступность, которая в свою очередь превращается в коррупцию, обман, воровство, инфляцию, забастовки, революции и войны. Этот «хаос» можно ликвидировать, если экономические, финансовые, политические и социальные законы повернуть лицом к открытым законам природы, обоснованным физической наукой и практикой.

Известно, что всю продукцию на земном шаре производит энергия Солнца, и энергия человеческой мысли. Любой продукт на земном шаре сложен из определённого количества энергетических величин, по аналогии со стеной, сложенной из кирпичей. По определению, «энергия - это общая количественная мера движения и взаимодействия всех видов материи, которая связывает воедино все явления природы». Солнечный генератор энергией солнечных лучей производит на земле миллиарды различных видов продукции, в том числе и продукты питания, и материал для строительства. По закону сохранения и превращения солнечная энергия на земле не исчезает, а превращается в другие виды энергии или в различные виды материи. Солнце производит продукцию (на земле и в земле, в воде и под водой) растительного и животного происхождения.

Энергия солнечных лучей на земле превращается в различные виды энергии: механическую, магнитоэлектрическую, тепловую, атомную и прочие. Все виды энергий конвертируются друг в друга и измеряются соответствующими приборами. Физическая величина джоуль (Дж.) измеряет все вышеперечисленные энергии. Цену продукта можно определять приборами по количеству энергетических величин, вошедших в продукт на стадии производства (а не на рынке). Под влиянием времени и тепла растительный и животный мир превращается в углеводороды, энергия которых измеряется количеством энергетических величин в МДж/кг: уголь = 29,3, нефть = 39,4, торф = 15, природный газ = 24, водород 10,3 МДж в 1 м^3 , и т.д. В свою очередь, тепловую энергию МДж/кг можно конвертировать в электрическую (кВт/ч), и в цены (3,09 рублей за 1кВт/ч), например, тот же уголь = 29 МДж/кг = 8,14 кВт/ч = 25,1 руб, нефть = 39,4 = 14,2 кВт/ч = 43,9 руб и т.д. Солнечная постоянная энергия равна 8,35 Дж на 1 см^2 в минуту или 1,391 кВт/час на 1 м^2 площади, которая расположена перпендикулярно к солнечным лучам. Средняя по всей земле расчётная энергия равна примерно 0,341 кВт/ч на 1 м^2 за один час, за одни сутки (24 часа) 8,184 кВт/ч, за один год (365 дней) 2987,16 кВт/ч на 1 м^2 . За один год на 1 км^2 примерно 3 млрд кВт/ч, на весь земной шар площадью 510 млн. км^2 - 150000 трлн. кВт/ч (расчёты приблизительные).

Зная, что солнечная энергия на земле не исчезает, а превращается в продукт, который состоит из некоторого количества величин энергии, можно определить, сколько

солнечная энергия ежегодно приносит природной продукции в границах любого государства. Например, в границах США на площади, равной 9 518 900 км² солнечные лучи ежегодно производят энергии (продукции) в размере 28 556,7 трлн. кВт/часов по цене 10 центов за 1кВт/ч на сумму 2 855,67 трлн. долларов, что составляет примерно 732 бюджета США (бюджет США 2015 года составил 3,9 трлн. долларов).

Солнечная энергия бесплатно обеспечивает любого человека, любую семью или общество любого государства продуктами природного происхождения и энергией. Человеку необходимо включить мозги, придумать приспособления, с помощью которых можно брать и употреблять уже готовую продукцию, а также создавать генераторы, моторы, батареи и т.д., с помощью которых превращать энергию природы в техногенную энергию. У человека недостаточно физической энергии, чтобы обеспечивать свою семью, тем более - целое общество. Необходимо иметь приспособления, с помощью которых можно брать всё, что производят солнечные лучи на Земле. Без лопаты не вскопать огород, без крючка не поймать рыбку, без космического транспорта не долететь до Луны, без приспособлений человек – животное или овощ.

Человек своей мыслью изобретает и овеществляет промышленные генераторы, которые природную энергию, произведённую солнцем, превращают в техногенную энергию. В свою очередь, техногенную энергию с помощью механического оборудования превращают в техногенную продукцию (жилые дома и производственные корпуса, наземный, подземный, водный, подводный и воздушный транспорт и пр.). Солнечная энергия производит продукцию на всей площади земного шара, а мысль человека, используя знания и умение управлять техникой, осваивает новые земные площади, на которых производит техногенную продукцию и все блага для человека на обжитых техногенных площадях городов, посёлков, заводов и жилых помещений.

Если техногенную энергию оценить в деньгах, то она превратится в валюту международного класса, в энергоденьги, а промышленные генераторы - в станки, производящие техногенную энергию - энергоденьги. Вот где банки должны брать инвестиции (кредиты) и кредитовать все отрасли народного хозяйства всех стран мира. Деньгами из техногенной энергии надо формировать бюджеты, а не налогами из народа, Экономическая наука считает, что деньги обеспечены трудом рабочих, что неправильно, так как в любом товаре нет энергии от труда рабочего. Любой продукт (товар) производится не трудом рабочего, а энергией придуманным им же приспособлением (без печки, топлива, кастрюли, ложки и миски не сварить к обеду суп). Любой, техногенный продукт произведён не руками, а приспособлениями. Физической энергии человека хватает только на обслуживание самого себя, её ничтожно мало: за день всего 10 МДж, или 2,77 кВт/ч., а за год (365 дней) -1011кВт/ч. Мировое потребление техногенной энергии - энергоденег в год (по данным 2008 г.) равно 143,851 ПВт/час. 1ПВт/ч = 10¹² кВт/ч. На каждого человека на земле (7 млрд.) промышленные генераторы вырабатывают по 20 550 кВт/ч энергии в год, или в 40 раз больше, чем могут выработать все рабочие земного шара (примерно 3,5 млрд. человек). Зачем эксплуатировать людей налогами, когда уже сегодня каждое государство может формировать бюджеты из техногенной энергии – энергоденег.

Предлагаю современные деньги заменить на энергоденьги, а денежную единицу - на энергетическую величину, все энергоденьги перевести на электронные карты. Формировать бюджеты из техногенной энергии - «энергоденег», а не из денег, собранных налогами. При такой замене жизнь людей в корне изменится в лучшую сторону. Исчезнут налоги, обман и инфляция, исчезнут бедность и голод. Зарплату можно увеличить в несколько раз. Пенсионный возраст можно уменьшить как минимум на 10 лет. Цены на продукты народного потребления уменьшатся в разы. Когда люди удовлетворены, они не конфликтуют, исчезают революции и войны. Зачем воровать, отбирать у

других, когда каждый человек знает, что всё добро лежит рядом, надо только включить мозги и всё можно взять у природы.

Все блага для человека производит энергия солнечных лучей и техногенная энергия промышленных генераторов. Для этого необходимо искать самое дешёвое топливо для промышленных генераторов, производящих техногенную энергию. Надо заменять дорогостоящее топливо из углеводородов, например, нефть и нефтепродукты, уголь, газ на более дешёвое топливо, перейти на радиоактивные изотопы. При делении одного грамма дейтерия выделяется 20 000 кВт/ч энергии, при делении одного грамма изотопов урана высвобождается 22 500 кВт/ч. энергии, что замещает 2 800 кг условного топлива. Одна тонна радиоактивного урана или плутония экономит 28 млн. т, а тория – 100 млн. т нефти.

Или перейти на бесплатные источники энергии (солнечные лучи, движение воды и ветра, тепловые источники земли, магнитное поле земли и т.д. - неиссякаемые источники энергии), напрямую использовать различными батареями, моторами и прочими приспособлениями. Уже разработан мотор и автомобиль, работающий на воде с алюминиевым катализатором. На земном шаре в озёрах, морях и океанах огромное количество воды – это неограниченное количество топлива. Разработаны солнечные батареи и самолёт, летающий на солнечной энергии. На солнечной энергии уже несколько лет летают в космосе искусственные спутники земли. Солнечный генератор – это неограниченный источник энергии.

Народы и государства будут продавать друг другу товары не за бумажные деньги, а менять количество техногенной энергии (энергоденег) в товаре одного государства на такое же количество техногенной энергии (энергоденег) в товаре другого. Меняют количество техногенной энергии (энергоденег), находящейся в нефти или газе, поставляемых трубами производителю, на количество техногенной энергии (энергоденег), находящейся в готовых к употреблению продуктах (товарах), поставляемых потребителю морским, воздушным или ж/д транспортом. Энергии вокруг нас - неограниченное количество, солнечная энергия бесплатно поставляется на землю, человеческая мысль постоянно ищет простейшие способы превращения её в техногенную продукцию и техногенную энергию – ЭНЕРГОДЕНЬГИ. Следовательно, жизненно необходимая продукция будет дешёвее. Я уверен, что настанет время, когда жильё, питание, медицинская помощь и т.д. будут предоставляться народу бесплатно. Как это сделать?

В настоящее время ЦБ России подчиняется ФРС США, то есть не подчиняется правительству РФ, в свою очередь ФРС не подчиняется ни правительству, ни президенту США. «ФРС – это частное акционерное общество, акционеры которого подчиняются кланам Ротшильдов и Рокфеллеров. Это они грабят все народы, в том числе и народы американского континента» (Касатонов, 2014). От этой кабалы легко избавиться, если не брать у банков бумажные деньги, а перейти на энергоденьги, то есть кредитоваться у промышленных генераторов в виде энергоденег. Фактически промышленные генераторы инвестируют проводами и трубами к потребителю тепло и свет, точно так же, как и Солнце, своими лучами инвестируют Землю теплом и светом.

Зачем нам эти грабители – банки? От их услуг можно легко отказаться, отказаться от валютных инвестиций и перейти на энергоденьги. Зачем нам нужна ФРС - эта частная контора? Если мы начнём инвестироваться у техногенной энергии промышленных генераторов, то эта конторка мгновенно обанкротится, автоматически исчезнет. Если же её 12 банков прекратят производить преступную грабительскую продукцию (пустые бумажные доллары), то есть раздавать инструмент для ограбления, а будут брать кредиты у природы в виде энергоденег, тогда они будут нести полезную продукцию и блага народам всего мира. Природной энергии - неограниченное количество, её можно бесконечно превращать в техногенную энергию - энергоденьги.

В настоящее время ежегодный прирост ВВП, например в РФ составляет 5–7% (до санкций), но если перейти на энергоденьги, то он составит как минимум 50–70%, потому что исчезнут налоги.

Экономика всех стран зависит от доллара. Сегодня, например, в РФ печатаем столько рублей, сколько на мировом рынке продали своей продукции и поменяли на доллары, а надо печатать столько рублей, сколько промышленные генераторы произвели техногенной энергии. Таким образом, мы полностью отвяжемся от всех других валют, в том числе и от доллара. Уже сейчас можно избавиться от налогов, отказаться от инвестиций у других государств, если брать инвестиции энергоденьгами у промышленных генераторов. Главное, не надо ничего продавать для формирования ежегодных бюджетов, Солнце ежегодно инвестирует Землю огромным количеством продуктов и энергией, а промышленные генераторы, потребляя продукты Солнца, также ежегодно производят техногенную энергию – энергоденьги. Если не хватает энергоденег – стройте дополнительно промышленные генераторы, если не хватает продукции, увеличивайте индустрию производства продукции народного потребления. Каждая страна может сформировать свой независимый внутренний рынок. Если потребуется продукция, производимая соседом – пожалуйста, меняйте количество энергии в товаре соседа на количество энергии в своём товаре.

Список использованной литературы

Катасонов В.Ю. Мировая кабала: ограбление по-еврейски. М.: «Алгоритм», 2012. 384 с. (Политические расследования).

Львов Д. Предисловие к русскому изданию // Мартин Г.-П., Шуман Х. Западная глобализации: Атака на процветание и демократию / пер. с нем. М.: «Альпина», 2001. С. 10-15.

Пол Р. Покончить с ФРС. СПб.: «Питер», 2014. 240 с.

Рефераты статей, опубликованных в журнале
«Эко-Потенциал» № 2 (14) 2016 г.

ЭКОЛОГИЯ

УДК [502.2:620.267]:614.841.42

А.М. Дворник, А.А. Дворник

ЛЕСНЫЕ ПОЖАРЫ В ЗОНАХ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Ключевые слова: лесные пожары, зоны радиоактивного загрязнения, атмосферный перенос радионуклидов, вторичное радиоактивное загрязнение.

В работе проведен анализ лесопожарной обстановки в зонах радиоактивного загрязнения Гомельской области Беларуси. Сделана оценка переноса радионуклидов с дымовым облаком от лесных пожаров в зонах радиоактивного загрязнения. Показано, что сильные низовые и верховые лесные пожары на высоком уровне радиоактивного загрязнения почвы и при большой площади пожара могут влиять на изменение радиационной обстановки.

УДК 502.1

Д.В. Трубин

АГРОФОРЕСТ: ПАШНЯ И ЛЕС В НЕРАЗРЫВНОЙ СВЯЗИ

Ключевые слова: лесная зона, лес, пашня, национальные особенности, освоение лесных территорий.

Показано, что земледелие в Евразии зародилось в лесной зоне трудами лесных жителей и стало основой существования.

БИОЛОГИЯ

УДК 582.475:631.523

В.А. Драгавцев

О ВОЗМОЖНОСТИ БЫСТРОЙ ОЦЕНКИ АДАПТИВНОГО ПОЛИМОРФИЗМА В ЕСТЕСТВЕННЫХ ПОПУЛЯЦИЯХ МОНОПОДИАЛЬНЫХ ХВОЙНЫХ ДЕРЕВЬЕВ

Ключевые слова: адаптивный полиморфизм, эпигенетические механизмы, монопоидиальные деревья, хвойные виды, эпигенетика.

Рассмотрены возможности быстрой оценки адаптивного полиморфизма в естественных популяциях монопоидиальных хвойных деревьев.

УДК 582.688.3.[575.86+581.522.6]

С.Н. Санников, И.В. Петрова, О.Е. Черепанова

**АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ГИПОТЕЗЫ ПРОИСХОЖДЕНИЯ ВЕРЕСКА
CALLUNA VULGARIS (L.) HULL.**

Ключевые слова: *Calluna vulgaris*, происхождение, ареал, палеогеография, экология, генетика, Палеарктика, Гренландия, Марокко.

На основе обобщения литературы по палеогеографии и собственных исследований по экологии, географии и генетике популяций вереска обыкновенного (*Calluna vulgaris* (L.) Hull.) предложена гипотеза об анцестральном голоарктическом центре происхождения этого вида в палеогене в одном из субконтинентальных регионов Западной Палеарктики в условиях субтропического периодически зимневлажного и сухого летнего климата «средиземноморского типа». Предполагается, что отсюда его популяции сухопутно или орнитохорно расселились в другие регионы Евразии и на острова Северной Атлантики. Рассмотрены также менее вероятные альтернативные гипотезы об анцестральных центрах происхождения вереска в Гренландии и Марокко.

УДК 581.5; 504.7

В.А. Усольцев

**БИОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ ДРЕВЕСНЫХ ВИДОВ ЕВРАЗИИ
С ПОЗИЦИЙ БИОГЕОГРАФИИ**

Ключевые слова: *подрод Pinus L., фитомасса лесов, стволы, ветви, ассимиляционный аппарат, корни, нижний ярус, биогеография, трансконтинентальные тренды, климатические характеристики.*

Впервые с позиций биогеографии рассмотрены закономерности распределения показателей биологической продуктивности лесов Евразии на примере двухвойных сосен.

ЭКОНОМИКА

УДК 630*9

В.Ф. Багинский, О.В. Лапицкая

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ, ЭКОНОМИКИ И
ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА В ЛЕСНОМ ХОЗЯЙСТВЕ РЕСПУБЛИКИ
БЕЛАРУСЬ**

Ключевые слова: *экономика лесного хозяйства, организация лесного хозяйства, история лесного хозяйства Беларуси, экология леса, рациональное использование древесины, депонирование углерода лесами, лесовосстановление, лесоразведение, углеродные квоты, рентабельность лесного хозяйства.*

Показаны основные актуальные проблемы экономики, экологии леса, лесовосстановления и организации лесного хозяйства Беларуси. Леса Беларуси обеспечивают экологическую стабильность государства. Основная экологическая функция лесов заключается в депонировании диоксида углерода в количестве около 500 млн. тонн. В Беларуси осуществляется рациональное использование древесины, внедрены безотходные технологии. Средняя рентабельность хозрасчетной деятельности лесхозов составляет 10-15 % и выше, хотя в кризисные годы она снизилась до 5 %. В лесном фонде страны насчитывается 2146 тыс. га лесных культур, или около 27 % от всей площади лесов страны.

УДК 004.9 303.732.4

Г.П. Бутко, Е.В. Кох, О.А. Богословская

**ЗАВИСИМОСТИ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ДЛЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ
ФОРМИРОВАНИИ СТРАТЕГИЙ КОНКУРЕНТНЫХ ПРЕИМУЩЕСТВ
ПРЕДПРИЯТИЙ В ЛЕСНОМ СЕКТОРЕ ЭКОНОМИКИ**

Ключевые слова: *лесной сектор экономики, конкурентные преимущества, формирование стратегий, принятие решений, конкурентные возможности.*

Представлен анализ зависимостей и закономерностей, необходимых для принятия решений при формировании стратегий конкурентных преимуществ предприятий в лесном секторе экономики.

УДК 338.24.021.8

И.Н. Афанасьева, И.А. Иматова, М.В. Кузьмина, Э.Ф. Валиев

**КОНЦЕССИЯ ОБЪЕКТОВ ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО
ХОЗЯЙСТВА: ОЖИДАНИЯ И РИСКИ**

Ключевые слова: *жилищно-коммунальное хозяйство, инвестиции, коммунальная инфраструктура, концессионное соглашение, концедент, концессионер, государственно-частное партнерство.*

Статья посвящена вопросу привлечения инвестиций в жилищно-коммунальное хозяйство Свердловской области на основе государственно-частного партнерства. Проанализированы данные по проведенным торгам и заключенным концессионным соглашениям на территории региона. Приведены положительные и отрицательные примеры заключения концессионных соглашений в жилищно-коммунальном хозяйстве. Рас-

смотрены проблемы и риски реализации концессионных соглашений в условиях экономического кризиса.

ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЙ И РАСПОЗНАВАНИЕ ОБРАЗОВ

УДК 004.93'1; 004.932 *В.П. Часовских, В.Г. Лабунец, Д.Е. Комаров, Е. Остхаймер*
МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

Ключевые слова: *вейвлет-преобразования, быстрые алгоритмы, анализ сигналов.*

Цель статьи – вывод принципиально нового представления быстрых циклических вейвлет-преобразований в виде произведения слабо заполненных матриц вращения, зависящих от конечного числа свободных параметров Якоби. При изменении параметров меняется вид преобразования, принимая облик как всех известных, так и неизвестных в настоящее время вейвлет преобразований, что дает практическую основу для их унифицированного описания.

УДК 621.391 *В.П. Часовских, В.Г. Лабунец, Т.С. Федорова, Е. Остхаймер*
СЕМЕЙСТВО ОБОБЩЕННЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ХААРА

Ключевые слова: *обобщение преобразований Хаара, быстрые алгоритмы, обработка сигналов и изображений.*

В данной работе вводится новый ряд обобщений классических непрерывных и дискретных преобразований Хаара. Они основываются на нескольких математических моделях: k -ичные отрезки и группы k -ичных чисел, функции, ассоциированные с группой перестановок и с абелевыми группами. Мы показываем, что существует большое множество обобщений классических функций Хаара, каждое из которых является полной системой ортогональных функций и образует базис в заданном пространстве.

УДК 621.391 *Е. Остхаймер, В.Г. Лабунец, Д.Е. Комаров, Т.С. Федорова*
ФРЕШЕ МИМО-ФИЛЬТРЫ

Ключевые слова: *нелинейные МИМО-фильтры, точка и медиана Фреше, обработка гиперспектральных изображений, обобщенные агрегационные средние.*

Медианная фильтрация получила широкое распространение при обработке скалярных изображений в качестве методов фильтрации, сохраняющих перепады яркости. Главная идея медианной фильтрации состоит в том, что центральный пиксель сканирующей маски заменяется медианой всех пикселей, содержащихся в маске. В этой работе идея расширяется на векторно-значные изображения. Расширение основывается на том факте, что медиана является также точкой, которая минимизирует сумму расстояний между ней и всеми скалярными пикселями внутри маски. Точкой Фреше конечного множества векторно-значных пикселей в некотором метрическом пространстве (с заданной метрикой) является такой вектор, сумма расстояний до которого от всех векторных пикселей (находящихся внутри маски) имеет минимальное значение. В данной статье понятие точки Фреше расширяется до обобщенной медианы Фреше, в которой используется агрегация расстояний, а не их сумма. Более того, при обобщении используются не классические расстояния, а их агрегационные обобщения. Обобщенные медианы Фреше используются для построения новых медианных МИМО-фильтров.

УДК 621.391 *В.Г. Лабунец, Д.Е. Комаров, И. Артёмов, Е. Остхаймер*
МНОГОФАКТОРНЫЕ МИМО-ФИЛЬТРЫ

Ключевые слова: *нелинейные фильтры, обработка изображений, обобщенные агрегационные средние.*

Исследуется эффективность модифицированных многофакторных (би-, три- и четырех-латеральных) МИМО-фильтров для серых, цветных и гиперспектральных изоб-

ражений. Обычные билатеральные фильтры осуществляют взвешенное усреднение соседних пикселей. Веса включают две компоненты: пространственную и радиометрическую. Первая компонента учитывает геометрическое расстояние между центральным пикселем маски и его локальными соседями. Второй компонент учитывает радиометрическое расстояние между центральным пикселем маски и его локальными соседями. В этом классическом алгоритме центральный пиксель маски играет определяющую роль в конечном результате фильтрации. Если он искажен, то и результат фильтрации будет искаженным. Этот факт определяет первую модификацию: центральный пиксель заменяется его любой сглаженной версией, полученной на основе соседних пикселей. Вторая модификация использует матрично-значные веса. Они включают четыре компоненты: пространственную, радиометрическую, межканальную и радиометрическую межканальную. Четвертый вес учитывает радиометрическое расстояние между центральным пикселем и межканальными соседними пикселями.

УДК 621.391

В.Г. Лабунец, И. Артемов, С. Мартюгин, Е. Остхаймер

БЫСТРОЕ ДРОБНОЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ФУРЬЕ, ОСНОВАННОЕ НА ИНФИНИТЕЗИМАЛЬНОМ ПРЕОБРАЗОВАНИИ ФУРЬЕ

Ключевые слова: *быстрое дробное преобразование Фурье, инфинитезимальное преобразование Фурье, оператор Шредингера, обработка сигналов и изображений.*

Дробные преобразования Фурье (ДрПФ) формируют однопараметрическое семейство унитарных преобразований. Они нашли многочисленные применения в обработке сигналов и изображений. Тожественное и классическое преобразования Фурье – частные случаи ДрПФ. До настоящего времени дробные спектры Фурье вычислялись на основе классического быстрого преобразования Фурье. Этот метод отображает N отсчетов исходной функции f в MN спектральных отсчетов M -элементного множества спектров, что требует $MN(2+\log N)$ умножений и $MN \log N$ сложений. В данной работе предлагается новый численный алгоритм расчета, требующий $2MN$ умножений и $3MN$ сложений и который основывается на инфинитезимальном преобразовании Фурье.

КУЛЬТУРОЛОГИЯ

УДК 141

Б.Ф. Чадов

ПОСЛАНИЕ XXI ВЕКУ

(к 35-летию со дня кончины Н.В. Тимофеева-Ресовского)

Ключевые слова: *научная биография, Тимофеев-Ресовский, феноменология реализации генов, популяции и микроэволюция, радиационная биогеоценология.*

Обсуждаются некоторые факты биографии выдающегося русского ученого XX века Н.В. Тимофеева-Ресовского, в том числе по книге В.В. Бабкова и Е.С. Саканян «Николай Владимирович Тимофеев-Ресовский», которая вышла в московском издательстве «Памятники исторической мысли».

УДК 141

Ю.В. Линник

ПЕНТАКЛЬ МАТВЕЯ БРОНШТЕЙНА

Ключевые слова: *русский космизм, цвет русской интеллигенции, теория Всего, гипотеза нарушения, стрела времени, ультрабольшое и ультрамалое, антропный принцип.*

Обсуждаются некоторые стороны жизни и творчества Матвея Бронштейна - великого русского учёного, опередившего своё время и расстрелянного большевиками.

УДК 141

Ю.В. Линник

КРАСНЫЙ ВИХРЬ

Ключевые слова: *сценография, картины, тема «красного вихря», вихревая парадигма, галактика.*

Обсуждается тема «красного вихря» в творчестве сценографов Леонида Чупятова и В.В. Дмитриева и художника Кузьмы Петрова-Водкина.

УДК 9.903.07

Е.А. Миронова

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБЪЁМНЫХ АНТРОПОМОРФНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА УГЛАХ И НА СМЕЖНЫХ ГРЯНЯХ КАМНЕЙ ОТ БРЕТАНИ ДО ДАЛЬНОГО ВОСТОКА

Ключевые слова: *культ Великой Богини, угловые изображения, пещера Альтамира, петроглифы Сикачи-Аляна, святилище По Нагар, китайские культовые предметы тунг.*

В статье продолжается исследование распространённости изображения Великой Богини на мегалитах в виде лика-сердечка и упрощённых антропоморфных образов – на углах и на смежных гранях камней в культовых местах Евразии – от Бретани (Карнак, Франция) до Дальнего Востока. Показано их присутствие в палеолитической пещере Альтамира на западе и в святилищах Вьетнама – на юго-востоке континента. Исследуется наличие множественных разнообразных ликов Великой Богини на Северо-Востоке Евразии – в скоплении валунов – Сикачи-Алян, которое, исходя из большого количества этих изображений и их вариативности, предположительно, является местом зарождения данного культа.

УДК 378.1

А.И. Попов

СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ РЕИНЖИНИРИНГА МЕТОДИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

Ключевые слова: *высшее образование, методика обучения, компетенция, содержание обучения, творческая компетентность преподавателя, экономика образования.*

Проанализировано состояние методического сопровождения современного высшего образования и выявлены проблемные моменты в реализации компетентностного подхода. Исследован уровень методической культуры преподавателей вузов и сформулированы требования к информационной среде, обеспечивающей повышение их методического мастерства. Предложена система мероприятий по реорганизации методического сопровождения на основе усиления деятельности учебно-методических объединений и творческого саморазвития научно-педагогических кадров вуза. Показаны социальные и экономические положительные результаты от предлагаемой реорганизации, обеспечивающие повышение качества образования.

Abstracts of the articles published in *Eco-Potential*, 2016. No. 2 (14)

ECOLOGY

UDC [502.2:620.267]:614.841.42

A.M. Dvornik, A.A. Dvornik

FOREST FIRES IN AREAS OF RADIOACTIVE CONTAMINATION

Keywords: *forest fires, areas of radioactive contamination, atmospheric transport of radionuclides, secondary radioactive contamination.*

Situation of forest fires in areas of radioactive contamination of the Gomel region of Belarus is analyzed in the paper. An assessment of long-range transport of radionuclides with the smoke cloud of forest fires in areas of radioactive contamination is fulfilled. It is shown that strong grassroots and upland forest fires at a high level of radioactive contamination of

the soil and on large fire area can affect changes in the radiation situation.

UDC 502.1

D.V. Trubin

AGROFOREST: ARABLE LAND AND FOREST IN CONJUNCTION

Keywords: *forest area, forest, soil, arable lands, national characteristics, development of forest territories.*

It is shown that agriculture in Eurasia was born in the forest zone by works of forest dwellers and became the basis of their existence.

BIOLOGY

UDC 582.475:631.523

V.A. Dragavtsev

**THE POSSIBILITY OF FAST ESTIMATION OF ADAPTIVE
POLYMORPHISM IN NATURAL POPULATIONS OF MONOPODIAL
CONIFEROUS TREES**

Keywords: *adaptive polymorphism, epigenetic mechanisms, monopodial trees, coniferous species, epigenetics.*

The possibility of rapid assessment of adaptive polymorphism in natural populations of monopodial coniferous trees are analyzed.

UDC 582.688.3[575.86+581.522.6]

S.N. Sannikov, I.V. Petrova, O.E. Cherepanova

**ALTERNATIVE HYPOTHESES OF THE ORIGIN OF HEATHER
CALLUNA VULGARIS (L.) HULL.**

Keywords: *Calluna vulgaris, origin, habitat, palaeogeography, ecology, genetics, Palearctic, Greenland, Morocco.*

On the basis of a synthesis of the literature on paleogeography and own research on ecology, geography and the genetics of populations of common heather (*Calluna vulgaris* (L.) Hull.) the hypothesis of ancestral holarctic centre of origin of this kind in the Paleogene in one of sub-continental regions of Western Palearctic in subtropical conditions of periodically winter-fresh and dry summer climate of the Mediterranean type is suggested. It is expected that its population was extended from here by land or ornitohornic ways in other regions of Eurasia and the North Atlantic Islands. Less likely alternative hypotheses of ancestral centres of heather origin in Greenland and Morocco are also considered.

UDC 581.5; 504.7

V.A. Usoltsev

**BIOLOGICAL PRODUCTIVITY OF FOREST SPECIES IN EURASIA
FROM THE PERSPECTIVE OF BIOGEOGRAPHY**

Keywords: *subgenus Pinus L., forest phytomass, stems, branches, assimilation organs, roots, understory, biogeography, transcontinental trends, climatic characteristics.*

The regularities of distribution of the biological productivity of Eurasian forests on the example of two-needled pines from the perspective of biogeography are analyzed for the first time.

ECONOMY

UDC 630*9

V.F. Baginsky, O.V. Lapitskaja

**ACTUAL PROBLEMS OF ECOLOGY, ECONOMY AND
THE ORGANIZATIONS OF MANUFACTURE IN THE FORESTRY OF BELARUS'**

Keywords: *economy of forestry, the organization of forestry, history of forestry in Belarus, ecology of wood, rational use of wood, deposition of carbon by woods, reforestation, afforestation, carbon credits, the profitability of forestry.*

The basic actual problems of economy and organization of forestry in Belarus, ecology of wood and wood restoration are shown. Forests of Belarus provide ecological stability of the state. The basic ecological function of forests consists in sink of dioxide carbon which is deposited nearby 500 million tons. Rational use of wood is carried out in Belarus, without waste technologies have been introduced. Average profitability of self-supporting activity of timber enterprises makes 10-15 % and more though in crisis years it has decreased up to 5 %. In wood fund of the country 2146 thousand hectares of plantations or nearly so 27 % from all area of woods of the country is totaled.

UDC 004.9 303.732.4

G.P Butko, E.V. Kokh, O.A. Bogoslovskaya

DEPENDENCIES AND PATTERNS FOR DECISION-MAKING IN FORMING STRATEGIES OF COMPETITIVE ADVANTAGES OF ENTERPRISES IN THE FORESTRY SECTOR

Keywords: forestry sector, *competitive advantages, forming strategies, decision-making, competitive possibilities.*

Dependencies and patterns for decision-making in forming strategies of competitive advantages of enterprises in the forestry sector are analyzed.

UDC 338.24.021.8

I.N. Afanasyeva, I.A. Imatova, M.V. Kuzmina, E.F. Valiev

THE CONCESSION OF HOUSING AND COMMUNAL SERVICES PROJECTS - EXPECTATIONS AND RISKS

Keywords: *housing and communal services, investments, communal infrastructure, concession agreement, concession grantor, concessionaire, public-private partnership.*

The article is devoted to investment attraction in Sverdlovskaya Oblast housing and communal services sector on the basis of public-private partnership. The data on the bidding held and the concession agreements signed in the region are analyzed. The positive and negative examples of the concession agreements signed in the housing and communal services sector are given. The problems and risks of concession agreements implementation in condition of economic crisis are shown.

IMAGE PROCESSING AND PATTERN RECOGNITION

UDC 004.93'1; 004.932

V.P. Chasovskikh, V.G. Labunets, D.E. Komarov, E. Ostheimer

MULTIPARAMETRIC WAVELET TRANSFORMS

Keywords: *wavelet transforms, fast algorithms, signal and image processing.*

The main goal of the paper is to show that wavelet transforms and packets have the multiparametric representation in the form of a product of the rotation Jacobi matrices. Each multiparametric wavelet transform (MPWT) depends on several free Jacobi parameters. When parameters are changed multiparametric transform is changed too taking form of all known and unknown orthogonal wavelet transforms. It gives unified approach to describing a wide set of cyclic orthogonal wavelet transforms.

UDC 621.391

V.P. Chasovskikh, V.G. Labunets, T.S. Fedorova, E. Ostheimer

THE FAMILY OF THE GENERALIZED HAAR TRANSFORMATIONS

Keywords: *generalized Haar transforms, fast algorithms, signal and image processing.*

In this work a new series of generalizations classical continual and discrete transformations of Haaris entered. They are based on several mathematical models: k -th spieces and groups of k -ths numbers, the functions associated with permutation and Abelian groups. We show there are a lot of generalizations of the classical Haar functions each of which is the complete set of orthogonal functions and forms basis in the given space.

UDC 621.391

E. Ostheimer, V.G. Labunets, D.E. Komarov, T.S. Fedorova
FRÉCHET MIMO-FILTERS

Keywords: *nonlinear MIMO-filters, Fréchet point and median, hyperspectral image processing, generalized aggregation means.*

Median filtering has been widely used in scalar-valued image processing as an edge preserving operation. The basic idea is that the pixel value is replaced by the median of the pixels contained in a window around it. In this work this idea is extended onto vector-valued images. It is based on the fact that the median is also the value that minimizes the sum of distances between all grey-level pixels in the window. The Fréchet median of a discrete set of vector-valued pixels in a metric space with a metric is the point minimizing the sum of metric distances to the all sample pixels. In this paper, we extend the notion of the Fréchet median to the general Fréchet median, which minimizes the Fréchet cost function (FCF) in the form of aggregation function of metric distances, instead of the ordinary sum. Moreover, we propose use an aggregation distance instead of classical metric distance. We use generalized Fréchet median for constructing new nonlinear MIMO-filters.

UDC 621.391

V.G. Labunets, D.E. Komarov, I. Artemov, E. Ostheimer
MANY FACTOR MIMO-FILTERS

Keywords: *nonlinear filters, image processing, generalized aggregation mean.*

In the paper, we investigate effectiveness of modified many-factor (bilateral, tri-, and four-lateral) denoising MIMO-filters for grey, color, and hyperspectral image procession. Conventional bilateral filter performs merely weighted averaging of the local neighborhood pixels. The weight includes two components: spatial and radiometric ones. The first component measures the geometric distances between the center pixel and local neighborhood ones. The second component measures the radiometric distance between the values of the center pixel and local neighborhood ones. Noise affects all pixels even onto the centre one used as a reference for the tonal filtering. Thus, the noise affecting the centre pixel has a disproportionate effect onto the result. This suggests the first modification: the center pixel is replaced by the weighted average (with some estimate of the true value) of the neighborhood pixels contained in a window around it. The second modification uses the matrix-valued weights. They include four components: spatial, radiometric, inter-channel weights, and radiometric inter-channel ones. The fourth weight measures the radiometric distance (for grey-level images) between the inter-channel values of the center scalar-valued channel pixel and local neighborhood channel ones.

UDC 621.391

V.G. Labunets, I. Artemov, S. Martyugin, E. Ostheimer
**FAST FRACTIONAL FOURIER TRANSFORMS BASED ON INFINITESIMAL
FOURIER TRANSFORM**

Keywords: *fast fractional Fourier transform, infinitesimal Fourier transform, Schrödinger operator, signal and image analysis.*

The fractional Fourier transforms (FrFTs) is one-parametric family of unitary transformations. FrFTs found a lot of applications in signal and image processing. The identical and classical Fourier transformations are both the special cases of the FrFTs. Up to now, the fractional Fourier spectra, has been digitally computed using classical approach based on the fast discrete Fourier transform. This method maps the N samples of the original function f to the N samples of the M -element set of spectra, which requires $MN(2+\log N)$ multiplications and $MN\log N$ additions. This paper develops a new numerical algorithm, which requires $2MN$ multiplications and $3MN$ additions and which is based on the infinitesimal Fourier transform.

CULTURAL STUDIES

UDC 141

B.F. Chadov

**THE MESSAGE TO THE XXI CENTURY
(to the 35-year anniversary of N.V. Timofeev-Ressovsky's death)**

Keywords: *scientific biography, Nikolay Timofeev-Ressovsky, phenomenology of realization of genes, populations and microevolution, radiation biogeocenology.*

Some facts of the biography of prominent Russian scientist of the 20th century N. V. Timofeev-Ressovsky, including the book by V.V. Babkova and E.S. Sakanyan "Nikolaj Vladimirovich Timofeev-Ressovsky" printed in Moscow publishing house "Monuments of historical thought", are discussed.

UDC 141

Yu.V. Linnik

PENTACLE BY MATVEI BRONSTEIN

Key words: *Russian cosmism, the color of the Russian science, theory of everything, the hypothesis of violation, the arrow of time, ultra-great and ultra-small, the anthropic principle.*

Some aspects of life and creativity of Matvei Bronsten, the great Russian scientist, outstripping their time and executed by the Bolsheviks, are discussed.

UDC 141

Yu.V. Linnik

RED SWIRL

Key words: *scenography, painting, the "Red swirl" theme, Vortex paradigm, the Galaxy.*

The topic of "red swirl" in the works of the scenographers Leonid Chupyatov and Vladimir Dmitriev as well as of the painter Kuzma Petrov-Vodkin is discussed.

UDC 9.903.07

E.A. Mironova

**STUDY OF THE VOLUME ANTHROPOMORPHIC IMAGES ON THE
CORNERS AND THE ADJUSCENT SIDES OF THE STONES FROM BRETAGNE
TO THE FAR EAST**

Key words: *Great Goddess cult, corner images, Altamira cave, Sikachi-Alyan petroglyphs, Po Nagar sanctuary, Chinese cult objects ts'ung.*

In this article we continue to study widespread heart-like images and simple anthropomorphic images of Great Goddess on the megaliths, on the their corners and the neighboring facets, which were discovered on the sacral areas of Eurasia from Bretagne (Carnac, France) to the Far East. Their presence in the west, in the Neolithic cave Altamira is shown, as well as in the south-east of the continent, namely – in the holy places of Vietnam. Variety of different Great Goddess images on the North-Eastern Eurasia, namely, in accumulation of the boulders in Sikachi-Alyan is studied. Following the great number of these images and their variability, presumably this sacral territory was the place of Great Goddess cult birth.

UDC 378.1

A.I. Popov

**SOCIO-ECONOMIC IMPACT OF RE-ENGINEERING METHODOLOGICAL
SUPPORT OF HIGHER EDUCATION**

Keywords: *higher education, teaching method, competence, content learning, creative competence of the teacher, the economics of education.*

The state of modern methodological support of higher education is analyzed and the problematic points in the implementation of the competence approach are revealed. The level of methodological culture of teachers of high schools is studied and the requirements to the information environment that ensure the improvement of their methodological skills are shown. The system of measures on reorganization of the organization of the methodological

support on the basis of strengthening of activity of educational organizations and creative self-development of scientific and pedagogical staff of the university is suggested. Social and economic positive results from the proposed reorganization for improving the quality of education are shown.

НАШИ АВТОРЫ

Артёмов Иван Владимирович - магистр кафедры теоретических основ радиотехники Уральского федерального университета (Екатеринбург). Тел.: +7-953-383-37-64; e-mail: etherial.man@gmail.com

Афанасьева Ирина Николаевна - старший преподаватель кафедры экономики лесного бизнеса Уральского государственного лесотехнического университета (Екатеринбург). Тел.: +7(343)262-97-83, e-mail: bin262cc@yandex.ru

Багинский Владимир Феликсович - доктор сельскохозяйственных наук, профессор, член-корреспондент НАН Беларуси, профессор кафедры лесохозяйственных дисциплин Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины (Гомель, Беларусь). Тел.: +375-29-166-74-95; e-mail: BagVF@mail.ru

Богословская Ольга Анатольевна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры менеджмента и управления качеством Института экономики и управления Уральского государственного лесотехнического университета (Екатеринбург). Тел.: (343)262-96-08.

Бутко Галина Павловна – доктор экономических наук, профессор кафедры менеджмента и управления качеством Института экономики и управления Уральского государственного лесотехнического университета (Екатеринбург). Тел.: (343)262-96-08.

Валиев Ю.Ю. - студент 1-го курса кафедры менеджмента и управления качеством Института экономики и управления Уральского государственного лесотехнического университета (Екатеринбург). Тел.: (343)262-96-08.

Дворник Александр Михайлович - доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры зоологии, физиологии и генетики Гомельского государственного университета им. Ф. Скорины, Беларусь (Гомель). Тел.: +375232607272, e-mail: amdvornik@yandex.ru

Дворник Александр Александрович - кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Института радиобиологии НАН Беларуси, Беларусь (Гомель). Тел.: +375232578269; e-mail: aadvornik@yandex.by

Драгавцев Виктор Александрович – главный научный сотрудник Агрофизического научно-исследовательского института, экс-директор Всероссийского научно-исследовательского института растениеводства имени Вавилова (ВИР), доктор биологических наук, профессор генетики, академик РАН, РАЕН, академик Академии сельскохозяйственных наук Чехии, Аграрной Академии Словакии, почетный профессор университетов в г. Нитра, Саратове, Луганске, специалист в области популяционной, количественной, экологической генетики растений и в области теории селекции растений; член Лондонского Королевского Линнеевского общества; заслуженный деятель науки России (Санкт-Петербург). E-mail: dravial@mail.ru

Иванов Андрей Владимирович - доктор философских наук, профессор, заведующий кафедрой философии Алтайского государственного аграрного университета (Барнаул). Тел.: 8(3852)62-82-20, e-mail: ivanov_a_v_58@mail.ru

Иматова Ирина Александровна - кандидат сельскохозяйственных наук, доцент Уральского государственного лесотехнического университета (Екатеринбург). Тел.: +7(343)262-97-83, e-mail: i.imatova@list.ru

Комаров Денис Евгеньевич – магистр кафедры теоретических основ радиотехники Уральского федерального университета (Екатеринбург). Тел.: +7-953-383-37-64; e-mail: komde93@gmail.com

Кох Елена Викторовна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент Института экономики и управления Уральского государственного лесотехнического университета (Екатеринбург). Тел.: 8-912-299-62-39.

Кузьмина Маргарита Викторовна - кандидат экономических наук, доцент Уральского государственного лесотехнического университета (Екатеринбург). Тел.: +7(343)261-45-30, e-mail: margo-v66@mail.ru

Лабунец Валерий Григорьевич – доктор технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы РФ, профессор кафедры теоретических основ радиотехники Уральского федерального университета (Екатеринбург). Тел.: +7-953-383-37-64; e-mail: vlabunets@yahoo.com

Лапицкая Ольга Владимировна - кандидат экономических наук, доцент Гомельского государственного технического университета имени П.О. Сухого (Гомель, Беларусь). Тел.: +375-29-603-23-64, +375-232-48-45-40; e-mail: olapitskaya@mail.ru

Линник Юрий Владимирович – доктор философских наук, профессор кафедры философии Петрозаводского государственного университета, директор Музея космического искусства им. Н.К. Рериха, председатель Карельского отделения Ассоциации Музеев Космоса (АМКОС), поэт (Петрозаводск, Карелия). E-mail: yulinnik@yandex.ru.

Мартюгин Степан Александрович - аспирант кафедры теоретических основ радиотехники Уральского федерального университета (Екатеринбург). Тел.: +7-922-142-72-57; e-mail: smart2608@gmail.com

Миროнова Елена Александровна – кандидат филологических наук, доцент кафедры лингвистики и межкультурной коммуникации РГЭУ (РИНХ), (Ростов-на-Дону). Тел. (863) 2613804; e-mail: almir@donpac.ru

Неруш Борис Андреевич – дипломированный инженер-строитель, ныне пенсионер (Екатеринбург). Тел.: (343)245-05-88.

Остхаймер Екатерина – доктор философии по компьютерным наукам, директор фирмы Capricat LLC (Флорида, США). Тел.: +7-953-383-37-64; e-mail: katya@capricat.com

Петрова Ирина Владимировна – доктор биологических наук, директор Ботанического сада УрО РАН (Екатеринбург). Тел.: (343)210-15-28; e-mail: irina.petrova@botgard.uran.ru

Попов Андрей Иванович - кандидат педагогических наук, доцент, начальник отдела электронного обучения Тамбовского государственного технического университета (Тамбов). Тел. 8-4752-630146; e-mail: olimp_popov@mail.ru

Санников Станислав Николаевич - доктор биологических наук, главный научный сотрудник Ботанического сада Уральского отделения РАН (Екатеринбург). Тел. 8(343)210-21-44.

Трубин Дмитрий Владимирович - кандидат сельскохозяйственных наук, заслуженный лесовод РФ, главный лесничий Архангельского управления лесами в 1993-2006 гг., Архангельский региональный общественный фонд «Музей леса» имени заслуженного лесовода РФ А.Ф. Заволожина (Архангельск). Тел. 8-921-4702800; e-mail: trubindv@yandex.ru.

Усолтцев Владимир Андреевич - доктор сельскохозяйственных наук, заслуженный лесовод России, профессор кафедры менеджмента и управления качеством Института экономики и управления Уральского государственного лесотехнического университета, профессор, главный научный сотрудник Ботанического сада УрО РАН (Екатеринбург). Тел.: (343)254-61-59; e-mail: Usoltsev50@mail.ru.

Федорова Татьяна Сергеевна - магистр кафедры теоретических основ радиотехники Уральского федерального университета (Екатеринбург). Тел.: +7-953-383-37-64; e-mail: tatyana.fedorova.1994@mail.ru

Чадов Борис Федорович – доктор биологических наук, действительный член РАЕН, ведущий научный сотрудник Института цитологии и генетики Сибирского отделения РАН (Новосибирск); e-mail: boris_chadov@mail.ru

Часовских Виктор Петрович - доктор технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы РФ, член Российской академии инженерных наук им. А.М. Прохорова, член Российской академии естественных наук, Full Member of European Academy of Natural History, директор Института экономики и управления Уральского государственного лесотехнического университета (Екатеринбург). Тел. (343)261-46-44; e-mail: u2007u@ya.ru.

Черепанова Ольга Евгеньевна – кандидат биологических наук, научный сотрудник Ботанического сада УрО РАН (Екатеринбург). Тел.: (343)210-15-28; e-mail: irina.petrova@botgard.uran.ru

Шевелев Иосиф Шефтелевич – архитектор, заслуженный архитектор России, почетный академик Российской академии архитектурных и строительных наук (Кострома). Тел.: 8 494 245 6866; e-mail: iosifch@mail.ru

Юскаев Юрий Ю. – студент кафедры менеджмента и управления качеством Института экономики и управления Уральского государственного лесотехнического университета (Екатеринбург). Тел.: (343)262-96-08; e-mail: u2007u@ya.ru.

OUR AUTHORS

Artemov Ivan Vladimirovich - Magister of Ural Federal University (Yekaterinburg). Тел.: +7-953-383-37-64; e-mail: etherial.man@gmail.com

Afanasyeva Irina Nikolayevna - Lecturer of Department of economics timber business at the Ural State Forest Engineering University (Yekaterinburg). Phone: + 7(343)262-97-83; e-mail: bin262cc@ya.ru

Baginskiy Vladimir Feliksovich – Professor at the Department of Forest Sciences of Gomel State University named after F. Skaryna (Belarus), Doctor of agricultural sciences, Professor, corresponding member of NAS of Belarus (Gomel). Phone: +375-29-166-74-95; e-mail: BagVF@mail.ru

Bogoslovskaya Olga Anatolievna – Candidate of agricultural sciences, associate Professor of chair of management of quality, Ural State Forest Engineering University (Yekaterinburg). Phone: (343) 262-96-08..

Butko Galina Pavlovna – Doctor of economic sciences, professor of chair of management of quality, Ural State Forest Engineering University (Yekaterinburg). Phone: (343) 262-96-08.

Dragavtsev Victor Aleksandrovich - Doctor of biological sciences, professor, Academician of Russian Academy of sciences, chief researcher at the Agrophysical institute (Saint-Petersburg). E-mail: dravial@mail.ru

Dvornik Aleksandr Mikhailovich - Doctor of biological sciences, professor, the Department of zoology, physiology and genetics of Gomel State University named after F. Skaryna (Belarus, Gomel). Phone: +375232607272; e-mail: amdvornik@yandex.ru

Dvornik Aleksandr Aleksandrovich - Candidate of biological sciences, senior research fellow, Institute of radiobiology (Belarus, Gomel). Phone:+375232578269; e-mail: aadvornik@yandex.by

Chadov Boris Fedorovich – Doctor of biological sciences, full member of the Russian Academy of Natural Sciences, leading scientific researcher of the Institute of Cytology

and Genetics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Novosibirsk); e-mail: boris_chadov@mail.ru

Chasovskikh Viktor Petrovich - Doctor of technical sciences, Professor, Director of the Institute of Economics and Management, Ural State Forest Engineering University (Yekaterinburg). Phone: (343)261-46-44; e-mail: u2007u@ya.ru.

Cherepanova Olga Evgenievna – Candidate of biological sciences, scientist of Botanical garden of Urb RAS (Yekaterinburg). Phone: (343)210-15-28; e-mail: irina.petrova@botgard.uran.ru

Fedorova Tatyana Sergeevna - Magister of Ural Federal University (Yekaterinburg). Phone: +7-953-383-37-64; e-mail: tatyana.fedorova.1994@mail.ru

Imatova Irina Aleksandrovna - Candidate of agricultural sciences, associate Professor of the Ural State Forest Engineering University (Yekaterinburg). Phone +7 (343) 262-97-83; e-mail: i.imatova@list.ru

Ivanov Andrey Vladimirovich - Doctor of philosophy, Professor, Covenants-blowing of the Philosophy Department, Altai State Agrarian University (Barnaul). Phone: 8(3852)62-82-20; e-mail: ivanov_a_v_58@mail.ru

Kokh Elena Viktorovna – Candidate of agricultural sciences, associate Professor at the Institute of Economics and Management at the Ural State Forest Engineering University (Yekaterinburg). Phone: 8-912-299-62-39.

Komarov Denis Evgen'evich – Magister of Ural Federal University (Yekaterinburg). Phone: +7-953-383-37-64; e-mail: komde93@gmail.com

Kuzmina Margarita Viktorovna - Candidate of economic sciences, lecturer of department of Economics timber business of the Ural State Forest Engineering University (Yekaterinburg). Phone: + 7 (343) 261-45-30; e-mail: margo-v66@mail.ru

Labunets Valery Grigor'evch – Doctor of technical sciences, Professor, Ural Federal University (Yekaterinburg). Phone: +7-953-383-37-64; e-mail: vlabunets@yahoo.com

Lapitskaya Ol'ga Vladimirovna - Candidate of economic sciences, associate Professor at the Gomel' State Technical University after P.O. Sukhoy (Гомель, Беларусь). Phone: +375-29-603-23-64; +375-232-48-45-40; e-mail: olapitskaya@mail.ru

Linnik Yuriy Vladimirovich – Doctor of philosophy, professor of the department of philosophy, Petrozavodsk State University, senior researcher of Vodlozerskiy National Park, poet (Petrozavodsk, Karelia). E-mail: yulinnik@yandex.ru.

Martyugin Stepan Alexandrovich - Aspirant of Ural Federal University (Yekaterinburg). Phone: +7-922-142-72-57; e-mail: smart2608@gmail.com

Mironova Elena Alexandrovna – Candidate of philological sciences, associate Professor of the Chair of Linguistics and Cross-cultural Communication, Rostov State Economic University (Rostov-on-Don). Phone: (863) 2613804, e-mail: almir@donpac.ru

Nerush Boris Andreyevich - Graduate civil engineer, the pensioner today (Yekaterinburg). Phone: (343)245-05-88.

Ostheimer Ekaterina - Doctor of Philosophy in Computer Science, Director of Capricat LLC (Pompano Beach 33062 Florida USA). Phone: +7-953-383-37-64; e-mail: katya@capricat.com

Petrova Irina Vladimirovna – Doctor of biological sciences, Director of the Botanical Garden of Urb of RAS (Yekaterinburg). Phone: (343)210-15-28; e-mail: irina.petrova@botgard.uran.ru

Popov Andrey Ivanovich - Candidate of pedagogical sciences, associate Professor, head of Department of e-learning of Tambov State Technical University (Tambov). Phone: 8-4752-630146; e-mail: olimp_popov@mail.ru.

Sannikov Stanislav Nikolaevich - Doctor of biological sciences, Professor, Chief Researcher at the Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (Yekaterinburg). Phone: 8(343)2102144; e-mail: sannikovanelly@mail.ru

Shevelev Iosif Sheftelevich – Architect, honored architect of Russia, honorary academician of the Russian Academy of architectural and construction sciences (Kostroma). Phone: 8 494 245 6866; e-mail: iosifch@mail.ru

Trubin Dmitriy Vladimirovich - Candidate of agricultural sciences, the honored Forester of Russia, Chief Forester of the Arkhangelsk Department of forest management in 1993-2006, the Arkhangelsk regional public foundation "Museum of forest" (Arkhangelsk). Phone: 8-921-4702800; e-mail: trubindv@yandex.ru.

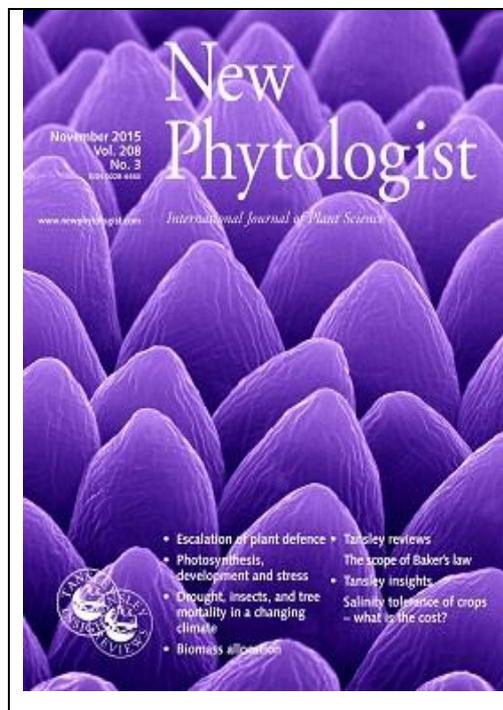
Usoltsev Vladimir Andreyevich - Doctor of agricultural sciences, professor of department of quality management, Ural State Forest Engineering University, chief researcher at the Botanical Garden, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (Yekaterinburg). Phone: (343)254-61-59; e-mail: Usoltsev50@mail.ru

Valiev Yu.Yu. – Student of the Ural State Forest Engineering University (Yekaterinburg). Phone: (343)262-96-08.

Yuskaev Yuriy Yu. – Student of department of quality management, Ural State Forest Engineering University (Yekaterinburg). Phone: (343)262-96-08; e-mail: u2007u@ya.ru.

ПРИЛОЖЕНИЕ

**НОВЫЕ РАБОТЫ КАФЕДРЫ
МЕНЕДЖМЕНТА И УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ИНСТИТУТА
ЭКОНОМИКИ И УПРАВЛЕНИЯ УГЛУ, ОПУБЛИКОВАННЫЕ ЗА РУБЕЖОМ**



Poorter H., Jagodzinski A.M., Ruiz-Peinado R., Kuyah S., Luo Y., Oleksyn J., Usoltsev V.A., Buckley T.N., Reich P.B., Sack L. How does biomass allocation change with size and differ among species? An analysis for 1200 plant species from five continents // *New Phytologist*. 2015. Vol. 208. Issue 3 (November 2015). P. 736-749 (<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/nph.13571/epdf>) Impact Factor: 7.672.

-We compiled a global database for leaf, stem and root biomass representing c. 11 000 records for c. 1200 herbaceous and woody species grown under either controlled or field conditions. We used this data set to analyse allometric relationships and fractional biomass distribution to leaves, stems and roots.

-We tested whether allometric scaling exponents are generally constant across plant sizes as predicted by metabolic scaling theory, or whether instead they change dynamically with plant size. We also quantified interspecific variation in biomass distribution among plant families and functional groups.

-Across all species combined, leaf vs stem and leaf vs root scaling exponents decreased from c. 1.00 for small plants to c. 0.60 for the largest trees considered. Evergreens had substantially higher leaf mass fractions (LMFs) than deciduous species, whereas graminoids maintained higher root mass fractions (RMFs) than eudicotyledonous herbs.

-These patterns do not support the hypothesis of fixed allometric exponents. Rather, continuous shifts in allometric exponents with plant size during ontogeny and evolution are the norm. Across seed plants, variation in biomass distribution among species is related more to function than phylogeny. We propose that the higher LMF of evergreens at least partly compensates for their relatively low leaf area : leaf mass ratio.

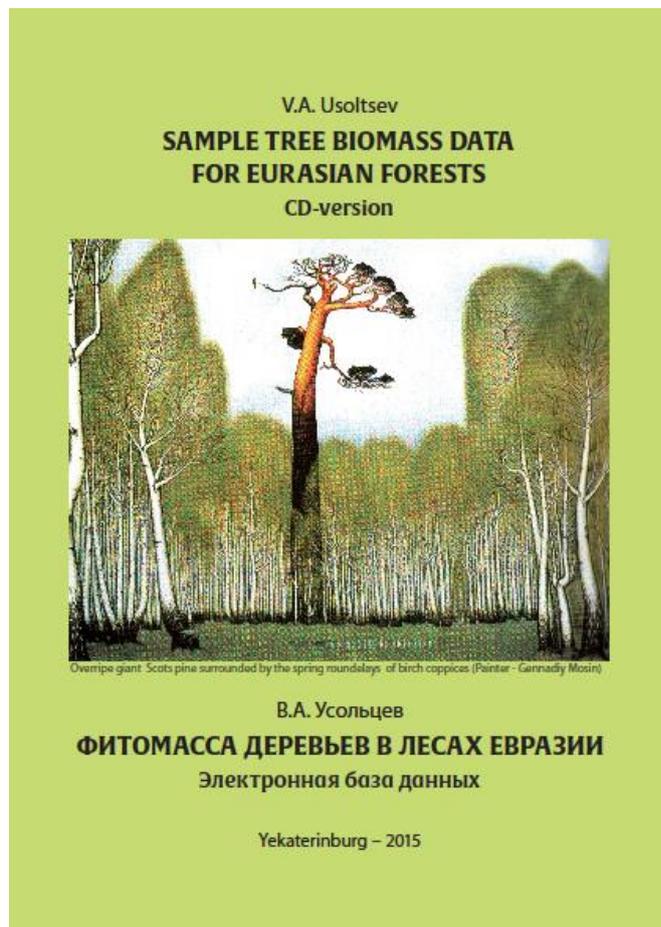


(1) Usoltsev V.A., Chasovskikh V.P., Bergman I.E., Subbotin K.S., Noritsina Yu.V. Fitomassa Alberi Gradiente di Inquinamento dalle Fonderie negli Urali. 1. *Picea obovata* L. e *Abies sibirica* L. // *Italian Science Review*. 2015. No. 1(22). P. 193-196 (Available: <http://www.ias-journal.org/archive/2015/january/Usoltsev.pdf>). Indexed in Google Scholar.

(2) Usoltsev V.A., Chasovskikh V.P., Bornikov A.V., Zhanabaeva A.S., Subbotin K.S., Noritsina Yu.V. Fitomassa Alberi Gradiente di Inquinamento dalle Fonderie negli Urali. 2. *Pinus sylvestris* L. e *Betula alba* L. // *Italian Science Review*. 2015. No. 1(22). P. 197-201 (<http://www.ias-journal.org/archive/2015/january/Usoltsev2.pdf>).

(3) Usoltsev V.A., Noritsina Yu. V., Noritsin D.V., Chasovskikh V.P. Modelli di regressione e tavoli per la stima della biomassa di struttura ad albero per il telerilevamento di pinete dell'Eurasia (Regression models and tables for estimating the tree biomass structure in remote sensing of Scots pine forests in Eurasia) // *Italian Science Review*. 2016. No. 1 (34). P. 126-129. Indexed in Google Scholar (<http://www.ias-journal.org/archive/2016/january/Usoltsev.pdf>).

НОВЫЕ КНИГИ, ИЗДАННЫЕ КАФЕДРОЙ МЕНЕДЖМЕНТА И УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ИНСТИТУТА ЭКОНОМИКИ И УПРАВЛЕНИЯ УГЛТУ

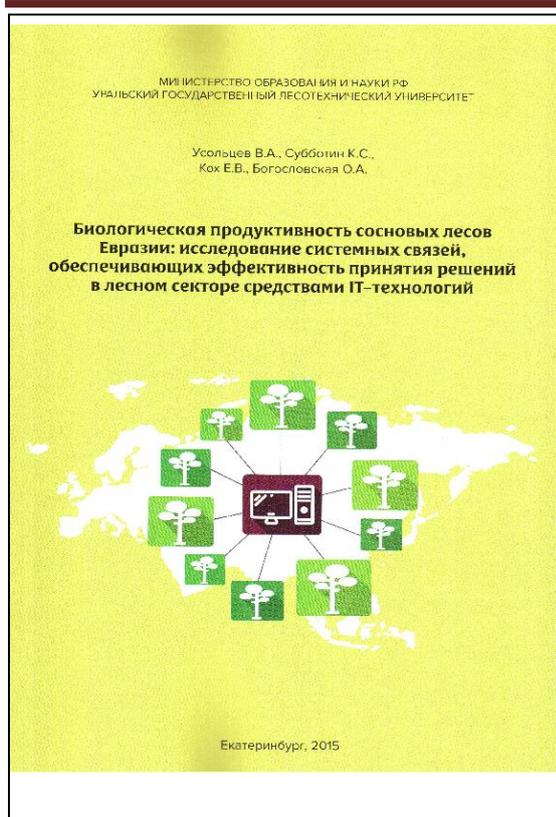


(1) Usoltsev V.A. Sample tree biomass data for Eurasian forests. CD-version in English and Russian. Yekaterinburg: Ural State Forest Engineering University. 2015. ISBN 978-5-94984-521-9 (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/4931>).

A biomass data set of about 7000 model trees (more 70 % for Russia) for basic Eurasian forestforming species obtained on sample plots was firstly compiled. Regression method, i.e. calculating regression dependencies of tree biomass on stem diameter, carried out by all thickness gradations in the forest stand, is currently generally accepted, and serve as the basis for determining the forest biomass per unit area. This is especially true for prevailing mixed forests in the forested lands, as estimating their biomass using "areal" database (Usoltsev, 2010, 2013) can result in significant biases. Even multifactor tree biomass equations calculated for a large and fairly representative original data sets for different regions do not qualify for global use due to discrepancies based on the data originating from different natural areas. The database is presented in English and Russian, it covers the territory of 22 states of Eurasia and consists of three sheets involving "Intro", "Database" and "References".

Усольцев В.А. Фитомасса деревьев в лесах Евразии. Электронное издание на английском и русском языках. Екатеринбург: Уральский государственный лесотехнический университет, 2015. ISBN 978-5-94984-521-9 (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/4931>).

Впервые сформирована сводка данных о фитомассе около 7000 модельных деревьев (из них более 70 % приходится на Россию) основных лесобразующих древесных пород Евразии, полученных на лесных пробных площадях. Регрессионный метод – расчет регрессионных зависимостей фитомассы от диаметра ствола деревьев, взятых по всем ступеням толщины в древостое - в настоящее время является общепринятым, и на их основе определяется фитомасса насаждений на единице площади. Это особенно актуально для преобладающих в лесном фонде смешанных насаждений, определение фитомассы которых по «площадной» базе данных (Усольцев, 2010, 2013) может дать существенные смещения. Даже многофакторные модели подеревной фитомассы, рассчитанные по большим и достаточно репрезентативным исходным сводкам данных для разных регионов, не могут претендовать на всеобщее применение из-за расхождений, обусловленных принадлежностью данных к разным природным зонам. Сформированная база данных представлена на английском и русском языках, охватывает территорию 22 стран Евразии и состоит из трех страниц: «Введение», «База данных» и «Литературные источники».

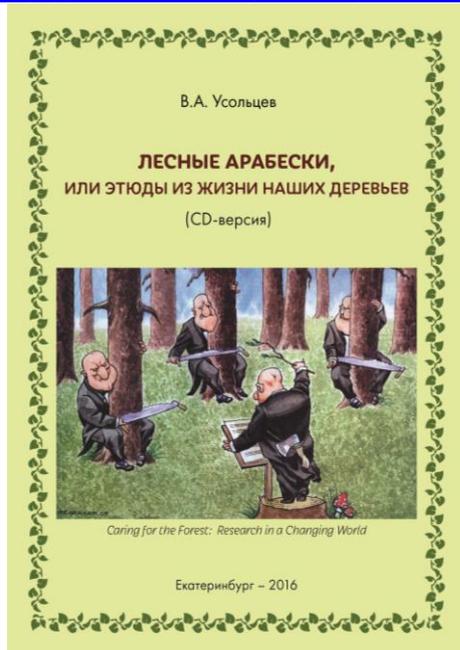


(2) Усольцев В.А., Субботин К.С., Кох Е.В., Богословская О.А. Биологическая продуктивность сосновых лесов Евразии: Исследование системных связей, обеспечивающих эффективность принятия решений в лесном секторе средствами IT-технологий. Екатеринбург: Уральский государственный лесотехнический университет, 2015. 157 с. ISBN 978-5-94984-544-8.

Впервые изучена структура фитомассы и первичной продукции сосен Евразии на уровнях дерева и насаждения и выполнен её анализ по трансконтинентальным градиентам на территории от Западной Европы до юга Китая. Разработаны таблицы хода роста сосновых насаждений по первичной продукции (депонированию углерода) для региона Урала. Результаты работы могут быть полезны при оценке углерододепонирующей и кислородопродуцирующей функций сосновых лесов Евразии. Модели и алгоритмы моно-

графии образуют основу компьютерной информационной системы для принятия решений в лесном секторе экономики, существенно повышающих эффективность менеджмента хозяйствующих субъектов. Для специалистов в области разработки и управления лесным кадастром, разработки систем лесного мониторинга и экологических программ региона, для аспирантов и студентов направлений подготовки 09.06.01, 15.04.02, 35.04.02, 35.06.02, 35.06.04, 38.04.02, 38.06.01.

(3) Усольцев В.А. Лесные арабески, или Этюды из жизни наших деревьев. CD-версия. Изд. 3-е, дополненное. 2016. 185 с. ISBN 978-5-94984-558-5. (<http://elar.usfeu.ru/handle/123456789/5510>).



Электронное издание является дополненной и модифицированной CD-версией ранее опубликованной автором на русском языке монографии «Лесные арабески, или Этюды из жизни наших деревьев. Екатеринбург: УГЛТУ, 2014. 161 с.». В настоящей CD-версии в популярной форме изложены некоторые отличительные биологические и экологические особенности наших лесных деревьев. Внимание уделено основным древесным породам – лиственнице, сосне, ели, пихте, кедру, березе, осине, дубу, липе, ольхе и иве, наиболее представленным в лесном фонде России.

Книга предназначена для специалистов-лесоведов, а также для студентов, аспирантов и всех любителей живой природы.

Usoltsev V.A. Forest Arabesques, or Sketches of Our Trees' Life. The 3rd edition, modified. 2016. 185 p.

The monograph describes some distinctive biological and ecological features of our forest trees in layman's terms (in a popular form). It gives consideration to all the tree species such as larch, pine, spruce, fir, cedar, birch, aspen, oak, linden, willow; that are mostly represented in the Russian forests.

The book is intended for professionals as forest scientists, botanists, students and graduate students and for wildlife enthusiasts.

Я полагаю, что отзыв профессора архитектуры А.А. Барабанова на Ваши "Лесные арабески" надо опубликовать в журнале «Эко-потенциал»: и мнение хорошее и правильное, и информация по архитектурной части очень к месту в нашем журнале.

Д.Б.н. Б.Ф. Чадов.

Рецензия

Барабанов Александр Алексеевич

Кандидат архитектуры, член Союза архитекторов России, вице-президент Международной Ассоциации Семиотики Пространства, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации, г. Екатеринбург.



Ваша книга (3-е издание «Лесных арабесок») очень вдохновляет, ибо идеалы Природы, Архитектуры и Человека создают гармоническое равновесие и красоту окружающей нас предметно-пространственной среды. Опыт исследования семиотической стороны архитектурной формы на протяжении всего развития человечества показывает, что только те из архитекторов добивались настоящего успеха (а их архитектура – действительно заслуженного мирового признания), которые рассматривали архитектуру как высочайшее искусство, а не ремесло. И благодарная история сохранила нам их имена и даже их творения. Вот лишь некоторые из них: архитектор Имхотеп – автор погребального ансамбля фараона Джосера со знаменитой ступенчатой пирамидой, построенной в Древнем Египте еще в XXVIII веке до нашей эры; архитектор Хемиун – автор знаменитой пирамиды Хеопса в Гизе, построенной в XXV веке до нашей эры, которую древние греки относили к одному из семи чудес света; архитекторы Иктин, Калликрат, Мнесикл, которые под руководством Фидия – величайшего архитектора и скульптора Древней Греции – построили основные здания, в том числе и знаменитый Парфенон в Афинском акрополе в V веке до нашей эры; русские архитекторы Кирилл, Еремей и Федор, построившие в XIV–XV веках удивительный архитектурный ансамбль в Псковском кремле – Дом Святой Троицы; итальянские архитекторы, художники и скульпторы эпохи Возрождения: Донато Браманте, Рафаэль Санти и Мике-

ланджело Буонаротти, строившие Собор Святого Петра в Риме в XVI веке, а также знаменитый Андреа Палладио, виллы и храмы которого до сих пор являются своеобразным идеалом высокого вкуса и оригинальности; гениальный французский архитектор XVIII века Клод-Николя Леду, построивший Королевские Солеварни идеального города Шо (ныне Арк-и-Сенан), знаменитые барьеры-пропилеи Парижа, множество других жилых и общественных зданий во Франции и серьезно повлиявший на развитие не только русской архитектуры в XIX веке, но и на развитие всей мировой архитектуры; архитекторы XX века – американец Франк Ллойд Райт и немец Мис Ван дер Роэ, француз Ле Корбюзье и русские братья Веснины, Иван Леонидов и Констрантин Мельников, японец Кензо Танге и финн Алвар Аалто; архитекторы XX-XXI веков - бразилец Оскар Нимейер и англичанин Ричард Роджерс, англичанин Норман Фостер и итальянец Ренцо Пиано. Это лишь те немногие мастера «говорящей» архитектуры, рассматривавшие ее как высочайшее искусство смыслообразования и смысловыражения, когда архитектура своей поэзией форм, через знаки, образы и символы говорит нам о борьбе добра со злом, о бесконечности макрокосма и микрокосма, о необходимости гармонии и равновесия, пусть даже динамического, между Природой, Архитектурой и Человеком, где Красота является главной целью и главным мерилом успеха творческого замысла.

Когда-нибудь освобожусь от архитектуры и книг, издательством которых занимаюсь, и напишу о семиотике некоторых деревьев для вашего очень интересного и полезного журнала «Эко-Потенциал».



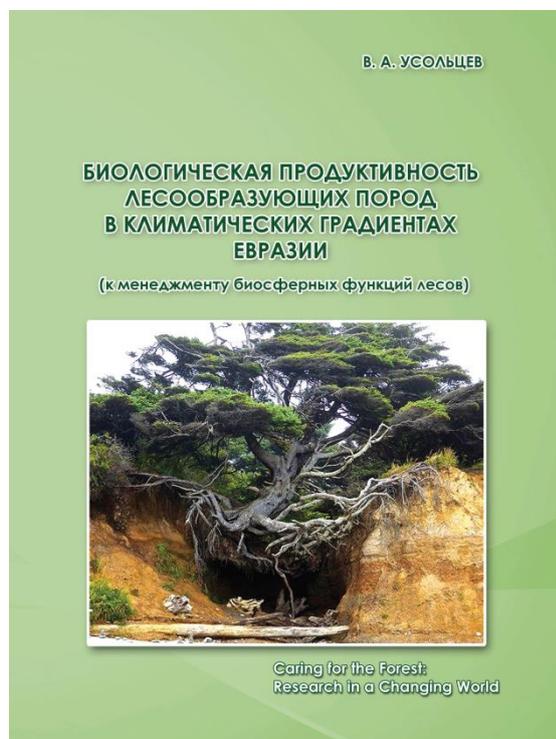
(4) Бутко Г.П., Поротников П.А., Кох Е.В., Богословская О.А., Корсунов П.П. (под ред. профессора Часовских В.П.). Управление конкурентоспособностью предприятий лесопромышленного комплекса на основе системы маркетинговых средств. Екатеринбург: Уральский государственный лесотехнический университет, 2016. 178 с. ISBN 978-5-94984-546-2. (<http://management-usfeu.ru/Uploads/Publikazii/Butko36.pdf>)

Впервые проведены исследования управления конкурентоспособностью предприятий лесного сектора экономики на основе системы маркетинга с учетом инновационного развития и предложений по их адаптации в условиях рыночных требований. Полученные результаты позволили предложить методы и средства повышения конкурентных преимуществ предприятий лесного сектора

экономики на основе маркетинговых средств и IT-технологий.

Для специалистов в области системного анализа и управления в лесном секторе экономики, аспирантов и студентов направлений подготовки 09.06.01, 15.04.02, 35.04.02, 35.06.02, 35.06.04, 38.04.02, 38.06.01.

(5) Усольцев В.А. Биологическая продуктивность лесообразующих пород в климатических градиентах Евразии (к менеджменту биосферных функций лесов). Екатеринбург: Уральский государственный лесотехнический университет, 2016. 384 с. ISBN 978-5-94984-562-2.



Предпринята первая попытка аналитически описать климатически обусловленные тренды четырёх показателей биологической продуктивности лесов: фитомассы насаждений, чистой первичной продукции (ЧПП), характеризующей интенсивность продукционного процесса, удельной чистой первичной продукции (УдЧПП) как отношения ЧПП к фитомассе, представляющей удельную скорость продукционного процесса, и продуктивности ассимиляционного аппарата (ПАА), определяемой величиной ЧПП, приходящейся на единицу массы хвои (листвы). На статистически значимом уровне выведены климатически обусловленные тренды названных показателей в пределах Евразии отдельно по каждому из тех древесных родов, которые максимально представлены на её территории как в широтном, так и в долготном направлениях. Использована сформированная автором база фактических данных фитомассы и ЧПП в

количестве 8033 определений на лесных пробных площадях (Usoltsev, 2013). Из хвойных это - подрод 2-хвойных сосен (*Pinus*, или *Diploxylon*), *Picea* Dietr. (ель), *Abies* Mill. (пихта), *Larix* Mill. (лиственница), подрод 5-хвойных (кедровых) сосен, или кедров (*Haploxylon*), из лиственных - *Betula* L. (берёза), *Populus* L. (осина и тополя) и *Quercus* L. (дуб). Для лесных экологов и менеджеров биосферных функций лесов.

Usoltsev V.A. Biological productivity of forest-forming species in Eurasia's climatic gradients (as related to supporting decision-making processes in forest management). Yekaterinburg: Ural State Forest Engineering University, 2016. 384 p.

First attempt to analytically describe climatically induced trends of four indices of biological productivity: phytomass, net primary production (NPP), describing the intensity of the production process, specific net primary production (SNPP) as a relationship of the NPP to phytomass, representing specific speed of the production process, and production efficiency (ПАА), as determined by the value of the NPP per unit mass of needles (foliage). Climatically induced trends of the mentioned indices within Eurasia separately for each of six wood genera, which are represented on its territory as in the latitudinal and longitudinal directions, are revealed on the statistically significant level. The biomass and NPP database formed by the author in a number of 8033 definitions on forest plots (Usoltsev, 2013) is used. From coniferous these are: 2-needled pines (*Pinus* or *Diploxylon*), *Picea* Dietr., *Abies* Mill., *Larix* Mill., 5-needled pines (*Haploxylon*), from deciduous: *Betula* L., *Populus* L. and *Quercus* L. The book is intended for forest ecologists and decision-making persons in the management of biosphere functions of forests.



Ответственный за выпуск доктор с.-х. наук, профессор В.А. Усольцев
Компьютерная верстка и общий дизайн В.А. Усольцева
Дизайн обложки Ю.В. Норициной

ФГБОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет»
Институт экономики и управления
620100, Екатеринбург, Сибирский тракт, 37. Тел. +7(343) 254-61-59
Отпечатано с готового текста в типографии ООО «Издательство УМЦ УПИ»
620049, Екатеринбург, ул. Мира, 17, офис 134.
Подписано в печать 27.06.2016. Формат 60×84 1/8. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 13,9. Тираж 100 экз. Заказ № 5617.
