

Российская академия наук  
Федеральная целевая программа «Интеграция»

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тульский государственный университет»

Учебно-научный центр рационального природопользования  
в Тульской области

Вестник  
Тульского государственного  
университета

Серия

**ЭКОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

*Под общей редакцией д-ра техн. наук, проф. В.М. Панарина*

Тула  
Издательство ТулГУ  
2021

УДК 502.1: 316.4.051.2  
ББК 20.1  
В25

**Вестник ТулГУ. Серия «Экология и безопасность жизнедеятельности»/ под общей ред. д-ра техн. наук, проф. В.М. Панарина. Тула: Изд-во ТулГУ, 2021. 382 с.**

ISBN 978-5-7679-4978-6

Рассмотрены общие и специальные вопросы применения безопасных технологий охраны и защиты окружающей среды, проблемы геоэкологии, инженерной экологии, экологии человека, математического моделирования динамики природных процессов. Предложены способы повышения эффективности технологий очистки атмосферных выбросов и стоков, надежности энергетических и санитарных систем, разработки природных ресурсов. Приведены результаты расчётов загрязнений атмосферы и гидросферы, использования и переработки отходов, обсуждены аспекты загрязнения и восстановления почв и иные вопросы естественнонаучного направления.

Сборник предназначен для педагогических, инженерно-технических и научных сотрудников, студентов, магистрантов и аспирантов, занимающихся вопросами экологии и безопасности жизнедеятельности.

*Редакционная коллегия*

В.М. Панарин, проф., д-р техн. наук, зав. кафедрой (отв. редактор); В.Д. Кухарь, проф., д-р техн. наук; В.П. Мешалкин, академик РАН, зав. кафедрой РХТУ им. Д.И. Менделеева, директор Международного института логистики; Филипп Наска, декан факультета Университета штата Нью-Йорк (SUNY) в г. Олбани (США); Иржи Клемеш, проф. института Паннония им. Марии Кюри (Венгрия); Веслав Гворыс, проф., д-р техн. наук, ректор Высшей школы гостиничного хозяйства и туризма в Ченстохове (Польша); А.Ф. Симанкин, проф., канд. техн. наук; А.В. Волков, доц., канд. техн. наук (отв. за выпуск).

УДК 502.1: 316.4.051.2  
ББК 20.1

ISBN 978-5-7679-4978-6

© Авторы научных статей, 2021  
© Издательство ТулГУ, 2021

## ЭКОЛОГИЧЕСКИ РАЦИОНАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 331.45

Л.В. Котлеревская, канд. техн. наук, доц., [lusyakotlerevskaya@mail.ru](mailto:lusyakotlerevskaya@mail.ru)  
(Россия, Тула, ТулГУ)

А.В. Гаврилина, магистрант, [gavr\\_1999@list.ru](mailto:gavr_1999@list.ru)  
(Россия, Тула, ТулГУ)

### О ФОРМИРОВАНИИ КУЛЬТУРЫ БЕЗОПАСНОСТИ В СОВРЕМЕННОМ ОБЩЕСТВЕ

*Рассмотрены проблема формирования культуры безопасности труда в историческом аспекте, а также существующие модели безопасности. Предложены пути обеспечения культуры безопасности труда в деятельности предприятия на современном этапе.*

*Ключевые слова: культура безопасности труда, управление безопасностью, модели культуры безопасности, кривая безопасности Брэдли, лестница безопасности Хадсона.*

Производственный процесс любой технологической сложности, организованный в той или иной отрасли промышленности, сфере услуг, управления и реализации продукции, тесно связан с риском для жизни и здоровья работников. Угрозу несчастных случаев на производстве нельзя полностью исключить ни на одном предприятии, организации или учреждении. Однако сотрудники в различной степени рискуют стать жертвой трагического происшествия на своем рабочем месте. Это зависит от вида трудовой деятельности, особенностей того или иного производства, а также от уровня подготовленности и защищенности рабочих мест в соответствии с требованиями охраны труда.

Статистика свидетельствует, что ежегодно в России происходят тысячи несчастных случаев на производстве (рис. 1). Только за 2020 год в России на производстве погибли 1 277 человек.

Наиболее распространенной причиной несчастных случаев на производстве является неудовлетворительная организация работ. При этом в основе 67,7% причин несчастных случаев лежит «человеческий фактор», который обусловлен низкой культурой безопасного труда, несоблюдением и игнорированием элементарных норм и правил. Разрешение сложившейся ситуации возможно посредством формирования опережающей модернизированной модели управления охраной труда [1].



Рис.1. Статистика несчастных случаев на производстве

На сегодняшний день очевидно, что простое разделение режима и условий труда на безопасные и опасные не позволяет далеко продвинуться в предотвращении несчастных случаев. Преимущество должно быть отдано системному подходу. Осознание того, что люди, поставленные ими производственные задачи, оборудование и окружающая среда представляют собой динамическую систему, позволяет создать значительно более эффективную технику безопасности.

В этой связи одним из новых подходов в управлении безопасностью является понятие *культуры безопасного труда*.

Понятие «культура безопасности» возникло в 1986 году. Авторами термина, в его полном функциональном значении, стали эксперты Международной консультативной группы по ядерной безопасности Международного агентства по атомной энергетике (МАГАТЭ) в «Итоговом докладе о совещании по рассмотрению причин и последствий аварии в Чернобыле *INSAG-1*».

Полное описание термина появилось в докладе *INSAG-4*. Предложено следующее определение: «Культура безопасности – это такой набор характеристик и особенностей деятельности организаций и поведения отдельных лиц, который устанавливает, что проблемам безопасности, как обладающим высшим приоритетом, уделяется внимание, определяемое их значимостью» [2].

Эксперты МАГАТЭ выделили ряд универсальных черт культуры безопасности:

- личное осознание важности безопасности;
- знания и компетентность, обеспечиваемые через подготовку и инструкции для персонала, а также его самоподготовку;
- приверженность, требующую демонстрации высокого приоритета безопасности на уровне старших руководителей и признания общих целей безопасности отдельными лицами;
- мотивацию посредством методов руководства, постановки целей и создания системы поощрений и наказаний, формирования внутренней позиции отдельных лиц;
- надзор, включающий практику ревизий и экспертиз, и готовность реагировать на критическую позицию отдельных лиц;
- ответственность через формальное установление и описание должностных обязанностей и понимание их отдельными лицами.

Анализ указанных характеристик позволяет сделать ряд заключений о содержании понятия «культура безопасности». Во-первых, само наличие этого явления на предприятии – это не личное внезапное решение руководителя. Формирование необходимого уровня культуры безопасности – процесс долгосрочный, требующий планирования, стратегии, несмотря на то, что в развитии этого направления принимают участие более абстрактные понятия, которые необходимо воплотить в жизнь. Во-вторых, для внедрения и развития культуры безопасности необходимо создание конкретных моделей поведения работника на его рабочем месте. Только в этом случае работник сможет получить требуемые ориентиры [2].

Всё глубже осознаётся тот факт, что необходимость развития культуры безопасности станет понятна лишь в случае, когда человеку понятен уровень культуры безопасности.

В 1995 году президент «Дюпон» Эд Вулард сформировал исследовательскую команду по улучшению показателей безопасности на предприятиях компании. Исследование обнаружило прямую зависимость между уровнем культуры безопасности и показателями травматизма. Для визуального изображения этой зависимости команда представила график, который назвала «Кривая безопасности Брэдли» [4].

Эта графическая модель показывала, что в условиях улучшения и роста культуры безопасности, одновременно уменьшалось общее количество инцидентов, травм, происшествий на предприятии. Показатели безопасности при

прохождении компанией пороговых рубежей зрелости культуры безопасности улучшаются непрерывно (рис.2).



*Рис. 2. Кривая безопасности Брэдли*

По нашему мнению, хронология развития культуры безопасности будет соответствовать именно такому алгоритму; миновать какой-либо промежуточный уровень невозможно, так как каждый предыдущий уровень становится «фундаментом» для уровней последующих.

Суть кривой безопасности Брэдли сводится к следующему: чем больше совместных усилий приложено для обеспечения безопасных условий труда, обучения персонала, изменения мышления каждого сотрудника компании, тем меньше вероятность возникновения инцидентов и получения травм. Соответственно, повышение уровня безопасности труда возможно только лишь в случае, если персонал начнет беречь свой труд не только под влиянием инстинктов сохранения жизни и здоровья, а также под надзором работодателя, но и проявляя личную активность и навыки командной работы.

«Кривая безопасности Брэдли» – не единственная модель, отражающая качество культуры безопасности. Ввиду своей прогрессирующей актуальности, этот вопрос был рассмотрен и другими экспертами. В 2000 году профессор Патрик Хадсон представил свою модель – восходящую лестницу безопасности (рис.3). Модель Хадсона наглядно показывает этапы эволюционного развития культуры отношения к безопасности и управлению безопасностью: от низкого уровня культуры к уровню созидательному – на верхней ступени лестницы [4].

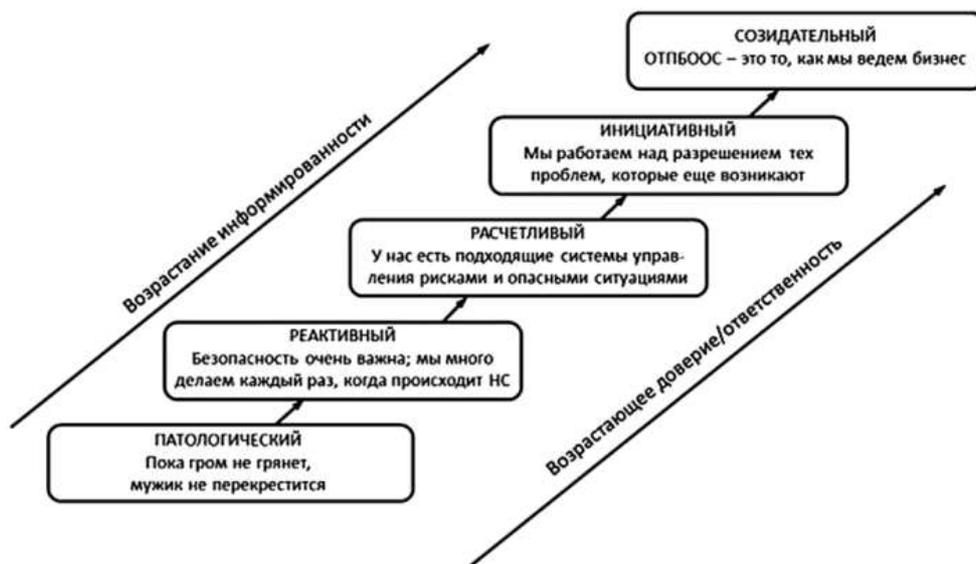


Рис. 3. Лестница безопасности Хадсона

Анализируя модель развития культуры безопасности на любом предприятии, необходимо понимать, что целью, всё же, является практическое тестирование и дальнейшее внедрение рассмотренных идей и методов, то есть модель должна обеспечить формирование такого коллективного мышления, которое позволит перейти с уровня приемлемости травматизма на уровень безусловной приверженности идее работы без несчастных случаев и аварий. В большинстве случаев основной ошибкой руководства является отсутствие планирования процесса формирования или внедрения выбранной модели культуры безопасности [5, 6].

Таким образом, формирование культуры безопасности является одним из важнейших направлений в области снижения производственного травматизма. Но для того, чтобы такая работа имела успех, необходимо уделить большое внимание осознанию необходимости развития указанного направления деятельности и активного внедрения его в производственный процесс.

### Библиографический список

1. Прыгунов П.В. Культура безопасности – приоритет производственной деятельности// Гражданская защита, 2014. № 18.1. С. 36-38.
2. Доклад Международной консультативной группы по ядерной безопасности: 75-INSAG-4 «КУЛЬТУРА БЕЗОПАСНОСТИ». Вена: МАГАТЭ, 1991 . 156 с.
3. Кривая безопасности Брэдли. *DuPont*, 1995.
4. Захаров П., Пересыпкин С. Культура безопасности труда: человеческий фактор в ракурсе международных практик/ Интеллектуальная литература. СПб.: ХВ, 2011. 240 с.
5. Воробьев Ю.Л., Пучков В.А., Дурнев Р.А. Основы формирования культуры безопасности жизнедеятельности населения/ под общ. ред. Ю.Л. Воробьева. Москва, 2006.
6. Фалеев М.И. Культура безопасности: необходимость и пути формирования// Гражданская защита, 2010. № 8. С. 13-15.

УДК 331.45

Н.С. Шарендо, магистрант, [natshpiz@gmail.com](mailto:natshpiz@gmail.com)

(Россия, Тула, ТулГУ)

Л.В. Котлеревская, канд. техн. наук, доц., [lusyakotlerevskaya@mail.ru](mailto:lusyakotlerevskaya@mail.ru)

(Россия, Тула, ТулГУ)

## МЕТОДОЛОГИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ОЦЕНКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ

*Выполнен анализ системы управления профессиональными рисками. Рассмотрены источники возникновения профессиональных рисков, важность и значимость их оценки, система документации, сопровождающая процедуру оценки профессиональных рисков, методы управления профессиональными рисками, а также комплекс мероприятий, проведение которых существенно снижает или исключает профессиональный риск.*

*Ключевые слова: профессиональный риск, оценка профессиональных рисков, система управления профессиональными рисками, система управления охрана труда.*

Под профессиональным риском понимают вероятность причинения вреда здоровью в результате воздействия вредных и/или опасных производственных факторов при исполнении работником обязанностей по трудовому договору или в иных случаях.

Работодатель обязан обеспечить информирование работников о риске повреждения здоровья. Каждый работник имеет право на получение актуальной и достоверной информации об условиях и охране труда на его рабочем месте, о существующих профессиональных рисках и их уровнях [1].

Процедура управления профессиональными рисками является неотъемлемой частью системы управления охраны труда.

С целью организации процедуры управления профессиональными рисками у работодателя должен быть установлен порядок реализации следующих мероприятий по управлению профессиональными рисками:

- а) выявление опасностей;
- б) оценка уровней профессиональных рисков;
- в) снижение уровней профессиональных рисков.

Работодатель обязан обеспечить систематическое выявление опасностей и профессиональных рисков, их регулярный анализ и оценку; разработку мер, направленных на обеспечение безопасных условий и охраны труда; оценку уровня профессиональных рисков перед вводом в эксплуатацию вновь созданных рабочих мест [2].

Оценка рисков позволяет снизить риск возникновения несчастных случаев и профзаболеваний на конкретном рабочем месте и выявить, какие меры по обеспечению безопасности условий труда являются первоочередными. Проведение оценки профессиональных рисков помогает повысить мо-

тивацию работников соблюдать требования охраны труда, социальную защищенность работников и квалификацию персонала, а также обеспечить экологическую безопасность производства.

Нормативными документами определены локальные нормативные акты, которые должны быть разработаны в рамках оценки профессиональных рисков и подлежащие проверке:

1. Перечень (реестр) опасностей.
2. Документ (раздел Положения о СУОТ работодателя), описывающий используемый метод (методы) оценки уровня риска.
3. Документ, подтверждающий проведение оценки уровней рисков, с указанием установленных уровней по каждому риску.
4. Документ, содержащий перечень мер по исключению, снижению или контролю уровней рисков.

Первым этапом оценки профессиональных рисков является разработка и введение в действие положения, в котором указаны:

- алгоритм проведения оценки профессиональных рисков;
- термины и определения;
- область применения;
- цели процедуры;
- выбранный метод расчета и порядок его проведения;
- разграничение обязанностей ответственных лиц, которые занимаются процедурой;
- образцы документов.

При внеплановых проверках и расследованиях несчастных случаев инспекторы Государственной инспекции труда будут оценивать эффективность внедренной в организации системы управления охраной труда, в том числе и процедуру управления рисками.

Оценку рисков может проводить специалист по охране труда или служба охраны труда, но эффективнее создать комиссию из трех-семи человек. Состав комиссии определяют в зависимости от количества работников и сферы деятельности организации. В состав комиссии может входить главный инженер, ответственный за пожарную безопасность, ответственный за электрохозяйство, начальники структурных подразделений, представители профсоюзной организации и ряд других категорий работников, правомочных решать вопросы охраны труда. Обязательно участие работников в процессе идентификации опасностей.

Члены комиссии не обязаны иметь специальную подготовку, но должны знать, как выявлять опасности и оценивать риски. Обучить сотрудников проводить оценку рисков можно самостоятельно либо с привлечением сторонних организаций.

Процедура оценки рисков включает несколько этапов:

- сбор исходных данных;

- идентификация опасностей;
- оценка уровней профессиональных рисков;
- разработка мер управления профессиональными рисками.

При сборе исходных данных во внимание принимаются:

- нормативно-правовые акты;
- локальные документы по охране труда, которые относятся к определенному рабочему процессу;
- результаты специальной оценки условий труда, которая уже определила наличие вредных условий и класс условий труда;
- техническая документация;
- информационные данные о сырье и материалах, которые используются в технологическом процессе;
- применяемый инструмент;
- информация о несчастных случаях, профзаболеваниях, жалобах работников; если ведется учет микротравм, данную информацию также необходимо запросить у руководителей структурных подразделений.
- жалобы персонала на ненадлежащие условия труда;
- предложения по улучшению условий труда;
- предписания специалиста по охране труда;
- предписания надзорных органов о выявленных нарушениях на рабочих местах, сроках их устранения и фактическое выполнение.

Следующий шаг – идентификация опасностей. *Идентификация опасностей* в процессе производственной деятельности – это процесс обнаружения, выявления и распознавания опасных и вредных производственных факторов и установления их количественных, временных, пространственных и других характеристик, необходимых и достаточных для разработки профилактических мероприятий (предупреждающих и корректирующих действий), обеспечивающих безопасность труда.

В процессе идентификации составляется номенклатура опасностей и вредностей рабочей среды и трудового процесса; проводится ранжирование негативных факторов; выявляются вероятность, частота и условия их проявления; причины, локализация, возможный ущерб здоровью людей и окружающей среде и иные параметры, необходимые для выработки защитных мер.

Для идентификации опасных и вредных производственных факторов применяют следующие методы: «Что будет, если...?», проверочный лист, анализ опасности и работоспособности, анализ вида и последствий отказов, анализ «дерева отказов», анализ «дерева событий» и другие.

Источниками информации для выявления опасностей и вредностей являются:

- нормативные правовые акты, нормативно-технические документы, справочная и научная техническая литература, локальные нормативные акты;
- протоколы, акты, справки и другие документы органов государственного контроля (надзора);
- результаты производственного контроля за соблюдением требований санитарно-эпидемиологических требований, промышленной и экологической безопасности;
- результаты специальной оценки условий труда (СУОТ);
- результаты санитарно-эпидемиологической оценки выпускаемой продукции;
- предписания специалистов по охране труда, представления уполномоченных лиц по охране труда, предложения комитета (комиссии) по охране труда;
- результаты наблюдения за технологическим процессом, производственной средой, рабочими местами, работой подрядных организаций, внешними факторами (дорогами, организацией питания, климатическими условиями и др.);
- результаты анализа анкет, бланков, опросных листов и пр.;
- опыт практической деятельности;
- результаты многоступенчатого контроля за условиями и охраной труда.

Следующий этап – это оценка уровней рисков выявленных опасностей. Риск определяют как сочетание вероятности причинения ущерба и тяжести ущерба.

Оценку уровней рисков проводят для их ранжирования и определения приоритетности мер по снижению уровней наиболее высоких рисков, мер контроля менее значимых рисков, а также методов оценки принятых мер и их эффективности. Оценке подлежат не только существующие риски, но и возможные риски – при вводе в эксплуатацию новых зданий, оборудования, внедрении новых процессов и рабочих мест.

Методы оценки уровня профессиональных рисков работодатель определяет с учётом характера своей деятельности и сложности выполняемых операций. Допускают использование разных методов оценки уровня профессиональных рисков для разных процессов и операций [3].

Практика свидетельствует о том, что самым простым и наглядным является матричный метод. Он основан на расчете вероятности возникновения опасных ситуаций и уровне тяжести последствий для безопасности и здоровья сотрудника (таблица).

Текущему уровню риска присваивается количественное значение, например, С12; в дальнейшем он может быть снижен до С6 (после выполнения снижающих уровень мероприятий).

*Матрица оценки профессиональных рисков*

		Тяжесть				
		Незначительная	Низкая	Средняя	Высокая	Экстремальная
Вероятность	Экстремальная	C5	C10	B16	B20	B25
	Высокая	H4	C8	C12	B16	B20
	Средняя	H3	C6	C9	C12	B16
	Низкая	H2	H4	C6	C8	C10
	Незначительная	H1	H2	H3	H4	C5

*Тяжесть возможных последствий* (см. табл., строки) выбирается из 5 возможных:

1. Незначительная – незначительные микротравмы или случаи ухудшения здоровья, не оказывающие влияние на производительность труда и жизнедеятельность.

2. Низкая – травмы или обратимое ухудшение здоровья с потерей трудоспособности до 15 дней.

3. Средняя – тяжелая травма или ухудшение здоровья с потерей трудоспособности более 15 дней, включая необратимый ущерб для здоровья.

4. Высокая – от 1 до 3 случаев постоянной полной нетрудоспособности или несчастных случаев с летальным исходом.

5. Экстремальная – более чем 3 летальных исхода в результате травмирования или профессионального заболевания.

*Вероятности проявления последствий* опасного события (см. табл., столбцы) также ранжируется по 5 категориям:

1. Незначительная – «почти невозможно»; может случиться только в экстремальных обстоятельствах.

2. Низкая – «скорее всего не произойдет»; маловероятно, что событие произойдет.

3. Средняя – «можно предположить»; возможность события оценивается как «50 / 50».

4. Высокая – «возможно»; событие может произойти, и это не будет неожиданностью.

5. Экстремальная – «обязательно произойдет»; несомненно, что в обозримом будущем данное событие наступит [4].

Следующим этапом процедуры оценки выступает *расчёт уровня риска*, который определяется как произведение тяжести и вероятности последствий конкретного опасного события в соответствии с матрицей, после чего все результаты заносятся в личные карты оценки профессиональных рисков работников.

По окончании составления всех карт формируется перечень мер по исключению, снижению или контролю уровней рисков.

Этот документ должен содержать следующие сведения:

1. Информацию об опасности, которая была выявлена.
2. Мероприятие по снижению уровня риска.
3. Периодичность проведения мероприятия.
4. Ответственное лицо.

Мероприятия для снижения профессиональных рисков различаются, в зависимости от их текущих уровней. В качестве примера можно привести следующие:

- капитальный ремонт кровли здания;
- пересмотр должностных инструкций и технологических процессов для исключения опасных работ;
- введение дополнительных или более совершенных СИЗ;
- модернизация оборудования или замена его на более безопасные аналоги;
- регулярные медицинские осмотры работников и так далее.

Заключительным этапом оценки рисков является оформление *реестра опасностей* и проведение корректировки. По результатам оценки рисков составляют их перечень, в зависимости от уровня каждого риска.

Для снижения рисков целесообразно устранить или уменьшить факторы опасности, что возможно посредством реализации следующих мероприятий:

- исключение опасных или вредных работ, процедур, процессов, сырья, материалов, оборудования;
- замена опасных или вредных работ, процедур, процессов, сырья, материалов, оборудования;
- внедрение технических методов ограничения риска воздействия опасностей на работников;
- внедрение административных методов ограничения риска воздействия опасностей на работников;
- обеспечение работников СИЗ.

Далее формируется план по контролю и управлению рисками. Управлению подлежат все оценённые риски вне зависимости от их уровня. После снижения уровней рисков проводят *повторную оценку рисков*.

По результатам повторной оценки устанавливают уровень рисков, а также разрабатывают меры контроля их уровней для того, чтобы риски оставались на допустимом или приемлемом для работодателя уровне.

Оценка профессиональных рисков выполняют независимо от *специальной оценки условий труда (СОУТ)*. Работодатель вправе использовать результаты СОУТ, чтобы идентифицировать опасности на рабочем месте, но это

не обязательно. Можно использовать любую информацию в организации, которая поможет идентифицировать опасности [3].

Работодатель обязан обеспечить создание и функционирование системы управления охраной труда (СУОТ). Для СУОТ необходимо провести оценку профессиональных рисков и закрепить порядок этой оценки в локальном положении о СУОТ. Если в организации такой документ отсутствует и оценку профессиональных рисков не проводили, то организация может быть привлечена к административной ответственности с наложением штрафа [5].

### **Библиографический список**

1. Трудовой кодекс РФ от 30.12.2001. № 197-ФЗ. Ред. от 22.11.2021.
2. ГОСТ Р 12.0.007-2009. Система управления охраной труда в организации.
3. Приказ Минтруда России от 19.08.2016 № 438н «Об утверждении Типового положения о системе управления охраной труда».
4. Тимофеева С.С. Методы и технологии оценки производственных рисков. Практикум. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2014.
5. Кодекс РФ об административных правонарушениях» от 30.12.2001. № 195-ФЗ. Ред. от 01.07.2021 (с изм. от 09.11.2021).

УДК 628.33

Л.В. Котлеревская, канд. техн. наук, доц., [lusyakotlerevskaya@mail.ru](mailto:lusyakotlerevskaya@mail.ru)  
(Россия, Тула, ТулГУ)

В.И. Афанасьева, магистрант, [prosto4723@gmail.com](mailto:prosto4723@gmail.com)  
(Россия, Тула, ТулГУ)

## **СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД**

*Рассмотрены традиционные и современные технологии очистки производственных сточных вод от твердых частиц, оборудование для очистки, приведен сравнительный анализ указанных технологий*

*Ключевые слова: сточные воды, механическая очистка, нанофильтрация, фотокаатализация.*

Сточные воды – это пресные воды, изменившие свои свойства после использования в производственных или бытовых условиях, а также стекающие воды, которые образуются из-за атмосферных осадков и полива улиц.

Очистка сточной воды от загрязнений, как правило, проводится в несколько стадий. Перед биологической, химической, физической и физико-химической очисткой сточных вод необходима их механическая обработка.

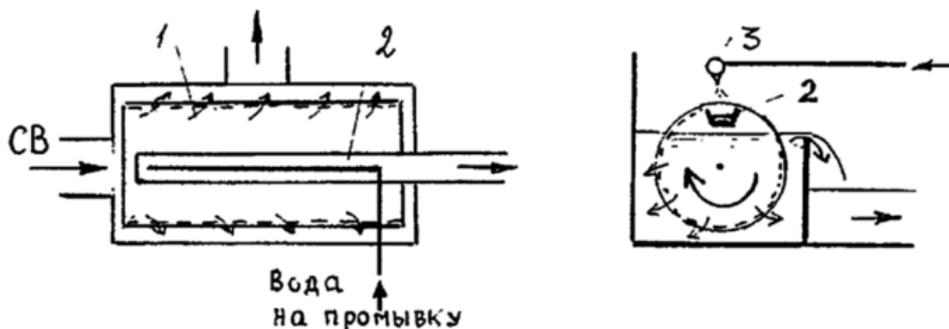
Общим принципом последовательности применения очистных сооружений является удаление из сточной воды загрязнений по уменьшению их крупности.

*Механическая очистка* применяется для выделения нерастворенных примесей минерального и органического происхождения на решетках, песколовках, ситах, в отстойниках, гидроциклонах и фильтрах путем фильтрации через слои зернистого материала (песок, антрацит, керамзит, горелые породы, полистирол и т.д.) для более полной очистки сточных вод. Фильтры задерживают до 90-95 % взвеси и снижают около 20 % загрязнений по БПК<sub>20</sub>.

Основными методами механической очистки вод являются [1]:

1. Процеживание; используют сита или решетки, которые улавливают крупные частицы в сточных водах. Сначала вода проходит через сетку, которая задерживает крупные вещества и волокнистые соединения, затем проходит через всё более мелкое сито, а на выходе из системы чаще всего устанавливают т.н. микропроцеживатели, которые улавливают микроскопические включения.

Примером, реализующим технологию процеживания, являются *барабанные сетки*. Речь идёт о конструкции, имеющие барабан, обтянутый металлической или капроновой сеткой с размерами ячеек 0,3×0,3 мм или 0,8×0,8 мм. Сетка помещается в камере, причем 4/5 барабана погружена в воду (рис. 1). Барабан медленно вращается, вода подводится внутрь барабана, обычно с торца, и фильтруется через сетку. Загрязнения задерживаются на внутренней стороне сетки и отмываются от нее, когда соответствующие участки барабана находятся в верхней части (вне воды) с помощью специальных насадок с соплами, через которые подается отмывочная вода. Загрязнённая отмывочная вода отводится по лотку.

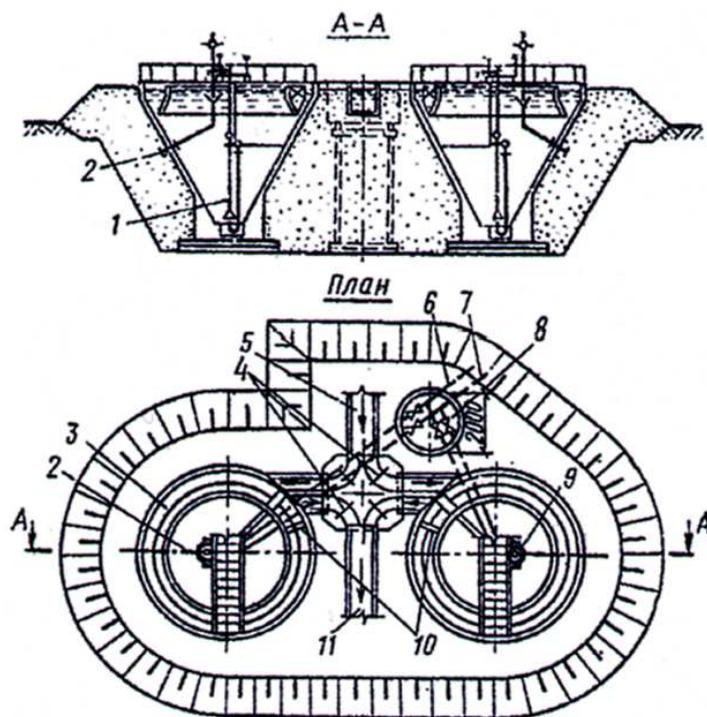


**Рис.1. Барабанная сетка: 1 – барабан; 2 – лоток для отведения промывной воды; 3 – насадка с промывным соплом.**

2. Отстаивание; используются специальные жироловки, песколовки, маслоуловители, нефтеловушки, смолоуловители, сгустители, шлакоотстойники, циклоны, гидроциклоны и прочие приспособления для выделения

взвешенных частиц различной плотности. Метод чаще всего используется в системах замкнутого типа водоснабжения.

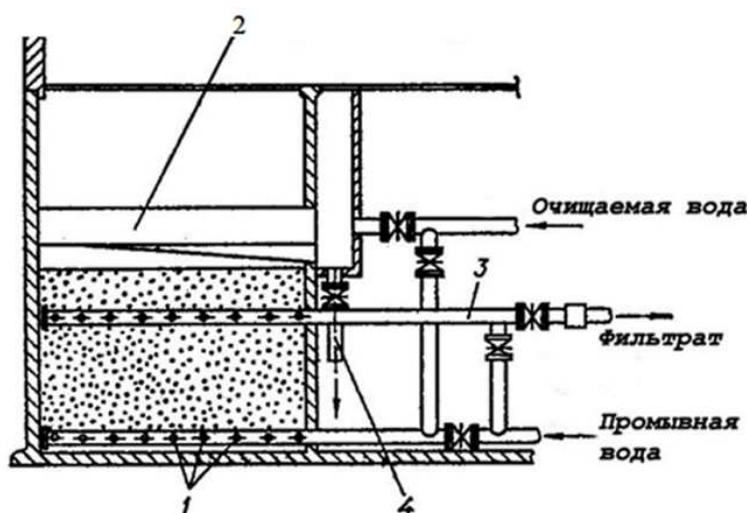
Примером оборудования для отстаивания являются песколовки с круговым движением воды. На рис. 2 показаны песколовки этого типа, оборудованные гидроэлеваторами для удаления песка [1].



**Рис. 2. Песколовки с круговым движением воды пропускной способностью 1400-6400 м<sup>3</sup>/сутки: 1 – гидроэлеватор; 2 – трубопровод для отвода всплывающих примесей; 3 – желоб; 4 – поверхностные затворы с ручным приводом; 5 – подводящий лоток; 6 – пульпопровод; 7 – трубопровод рабочей жидкости; 8 – камера переключения; 9 – устройство для сбора всплывающей примеси; 10 – полупогруженные щиты (при очистке нефтесодержащих сточных вод); 11 – отводящий лоток**

3. Фильтрация; метод, где очистка осуществляется с помощью специальных пористых перегородок, которые пропускают воду и задерживают диспергированную фазу. Процесс протекает под воздействием гидростатического давления столба жидкости, более высокого давления над перегородкой или же под воздействием вакуума под перегородкой. Выбор той или иной перегородки для фильтрации делается исходя из свойств стоков, их температуры, особенностей фильтра и давления.

Например, в основу двухпоточных скорых фильтров АКХ положен принцип двухстороннего фильтрования воды с отводом фильтрата трубчатой дренажной системой, расположенной в толще фильтрующего слоя. Фильтрование основной массы осветляемой воды происходит снизу вверх – сначала через слой крупного, а затем через всё более мелкого песка, что обеспечивает повышение грязеемкости и производительности фильтра при сокращении расхода воды на промывку. В нижней части такого фильтра располагают трубчатую распределительную систему. Над ней помещают гравийные поддерживающие слои, на которые укладывают слой песка. Часть воды из отстойника подают в сборный карман фильтра, откуда она поступает по желобам на верхнюю часть загрузки. Основная масса воды через распределительную систему поступает в нижнюю часть фильтрующего слоя. Очищенную воду собирают и далее отводят в коллектор дренажными трубами, расположенными на 500-600 мм ниже поверхности песка. Промывную воду собирают и отводят в сборный канал и трубопровод сточной воды желобами (рис. 3). Фильтр загружают отмытым кварцевым песком крупностью 0,5-1,6 мм или другим зернистым материалом. Расчетная скорость фильтрования для фильтров АКХ, составляющая 10-12 при нормальном и 12-15 м/ч при форсированном режимах, представляет собой сумму скоростей потоков воды через нижний и верхний слои зернистой загрузки.



**Рис. 3. Схема устройства фильтра АКХ: 1 – нижний дренаж; 2 – желоб; 3 – дренаж внутри загрузки; 4 – трубопровод**

- В общем случае, процесс фильтрации можно свести к трем этапам:
1. Вынос загрязнителей на поверхность стоков.
  2. Закрепление частиц на поверхности.
  3. Удаление загрязняющего слоя с поверхности жидкости.

Различают два способа задерживания загрязняющих частиц:

- фильтрация происходит непосредственно через осадок загрязнений, который образовывается на поверхности фильтрующей загрузки;
- фильтрация без использования осадка загрязнителей.

В первом случае задерживаются те частицы, которые имеют достаточно большой размер (больше пор материала), и впоследствии они сами становятся фильтрующим слоем, способным улавливать более мелкие частицы. Но работают фильтры с такой системой достаточно медленно.

Второй случай характеризуется очищением стоков в загрузочном слое. При этом загрязнители, под действие адгезионных сил, задерживаются на поверхности фильтрационной загрузки. Чаще всего, этот способ используют в быстрых фильтрах.

Качество очистки стоков с помощью фильтрования зависит от напряженности магнитного поля, вязкости стоков и скорости их движения, размещения силовых полей по отношению к направлению потока жидкости. В процессе фильтрации эмульгированных веществ сквозь зернистый слой очень важным фактором является первоначальный характер поверхности. Например, если поверхность гидрофобная, то загрязняющие частицы прилипают лучше, чем, если она гидрофильная (поскольку на поверхности такой загрузки есть гидратная оболочка, и процесс прилипания возможен только в тех местах, где целостность оболочки нарушена).

Описанные технологии являются традиционными и не всегда позволяют обеспечить должное качество очистки. Решить эту проблему возможно с помощью применения новейших технологий очистки [2-4], к числу которых, прежде всего, относят *наночистку*. Указанная технология может использоваться перед механической очисткой, совместно с ней или быть неким завершающим этапом. Её главный плюс – универсальность, поскольку с помощью технологии из воды удаляются органические примеси, хлор, окрашивающие пигменты и другие компоненты, причем без применения реагентов. Эта технология очистки воды получила развитие в таких странах, как Нидерланды, Франция, США. Но, несмотря на универсальность и эффективность, наночистка требует дополнительных затрат: воду перед наночисткой необходимо несколько раз очистить. Для этого используют фильтры, коагуляция, в ряде случаев – обратный осмос или ультрафильтрационные установки. Множество циклов предварительной очистки перед наночисткой приводит к тому, что эта технология сегодня является самой дорогой. Поэтому массового применения она пока не находит и используется, как правило, только для получения специальной воды – с особо жесткими требованиями по качеству.

Установка наночистки воды, используемая в очистных сооружениях, является довольно сложной системой, основные конструктивные элементы которой представлены *селективной мембраной* и *наночисткой*, который

предназначен для подачи воды в корпус фильтра. Основная задача насоса заключается в поддержании необходимого для данного процесса давления в системе. Он должен отличаться высокоточной работой, что необходимо для поддержания определенного уровня давления в системе и осуществления нанофильтрации. В том случае, если уровень давления будет недостаточным, или, наоборот, избыточным возникает риск повреждения мембраны.

Насос установки для нанофильтрации воды представляет собой соединительное устройство между водопроводом и корпусом фильтра. В водопровод данный насос монтируют посредством специальных патрубков, при этом следует особое внимание уделить герметичности соединения, поскольку именно негерметичность может послужить причиной отклонения необходимого уровня давления в корпусе установки для нанофильтрации воды.

Корпус установки является прочным чехлом, внутри которого размещена селективная мембрана для нанофильтрации. Как правило, для того, чтобы изготовить корпус установки, используют довольно прочный пластик, также можно использовать и альтернативные варианты. Материал, из которого изготовлен корпус установки для нанофильтрации, непременно должен отличаться устойчивостью к повышенным температурам, поскольку данное свойство обеспечивает возможность использования установки для нанофильтрации в системе горячего водоснабжения.

*Селективная мембрана* представляет собой тонкую композитную пленку, состоящая из двух слоев. Первый слой мембраны является тонким слоем сплошного материала, который принимает участие в активированной диффузии. Вторым слоем мембраны, который ещё называют подложкой, является более грубым пористым материалом, служащим для укрепления первого слоя мембраны.

При использовании установки для нанофильтрации воды необходимо строго соблюдать правила эксплуатации оборудования. Мембрана является основным элементом установки, она чувствительна к любому воздействию внешней среды. К примеру, при перепадах давления в системе происходят механические повреждения мембраны, в результате чего мембрана теряет селективность, и установка может потерять свою эффективность. Также на мембрану для нанофильтрации воздействуют некоторые химические элементы, такие как хлор, который разъедает её тонкий слой, в результате чего приходится менять мембрану, потерявшую свои свойства.

Второй по степени распространения современной технологией очистки воды считается *фотокатализация*. Суть её заключается в том, чтобы вывести загрязнения из поверхностных источников воды без многоступенчатой начальной фильтрации. У названной технологии есть неоспоримые плюсы, в т.ч. эффективность очистки воды, долгий срок службы. Другое преимущество обусловлено следующими обстоятельствами: внутри прибора воду очищают с помощью одной или нескольких капиллярных мембран. Места, где грязь и

примеси могли бы застаиваться, оседать на мембранах, в приборе отсутствуют. Поэтому загрязнение мембран происходит медленно, а именно мембраны – самые дорогостоящие и наиболее часто выходящие из строя детали фильтров.

Но есть у данной технологии очистки воды и свои недостатки. Образцы установок пока не запущены в серийное производство и потому стоят дорого. Кроме того, для их работы необходим непрерывный поток воды, причем текущей с определенной, довольно высокой, скоростью. Если естественным путем создать такой поток невозможно, приходится использовать для подкачки насосы. Это может быть сопряжено со значительными затратами. Традиционно, такие установки находят применение на небольших очистительных станциях.

Таким образом, очистка бытовых и промышленных сточных вод требует квалифицированного подхода, применения специального оборудования и реагентов. В ряде случаев это – весьма сложная процедура, предполагающая использование специальных установок и агрегатов, а также строгое соблюдение технологий. Только в этом случае очищенные и обеззараженные стоки не будут представлять опасности для здоровья человека и окружающей среды. При этом качественная очистка воды требует комплексного подхода, который заключается не только в выборе одного или нескольких подходящих методов, но и в грамотной эксплуатации и обслуживании оборудования.

### **Библиографический список**

1. Очистка сточных вод промышленных предприятий: учеб.-метод. пособие/ сост. Т.И. Халтурина. Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2014.
2. Журкин Н.Н. Алибеков С.Я. Усовершенствование механической очистки сточных вод// Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия «Лес. Экология. Природопользование». Самара: ПГТУ, 2013. №1 (17). С. 34-38.
3. <https://biokit.ru/video-instructions/nanofiltratsiya-vody>.
4. <https://biokit.ru/video-instructions/tekhnologiya-ochistki-vody>.

## ЭКОЛОГИЯ В ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОМ РАЗВИТИИ

УДК 316.4.051.2: 316.4.06

А.В. Волков, канд. техн. наук, доц., [wolkow.av@mail.ru](mailto:wolkow.av@mail.ru)  
(Россия, Тула, ТулГУ)

### НЕКОТОРЫЕ КЛЮЧЕВЫЕ КОНЦЕПТЫ И ИДЕИ МЕТОДОЛОГИИ ИССЛЕДОВАНИЙ СОВРЕМЕННОГО ЭТАПА СОЦИАЛЬНОЙ ДИНАМИКИ

*Рассмотрены ключевые концепты первой половины XX века и современные идеи, выступающие научно-практической базой исследований пространственно-временной динамики социальных процессов в условиях изменения характеристик окружающей среды, включая исследования динамики эпидемии SARS-CoV-2 (COVID-19) в ареале Восточной Европы.*

*Ключевые слова: солнечно-земные связи, солнечная активность, периодичность эпидемий, социальное поле, динамика групп, детерминация поведения, окружающая среда, ситуации и кризисы развития, социальное проектирование, обратные задачи естествознания, статистические методы обработки динамических рядов, спектральный анализ.*

#### **Концепция солнечно-земных связей А.Л. Чижевского**

В условиях умножения эффектов глобального кризиса, быстрого истощения конвенциональных – мирных – методов разрешения глобальных и региональных проблем [1], становление теории обеспечения национальных интересов всё чаще учитывает законы и закономерности взаимодействия человека с окружающей средой. Согласно представлениям академика В.П. Алексеева, ключевую идею исследований, рассматривающих *риски* глобального и регионального развития, выражает модель «человек (общество) –

культура – окружающая природная среда». «Эта схема, – отмечает В.П. Алексеев в работе «Некоторые аспекты палеоэкологических исследований» (1991), – включает три компонента: человека, понимая под ним, естественно, не единичную личность, а совокупность людей, культуру во всех её формах, природную среду (социальная среда включается в культуру) и все возможные связи между ними» [2, с. 93]. В свою очередь, данная модель развивает представления об автоколебательных системах, совершающих незатухающие колебания за счёт источника ресурсов, в общем случае, не обладающего явными колебательными свойствами.

В первой трети XXI века анализ проблем развития всё чаще связывают с процессами, протекающими не только в биосфере Земли, но и в Космосе, в частности, на Солнце. основополагающий вклад в формирование концептуального ядра теории солнечно-земных связей внёс А.Л. Чижевский (1897 – 1964). По утверждению биографа учёного – В.Н. Ягодинского, научная, литературная, художественная деятельность Александра Леонидовича даёт основание характеризовать его «как Леонардо да Винчи двадцатого века» [3].

В частности, в 1939 году на Второй конференции по биологическим ритмам А.Л. Чижевский выступил с докладом «Космическая биология и ритмы внешней среды» (Утрехт, Нидерланды) в котором утверждал, что Космос представляет собой источник бесконечного количества сигналов, поступающих к человеку. В случае, если бы все эти сигналы воспринимались сознанием человека, его жизнь предельно сократилась, поскольку сразу после начала жизни наступило бы катастрофическое переутомление организма. Но «некоторые весьма смутные, расплывчатые и тёмные наши ощущения, а также и физические приборы» свидетельствуют, что окружающий человека мир преисполнен различного рода сигналов. *Не доходя до сознания, они могут явиться причиной ряда ощущений, склонить организм к болезни или к выздоровлению, способствовать или мешать творческой работе, то есть формируют среду обитания человека.* Поэтому одним из приложений теории солнечно-земных связей является изучение пагубных влияний среды на человека, включая его симбионтов, а также облегчение доступа к человеку влияний полезных, благотворных. Большинство явлений в биологическом мире подчинены одиннадцатилетнему циклу «и имеют место приблизительно через сутки, или немногим более, после прохождения возмущенного места через центральный меридиан Солнца» [3].

Помимо обострения ряда заболеваний человека, колебаний рождаемости и смертности, *периодичности эпидемий*, преступлений и несчастных случаев, процессов размножения и миграции животных, А.Л. Чижевский увязывал с ходом активности Солнца вариации показателей глобального и регионального климата, общего содержания в атмосфере озона, характеристик магнитосферы, величин ультрафиолетовой и прямой солнечной радиации,

температуры воды и воздуха, частоты ураганов, смерчей, землетрясений и иных природных явлений.

Так, по мнению учёного, со временем «эпидемиология пойдёт рука об руку с астрономией и метеорологией». Обоснованию этой идеи посвящены его специальные работы и четвёртая глава книги «Земля в объятиях Солнца» [4]. Согласно оценкам А.Л. Чижевского, *от начала эпидемии до ближайшего максимума* солнечной активности в XVII веке проходило около 2 лет, в XVIII веке – около 2,1 года, в XIX веке – около 2,8 лет, меняясь в пределах от 1 до 5 лет. Ближайший максимум солнечной активности специалистами допускается в районе 2024 года. Поэтому локализация *острой фазы* пандемии COVID-19 в интервале 2020-2021 годов, по-видимому, не противоречит данной закономерности.

«В то время, как в годы минимального напряжения в деятельности Солнца мы встречаем небольшие и пространственно изолированные эпидемии..., – пояснял свою мысль учёный, – в годы *резких подъёмов* солнечной деятельности гриппозные пандемии стихийно охватывают огромные территории и уносят наибольшее число жертв. <Кроме того>, ...резкие отклонения от обычной нормы социально-экономических условий должны неминуемо усилить или даже вызвать ту или иную эпидемию. Это положение встречает подтверждение на каждом шагу. <...> Вероятнее всего, все... социальные и природные факторы объединены в один комплекс, влияние которого и выражается в прихотливом ходе кривой <эпидемического процесса>» [4, с. 264-266].

В целом, концепция А.Л. Чижевского сводилась к утверждению цикличности земных процессов и их зависимости от ритмов космоса. Конечная цель исследований – прогноз природных процессов, существенных для анализа тенденций изменения физического и психического здоровья населения, геополитической и экономической позиции государства [3, с. 78].

При этом космист *неоднократно подчёркивал*, что «Солнце не решает ни общественных, ни экономических вопросов, но в биологическую жизнь планеты оно, безусловно, вмешивается очень активно» [4, 5].

Например, в работе «Земля в объятиях Солнца» А.Л. Чижевский писал: «Эти две отправные точки зрения – «социально-психологическая» и «социально-космическая» – не противоречат, а, наоборот, дополняют одна другую. В первом случае общество представляется как обращённое вовнутрь, к составляющим его индивидам, во втором – как обращённое вовне, к силам окружающего его мира. <...> Всякое разграничение этих процессов... в наши дни звучит как анахронизм. Оно противоречит всем принципам современного естествознания, утверждающего, что все без исключения мировые процессы находятся в теснейшей физической зависимости один от другого, лишь зависимость эту не всегда удаётся легко обнаружить. <...> Отсюда мы логически приходим к тому заключению, обоснованию которого посвящена наша тео-

рия, а именно: важнейшие исторические события, совершающиеся при участии больших человеческих масс, протекают одновременно с какими-то явлениями в окружающем мире и ход исторических событий во времени находится в той или иной связи с ходом этих явлений окружающей среды. <...> Научиться учитывать эти располагающие причины – значит приобрести то мощное орудие предвидения, которого тщетно искала мудрость государственных людей, начиная с предысторических времён» [4, с. 846-850].

Ныне важное «значение имеет адекватная оценка научности идеи А.Л. Чижевского о периодичности исторических процессов и её корреляции с циклами солнечной активности. Вклад учёного в разработку концептуальных основ современной гелиобиологии подчёркивается специалистами Института высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН, Института космических исследований и аэронавтики имени Ю.Г. Шафера СО РАН, Национального научно-практического центра здоровья детей Министерства здравоохранения РФ, Саратовского государственного медицинского университета имени В.И. Разумовского. По мнению специалистов, выяснение взаимосвязей в процессах воздействия физических и химических факторов на живые организмы является фундаментальной научной проблемой. Самочувствие и здоровье человека зависят от вариаций параметров внешней среды и явлений, обусловленных солнечной активностью – факторов «космической погоды» [6].

По мнению профессора Белорусского государственного университета П.С. Карако, «современные эмпирические проверки истинности суждений А.Л. Чижевского о факторах детерминации социальной динамики позволяют сделать вывод о их научной состоятельности. Его идеи воспроизводятся в работах специалистов разного научного профиля... В настоящее время идеи русского космиста включаются в систему *междисциплинарных* исследований, являются основой для становления новых направлений научного знания» [7].

Стоит заметить, что сам профессор А.Л. Чижевский критически оценивал результаты проведённых исследований: «я, отнюдь, не претендую на безусловную достоверность и... категоричность всех этих соображений. Поэтому, если с некоторыми положениями... <моей теории> можно не согласиться, это только показывает, что всякой истине предшествует время исканий, опытов, несогласий, спора. Будем же сомневаться, но искать, сомневаться, но не отрицать. Голое отрицание всегда бесплодно. Сомневаться в чём-либо лучше, чем отвергать, ибо сомнения ведут к открытиям. <...> Мы не переоцениваем результатов наших работ и смотрим на свой труд как на первый скромный почин. Мы сочли бы себя удовлетворёнными, если этот почин вызовет более глубокие и совершенные исследования» [4, с. 871-872].

Много веков назад этого принципа придерживался и Аристотель: «Справедливо питать благодарность не только к тем, чьи мнения мы можем

разделить, но и к тем, кто высказался более поверхностно: ведь и они привнесли кое-что, подготовив своим предварительным упражнением нашу способность к познанию» [8, с. 40]. «...У каждого начала <познания...>, будет больше незнания, чем знания: ведь каждое начало познает что-то одно, многое же, а именно всё остальное, остается неизвестным ему» [9, с. 390].

### **Концепция «социального поля» К. Левина**

Курт Цадек Левин (1890 – 1947) входит в первую десятку выдающихся психологов прошлого столетия и специалистами признаётся «возможно, самым оригинальным мыслителем XX века». Он внёс фундаментальный вклад в развитие психологического знания, «во многом определив сами пути, которыми оно развивалось, и формы, которые оно принимало». Основополагающее влияние его идеи оказали на развитие социальной психологии и ряда других направлений знания. В 1930-е годы, в условиях эмиграции в США, изучал поведение групп и трудился над формализацией своей теории; ушёл из жизни в 1947 году. Ныне труды учёного выступают методологической базой исследований в области психологии, социологии и ряда смежных наук, поскольку им предложен «такой способ психологического мышления, который ещё далеко не полностью освоен современной психологией и до сих пор не исчерпал своих эвристических возможностей» [10].

Учёный родился в польском городе Могильно, окончил Берлинский университет, в августе 1933 года эмигрировал в США. В Соединённых Штатах К. Левин возглавил Исследовательский центр групповой динамики Массачусетского технологического института, выступил одним из инициаторов создания научного журнала «Человеческие отношения» (*Human Relations*; 1947).



*Курт Цадек Левин (Kurt Zadek Lewin)*

По мнению К. Левина, основным инструментом анализа групповой жизни служит «представление группы и её ситуаций <развития> как «*социального поля*». Это означает, что социальное событие рассматривается как происходящее в (и являющееся результатом) совокупности сосуществующих социальных объектов, таких как группы, подгруппы, <их> члены». «То, что происходит в таком поле, – подчёркивал учёный, – зависит от распределения сил по всему полю. Предсказание <поведения группы> предполагает способность определить мощность и направление результирующих сил для различных точек поля. Согласно общей теории поля, решение проблемы групповой жизни должно всегда основываться на аналитической процедуре этого типа. <...> Однако определённые аспекты социальных проблем можно решить с помощью другого аналитического средства, называемого «*фазовое пространство*». Фазовое пространство – это система координат, каждая из которых соответствует разным величинам интенсивности одной “характеристики” <группы>». Количественные зависимости между параметрами поля или реализуемого в нём единичного события могут быть представлены в виде графиков или уравнений [11, с. 226].

Важным аспектом теории представляется интерпретация психологического поля как *механизма детерминации социального поведения*, а следовательно, и социально-исторического развития. В частности, автор пишет: «Понятие психологического поля как детерминанта поведения подразумевает, что всё, что оказывает воздействие на поведение в *данное время*, должно быть представлено в поле, существующем в это время, и что могут влиять на поведение только те факты, которые являются частями нынешнего поля... Чтобы избежать ненужных допущений, можно представлять психологическое поле научно с помощью взаимосвязи его частей на математическом языке, не спрашивая, “что стоит за” этим полем. Такое математическое представление психологического поля и уравнения, выражающего психологические законы, – это всё, что нужно знать для предсказания поведения» [11, с. 226]. Безусловно, нам известны и другие взгляды на проблему формального описания социального развития, однако, по ряду причин, позиция Курта Левина представляется предпочтительной.

Таким образом, теория социального (психологического) поля Курта Левина может быть определена как «метод анализа причинных связей и построения научных конструкторов» [11, с. 66]. В её основу положено утверждение, согласно которому «любое событие есть продукт множества факторов. Признание необходимости удовлетворительного представления этого множества взаимозависимых факторов – это шаг в направлении к теории поля» [11, с. 65].

Теорию психологического поля отличает внимание к динамическим аспектам событий, приоритетность анализа *ситуации в целом*, разграничение локальных и общеисторических аспектов развития, опыт *математического*

представления поля [11, с. 81]. Автор уточняет, что термин «динамический» в данном случае относится к понятию *dynamis* (сила), к толкованию изменений как результата совокупного действия психологических сил [11, с. 82].

В 1940-х годах учёный приходит к заключению, что «множество аспектов социальной жизни можно рассматривать как *квазистационарные процессы*. Их можно считать состояниями квазистационарного равновесия в... смысле <соответствия> констелляции сил, структуру которых можно чётко определить. Эти силы нужно выявить и нужно будет количественно измерить». Научная трактовка сил предполагает использование *аналитических приёмов*, которые адекватны природе социальных процессов и которые *технически приспособлены* для того, чтобы служить мостом к математической обработке результатов наблюдений [11, с. 259].

«Констелляция сил, которая удерживает групповую жизнь на определённом квазистационарном уровне..., – развивает свой концепт К. Левин, – может поддерживать этот уровень <долгое время>, несмотря на помехи. В таких случаях вполне может быть *возможным измерение* относительно небольших изменений сил, определяющих это квазистационарное равновесие даже в тех ситуациях, в которых нерегулярные помехи сравнительно велики. Конечно, саморегуляция внутри группы, так же как и у человека, происходит только до определённой степени и в определённых пределах [11, с. 189].

Квазистационарное состояние группы характеризуется *равнодействующей* представленных сил:  $F = \Sigma f(L \pm n)$  (обозначения К. Левина). Примечательно заключение автора, согласно которому «квазистационарные процессы не являются абсолютно постоянными, но *демонстрируют флуктуации вокруг среднего уровня L*... Характер функции  $F$  определяет то, насколько сильно... социальный процесс флуктуирует в конкретном случае» [11, с. 230]. Представления о флуктуациях психологического поля К. Левин излагает в ряде своих публикаций. Однако, принципиально, *колебательный характер мышления и деятельности* человека в объектном окружении обсуждался Ж. Пиаже в работе «Генезис элементарных логических структур» [12], К.Л. фон Бергаланфи [13, 14] и другими исследователями. Поэтому классификационную принадлежность  $F$  мы понимаем следующим образом: речь идёт о наборе элементарных циклов, не обязательно представленных гармоническими функциями, отражающих колебательную природу социально-исторического развития. Данный инструментарий совершенствуется в рамках научного направления – *ритмодинамика*.

Обращает на себя внимание следующее заключение К. Левина: если результирующее силовое поле теряет структуру так называемого центрального поля (если  $\Sigma f(L \pm n) \neq 0$ ), социальный процесс теряет свой квазистационарный характер, т.е. вовлекается в нестационарный режим, сопрягаемый ныне с понятиями бифуркации, взрыва, кризиса и т.п. Этот режим завершается

формированием нового квазистационарного уровня  $L$ , для которого противодействующие силы вновь равны ( $\Sigma f(L \pm n) \approx 0$ ), либо – полным разрушением системы [11, с. 230].

Другой базовый конструкт теории психологического поля определяется так: всё, что имеет одинаковую концептуальную размерность, «можно выразить как скорость»; всё, что можно выразить как скорость, имеет одинаковую концептуальную размерность – единую суть [11, с. 58]. «Чтобы описать *направление и скорость изменения*, происходящего в данный момент, необходимо говорить об определённом периоде <интервале> событий. Теоретически, *временного дифференциала должно быть достаточно* для такого анализа» [11, с. 71].

По мнению Курта Левина, «психологическую среду нужно функционально рассматривать как часть одного интегрированного поля, жизненного пространства, другая часть которого – человек. Это – фундаментальный факт, лейтмотив подхода теории поля. В психологии он признаётся в различных формах всё больше и может быть просто выражен формулой: поведение (*behavior*) = функция человека (*person*) и среды (*environment*) = функция жизненного пространства (*life space*) ( $B = F\{P, E\} = F\{LSp\}$ ). Поэтому нестабильность психологической среды ведёт в некоторых отношениях к большей нестабильности человека» [11, с. 162].

«В этом уравнении человек ( $P$ ) и его среда ( $E$ ) должны рассматриваться как переменные, которые зависят друг от друга. Другими словами, чтобы *понять или предсказать поведение*, нужно рассматривать человека и среду как одну констелляцию взаимозависимых факторов. Мы называем совокупность этих факторов жизненным пространством (*life space*)... Задача объяснения поведения тогда становится тождественной (1) нахождению особого <способа> представления жизненного пространства ( $LSp$ ) и (2) определению функции ( $F$ ), которая связывает поведение с жизненным пространством. Эта функция ( $F$ ) – то, что обычно называется *законом*. <...> **Метод <установления закона> должен быть аналитическим**, так как нужно особо выделить различные факторы влияющие на поведение. В науке такие данные также должны быть... <рассмотрены> в рамках конкретной ситуации. Совокупность сосуществующих факторов, которые понимаются как взаимозависимые, называется *полем*». В форме постраничной ссылки автор дополняет: «Возможность рассматривать факторы, определяющие развитие, формально таким же образом, что и факторы, определяющие поведение, значительно упрощает психологическую теорию» [11, с. 264-265; 15].

На протяжении 1940-х годов К. Левин доказывает оппонентам, что в базовой модели поведения «состояние человека ( $P$ ) и состояние его среды ( $E$ ) не независимы друг от друга. <...> Другими словами,  $E = F(P)$ . Обратное тоже верно: состояние человека зависит от его среды,  $P = \hat{F}(E)$ . <...> Относительно влияния среды на развитие <социальных систем> существует единодушие

в том, что *среда может изменить интеллект*, хотя мнения различаются в отношении того, насколько сильно интеллект может быть изменён средой... Безусловно, мировоззрение, ценности и отношения растущего человека сильно зависят от культуры, в которой он воспитывается» [11, с. 263-264].

Курт Левин предупреждает своих последователей, что «сходство поведения не обязательно свидетельствует о сходстве лежащего в <его> основании состояния человека. То, что одно и то же состояние человека может проявляться в довольно различных симптомах..., справедливо для всех областей психологии. Это следует из основной формулы... Это делает необходимым разделение непосредственно наблюдаемых “симптомов” (*B*) и лежащего в основании “состояния человека” (*P*), которое с методологической точки зрения всегда занимает положение <ведущего> “конструкта”» [11, с. 117]. На языке современного естествознания эта идея формулируется так: решение обратных задач принципиально неоднозначно, а также неустойчиво и требует доказательства или, хотя бы, обоснования своего физического существования. Напомним, что обратной считается задача определения свойств источников изменений – их интенсивности или (как правило, не «и») пространственной локализации – по характеристикам зарегистрированного поля.

Учёный формулирует два условия, одновременно являющихся и *ограничениями*, позволяющих с той или иной физической достоверностью описывать динамику социального поведения средствами математики. Первое условие требует сохранения качественной неизменности, или *инвариантности*, системы на протяжении всего временного интервала, выступающего эмпирической базой прогноза поведения системы, но не всего срока её существования (достаточная для решения практических задач глубина прогноза и характерное время существования системы – принципиально разные понятия). Второе условие связано с привлечением в качестве аналитического инструмента стандартных математических функций (*F*), опосредующих связь между скоростью изменения параметров социальной системы ( $dx/dt$ ) и параметрами ситуации в данное время ( $S_i$ ), в общем случае, определяемой совокупностью взаимодействующих факторов социальной и иной природы. Привлекаемая математическая функция должна быть не только «удобна» с точки зрения формальной математической логики, но и иметь *глубокое содержательное* – философское, если угодно – обоснование. Последний тезис не всегда разделяется математическим сообществом и порождает некоторую зону конфликта. Действительно, в ходе решения обратных задач естествознания зачастую предъявляется целое множество математически корректных решений, хотя по физическим (сущностным) критериям право на «существование» получают лишь некоторые решения. Эта сложная процедура отбора физически значимых решений известна как «сужение множества корректности». Поэтому повторим: выбор вида функции *F* должен определяться и математическими (формально-логическими), и содержательными соображениями, или критериями [15].

На этом основании мы полагаем, что связь между скоростью изменения поля поведения и набором факторов средового окружения (трактуемого широко), т.е. факторов, определяющих генезис и свойства текущей ситуации  $S_t$ , может быть представлена функцией, суммирующей ряд элементарных ритмов. В свою очередь, моделью элементарного ритма может выступать как единичная гармоника, так и более сложная конструкция. Возможности и ограничения данного подхода нами рассмотрены. Требование необходимой «закрытости» изучаемой системы нами также, несомненно, учитывается, однако, последовательное изложение соответствующей аргументации требует иного формата изложения. Стоит лишь сказать, что зачастую математики отождествляют ситуацию так называемого «устойчивого развития» (1) и факт наличия в системе совокупности инвариантов, то есть некоторых системных компарментов, которые способны сохранять качественную определённость продолжительное время (2), что, однако, не исключает их иерархическое взаимодействие и индивидуальное изменение. Проще говоря, есть инварианты – есть «устойчивое развитие», а разрушение системы инвариантов делает развитие неустойчивым, т.е. объект начинает менять свои количественные и качественные характеристики. Следует подчеркнуть, что сохранение качественной определённости компарментов (а, следовательно, и формы их институционализации в обществе, и требований, предъявляемых к поведению элементов) не противоречит факту их взаимодействия, хотя характер (сила) подобного взаимодействия, несомненно, меняется на различных этапах функционирования (развития) социальной системы [15].

Обобщая свои рассуждения, Курт Левин пишет: «Эквивалентом  $dx/dt$  в физике является понятие «поведение» в психологии, если мы понимаем термин «поведение» как охватывающий любое изменение в психологическом поле. *Принцип современности* теории поля... в таком случае означает, что поведение (*behavior*)  $b$  во время  $t$  есть функция ситуации  $S$  только во время  $t$  (предполагается, что  $S$  включает как человека, так и его психологическую среду):  $b_t = F(S_t)$ , а не есть, кроме того, функция прошлой или будущей ситуаций:  $S_{(t-n)}$  или  $S_{(t+n)}$ . <...> С другой стороны, *возможно косвенно связать* поведение  $b$  либо с прошлой ситуацией  $S_{(t-n)}$ , либо с будущей ситуацией  $S_{(t+n)}$ ; но, опять-таки, это может быть сделано, только если эти ситуации являются закрытыми системами и если изменения в промежуточные периоды <времени> можно объяснить с помощью известных законов. Кажется, психологи всё больше сознают важность этой формулы» [11, с. 69].

Поступательно-возвратный, или ретроактивный (по сути, колебательный), механизм логического мышления, формирующийся в онтогенезе в интервале 2-12 лет, экспериментально установлен Ж. Пиаже и детально рассмотрен в фундаментальном труде «Генезис элементарных логических структур» [12; 16-18]. В частности, выделены не только этапы, но и условия

успешного формирования этого механизма. Нам аргументы автора представляются весьма убедительными. Находясь в том же смысловом поле, К. Левин подчёркивает, что «любой вид группового действия или индивидуального действия, включая даже действие психически больного, регулируется *повторяющимися причинными процессами* следующего типа: индивидуальное восприятие... связано с индивидуальным действием или групповым действием таким образом, что содержание восприятия или сбора данных зависит от способа, которым действие... <может изменить> ситуацию. Результат сбора данных, в свою очередь, влияет на действие или направляет его» [11, с. 224].

Комментируя свои графические построения, К. Левин полагает, что «нужно *ожидать спуски и подъёмы* в степени единства человека, в соответствии с чем дифференциация <жизненного пространства> имеет тенденцию время от времени уменьшать единство, а организация – восстанавливать или увеличивать единство на следующих, более высоких уровнях» [1, с. 131]. Таким образом, и в графической, и в текстовой частях своих публикаций Курт Левин неоднократно подступает к идее колебательных механизмов социально-исторического развития, которая разделяется ныне, пожалуй, большинством специалистов-историков. Принципиально важно и заключение автора о возрастании числа «иерархических слоёв» психологического поля в ходе социального развития [11, с. 131].

Наибольшим вкладом К. Левина в теорию развития является, на наш взгляд, концепция регрессии – неотъемлемой фазы поведения индивидов и групп. Регрессией учёный называет «переход к более примитивному поведению, независимо от того, действительно ли такое поведение имело место в жизненной истории индивида» (примитивному, по сравнению с предшествующими ей паттернами) [11, с. 114]. «Сама регрессия часто рассматривается как попытка индивида адаптироваться к... <стрессовой> ситуации. <...> Происходит переход от «дифференцированного и полного смысла паттерна <поведения> к более аморфному поведению». Сложный, иерархический порядок в поступке меняется на простую организацию или дезорганизацию: от абстрактного – к более конкретному типу мышления, от рассуждения – к научению, от гибкого – к стереотипному поведению» [11, с. 115]. Следовательно, если гипотеза, согласно которой психологическая регрессия сопряжена с кризисом поведения, верна, индикаторами кризиса выступают: реализация простых паттернов поведения, зачастую этнокультурного генезиса; преобладание рационального типа мышления и деградация навыков абстрактного мышления; снижение интереса к постижению сложного; потребность применять самые простые, в том числе неконвенциональные, инструменты мышления и деятельности.

По мнению психолога, «проблема регрессии, подобно проблеме развития, включает *исторический* аспект, который относится к <де-факто наблюда-

емой> последовательности стилей поведения в жизненной истории, и *системный* аспект, который относится к <конкретным> условиям изменения, происходящего в данное время. Оба вопроса являются абсолютно законными» [11, с. 113].

Важнейшим прикладным результатом исследований в области теории психологического поля *является прогноз и планирование поведения* социальных систем, разработка методов управления поведением, по сути, *методологии социального проектирования*. В работе «Определение “поля в данное время”» (1943) Курт Левин императивно утверждает: «Структура психологического будущего тесно связана... с надеждой и планированием» [11, с. 73; 15, 19].

«Человек должен планировать: структурировать временную перспективу таким образом, который соответствует как собственным идеальным целям или ценностям человека, так и тем реальностям, которые необходимо принимать во внимание для реалистичного структурирования уровня ожиданий. Эта задача характерна для всех видов планирования» [11, с. 164]. Следовательно, планирование выступает инструментом структурирования временной перспективы на основе социально приемлемого баланса, или компромисса, между социальными ожиданиями и теми реальностями, которые обществу необходимо принимать во внимание; последние связаны с результатами прогнозирования.

«Сущность... предсказания любого изменения в некоторой области состоит в *связывании этого изменения с условиями поля в это время*. Этот главный принцип делает субъективную вероятность события частью жизненного пространства этого индивида. Но он исключает, – по мнению автора, – объективную вероятность чуждых факторов, которые нельзя установить из жизненного пространства» [11, с. 80]. Следовательно, вероятность того или иного события в жизни системы может быть установлена экспериментально – на основе регистрации параметров поля, характеризующего систему в её жизненном пространстве. Однако часть информации получить невозможно, что связано, в основном, с ограничениями используемых систем наблюдения.

Формулируя ограничения метода *прогнозирования поведения на основе выделения и экстраполяции тенденций*, К. Левин, всё же, не призывает заменить этот метод другим, возможно, более эффективным и математически адекватным. Напротив, он приступает к анализу практических приложений метода, прежде всего, для решения задач управления. «Вопрос запланированного изменения или любой «социальной инженерии», – пишет автор, – тождественен вопросу: *какие условия должны быть изменены, чтобы это привело к определённым результатам, и как можно изменить эти условия с помощью подручных средств?*» [11, с. 196]. При этом внимание читателя вновь привлекается к тому факту, что адекватный анализ, прогноз и управление поведением групп требует понимания жизни группы как результата «конstellаций сил в рамках

более всеобъемлющей ситуации. Другими словами, конкретные предсказания или советы по методам изменения <поведения> должны быть основаны на анализе поля в целом, включая как его психологические, так и непсихологические аспекты» [11, с. 197-198; 15, 19].

### Концепция обратных задач естествознания и элементы методологии обработки эмпирических данных

Согласно психологической теории, коллективные взаимодействия в социальной системе обеспечивают усиление сигнала, представленного единичным поступком. В результате формируется особое поле – социальное поле, согласно К. Левину, которое может быть зарегистрировано и обработано с выделением аномалий. Подобные аномалии мы определяем как *ситуации* социально-исторического развития, в том числе как *кризисы* развития, анализируемые в ретроспективном, текущем и перспективном аспектах. Необходимо указать, что практически в любом исследовании этап формального выделения аномалий не может считаться завершающим. Далее выполняется качественное истолкование результатов анализа – их интерпретация, выполняющая роль обратного перевода с языка математических абстракций на понятный специалистам, администраторам и широкой публике язык описаний.

При изучении любых явлений, разворачивающихся во времени и/или пространстве, задачу определения следствия по заданной причине называют *прямой*, а определения причины по установленному следствию – *обратной* (таблица). В большинстве случаев следствия имеют интегральный характер, обобщая эффект влияния множества причин. В естественных науках обратные задачи именуют задачами распознавания [20].

#### *Прямые и обратные задачи естествознания*

ЗАДАЧИ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ: РЕШАЮТСЯ В ПРОСТРАНСТВЕННОЙ, ВРЕМЕННОЙ И ЧАСТОТНОЙ ОБЛАСТЯХ		
ПРЯМЫЕ (ПЗ)	ОБРАТНЫЕ (ОЗ)	
$A(\chi, f) - u$	РАЗВЕДОЧНАЯ ГЕОФИЗИКА	ГЛОБАЛЬНАЯ ГЕОФИЗИКА
	$B_1(u) = \chi$	$B_2(u) = f$
КОРРЕКТНЫ	НЕКОРРЕКТНЫ: МОЖЕТ БЫТЬ НАРУШЕНО ЛЮБОЕ ИЗ ТРЕХ УСЛОВИЙ ИХ ПОСТАНОВКИ	
$A, B$ – операторы; характеристики: $\chi$ – среды, $f$ – источников поля, $u$ – поля		

Понятие корректности постановки обратных задач сформулировал французский математик, иностранный член-корреспондент Российской академии наук Жак Адамар (1865 – 1963). К предложенным им условиям математической корректности, как правило, добавляют требование практической значимости решения. В итоге, *корректная постановка* задачи требует выполнения следующих условий: 1) решение задачи существует; 2) решение задачи единственно; 3) решение задачи устойчиво, т.е. непрерывно зависит от исходных данных.

В теории обратных задач вопрос существования и единственности решения крайне важен, поскольку определяет саму возможность использования эмпирических методов исследований. *Условие существования решения* обратной задачи таково:

$$\| u_{\text{изм}} - u_{\text{мод}} \|_U < \delta_{\text{и}} + \delta_{\text{мод}},$$

где  $u_{\text{изм}}$  – измеренное поле;  $u_{\text{мод}} = A(\chi, f)$  – модельное поле;  $U$  – класс используемых моделей;  $\delta_{\text{и}}$  – погрешность измерений поля;  $\delta_{\text{мод}}$  – погрешность моделирования поля.

Обычно простые модели упрощают решение, но увеличивают погрешность моделирования. Все решения, удовлетворяющие приведенному условию, образуют множество эквивалентных по точности решений  $\{X\}$ .

Понятие *условно-корректной постановки обратных задач*, а также методы их приближенного решения разработаны советским математиком и геофизиком академиком А.Н. Тихоновым. Идея методов заключается в том, что для получения устойчивого решения вводится специальный критерий отбора. Его построение требует привлечения априорной информации из самых различных источников. Мы полагаем, что эта особенность и постулат о существовании решения именно в ограниченном классе моделей требуют особого к себе внимания. Из постановки задачи следует, что её решение предполагает тестирование набора моделей путем многократного расчёта прямой задачи. В этом заключается идея т.н. метода подбора [20, 21].

*Условно-корректная постановка* обратной задачи (по А.Н. Тихонову) базируется на следующих утверждениях:

1) априори известно, что решение обратной задачи существует и принадлежит множеству  $\{X_C\}$ , где  $\{X_C\} \in \{X\}$  – множество эквивалентных по точности решений;

2) решение единственно;

3) малым изменениям зарегистрированного поля соответствуют малые изменения решения, не выходящие за пределы  $\{X_C\}$ .

Множество  $\{X_C\}$  называют конечномерным *множеством корректности* решения обратной задачи; чем уже  $\{X_C\}$ , тем устойчивее решение и выше разрешающая способность применяемого метода.

Приближенным решением обратной задачи называют характеристику  $\chi$  такую, что совместно выполняются условия:

$$\|u_{\text{изм}} - A(\chi)\|_U < \delta_{\text{сум}} \text{ и } \Omega(\chi) \leq C,$$

где  $\Omega(\chi) \leq C$  – критерий отбора решений из множества  $\{X_C\}$ .

Важной задачей исследований является совершенствование методов извлечения информации из данных эксперимента. В комплексе, эти методы образуют закономерную последовательность обработки данных, или алгоритм [21].

Исходные для обработки данные получают путём регистрации физических, химических или иных полей (в т.ч. социальных), генерируемых различными по особенностям функционирования источниками. Замеры поля в отдельные моменты времени или в отдельных точках пространства рассматривают как совокупность случайных величин. Погрешности измерений, локальные неоднородности и неучтённые возмущения среды снижают достоверность замеров, то есть являются источниками помех. Именно в силу наличия помех поле проявляет себя случайным образом. Поэтому исследователь оперирует данными, которые с большим основанием описываются случайными величинами и процессами, чем аналитическими функциями. В теории, случайным именуют процесс, значения которого в любой момент времени известны с вероятностью, меньшей единицы. Изучение случайных процессов базируется на приложениях теории вероятностей, таких как математическая статистика, корреляционный анализ, методы разделения полей на составляющие, спектральный анализ и других [20-24].

Главными этапами обработки данных являются:

- обоснование модели изучаемого поля и соответствующая ей постановка задач трансформации данных;
- выявление корреляционных и спектральных характеристик поля;
- фильтрация поля с целью выявления его компонент;
- оценка качества обработки данных.

Как правило, начальным пунктом обработки данных является задание математической модели поля. На основе этой модели определяют, какую часть поля считать сигналом, а какую – помехой. Сигнал может быть представлен либо детерминированной, то есть известной по форме и параметрам функцией, либо случайным процессом. Помеха обычно описывается случайным процессом. В большинстве случаев поле  $F(t)$  представляют в виде суммы нескольких компонент:

$$F(t) = F_{\text{фон}}(t) + F_{\text{сигнал}}(t) + n(t),$$

где  $F_{\text{фон}}(t)$  – фоновая составляющая поля;  $F_{\text{сигнал}}(t)$  – полезный сигнал, или аномалия поля;  $n(t)$  – погрешность измерений, шум или помеха, обусловленная инструментальными и методическими ошибками эксперимента.

Согласно ГОСТ 21878-76, система, подчиняющаяся принципу суперпозиции, именуется *линейной системой*.

Итак, обработка результатов натуральных экспериментов базируется на следующих допущениях:

- случайном характере наблюдаемого поля;
  - аддитивной модели поля, включающей фон, сигнал и помеху;
  - нормальном законе распределения помехи  $n(t)$ ;
  - независимости, некоррелированности сигнала и помехи.
- методология применения вероятностно-статистических методов обработки и интерпретации данных не зависит от типа анализируемого физического поля.

Во многих случаях наблюдаемые поля порождены колебательными процессами. Таковыми именуют процессы, характеристики которых повторяются во времени. При этом различные по природе колебания описывают едиными математическими моделями.

Колебания называют периодическими, если значения всех параметров изучаемого процесса повторяются через равные промежутки времени. Наименьший интервал времени, по истечении которого повторяются значения параметров, называют периодом колебания:  $T [c] = f^{-1} [Гц]$ .

Частным случаем периодического колебания выступает гармоническое колебание, описываемое моделью вида

$$X(t) = A \cdot \cos([2\pi \cdot t]/T + \varphi_0),$$

где  $X(t)$  – параметр процесса;  $A$  – амплитуда колебания (модуль наибольшего отклонения параметра от равновесного значения);  $T$  – период колебания;  $[2\pi \cdot t]/T$  – циклическая частота;  $([2\pi \cdot t]/T + \varphi_0)$  – фаза колебания (аргумент функции  $\cos$ );  $\varphi_0$  – начальная фаза колебания.

Широкое распространение в практике научных исследований получили методы, связанные с представлением результатов наблюдений не в виде простого набора случайных величин, а в виде так или иначе организованного их набора –случайного процесса. Применение модели процесса расширяет круг решаемых задач, в том числе позволяет выполнить разделение поля на компоненты. Важную роль при этом играют т.н. корреляционные функции случайных процессов.

В данном контексте, случайным процессом называют непрерывно или дискретно заданную функцию  $F(t)$ , которая в ходе наблюдения может принимать тот или иной, заранее неизвестный, вид. Эта функция может изменяться либо по времени, либо по пространственным координатам. Конкретный вид процесса, устанавливаемый в ходе эксперимента, называют его реализацией. Каждый случайный процесс представлен набором, или семейством, реализаций. Однако в конкретный момент времени  $t_i$  (и точке пространства) этот набор характеризует единственная случайная величина, называемая сечением

процесса. Поэтому понятие случайного процесса считают обобщением более простого понятия – набора, или системы, случайных величин  $f(t_1), f(t_2), \dots, f(t_n)$ .

Согласно ГОСТ 21878-76, случайный процесс, у которого область определений – дискретное множество, а область значений – непрерывное множество (континуум; от лат. *continuum* – непрерывное), именуют случайной последовательностью.

При решении прикладных задач главными характеристиками случайного процесса называют математическое ожидание ( $M$ ), дисперсию ( $D$ ) и ряд других.

Надёжным инструментом изучения линейных или почти линейных систем является спектральный анализ, опирающийся достижения одного из корифеев теории информации, телекоммуникации и обработки сигналов американского математика Ричарда Хемминга (*Richard Wesley Hamming*; 1915 – 1998) [25].

Приложения спектрального анализа связаны с особенностями реализации двух подходов. Первый именуют частичной селекцией сигнала. Он предполагает преобразование исходного ряда таким образом, чтобы выделить один гармонический процесс и сильно подавить другие. Второй подход основан на корректном расчёте величин периодов всех входящих в сигнал гармоник. Далее определяют величины их амплитуд и начальных фаз методом наименьших квадратов. Такой подход, имеющий наиболее широкое хождение, называют *оптимальной селекцией сигнала*. При этом временные и пространственные координаты признают равноправными. В наших исследованиях реализуется именно второй вариант анализа.

По мнению Р.В. Хемминга, важнейшим условием применения спектральной методологии является активное сомнение в результатах анализа: «...Тот факт, что результаты получаются такими, как ожидалось, не является подтверждением их правильности или обоснованности методов обработки».

Выделяют две разновидности спектральных оценок – амплитудные и энергетические. В целом же, речь идёт о методах разложения суммарной дисперсии, или изменчивости, временного ряда на отдельные компоненты, соответствующие некоторому диапазону в области аргумента ряда. Для их реализации исходный ряд представляют как сумму более простых рядов. В этой роли выступают синусоиды с различными значениями периодов, амплитуд и начальных фаз. При вычислениях допускают, что гармоники независимы друг от друга, то есть привлекают гипотезу о достаточной автономности колебательных мод наблюдаемых процессов. Сумма всех гармоник с некоторой точностью отражает поведение исходного ряда. Поэтому сумма изменчивости отдельных гармоник близка к общей изменчивости, или дисперсии, этого ряда.

Дисперсия всего ряда признаётся суммой дисперсий отдельных гармоник. Поэтому, выражая дисперсию  $k$ -ой гармоники как некоторую долю от общей дисперсии ряда, появляется возможность анализировать зависимость этой

дисперсии  $((A_k)^2/2)$  от периода гармоник или её частоты. Эту зависимость именуют периодограммой, а также дискретным или линейным энергетическим спектром ряда. Исходный энергетический спектр определен только для целых  $k$ , то есть не является непрерывной функцией  $k$ .

Подобный спектр ещё называют необработанным спектром (периодограммой) и рассматривают как первоначальную оценку истинного спектра. Различия необработанного и истинного спектров связаны с погрешностями расчёта, которые не могут быть устранены путем увеличения длины исходного ряда. Дополнительную помеху вносят гармоники с очень высокими частотами.

Далее от исходной периодограммы переходят к анализу непрерывного энергетического спектра, или функции спектральной плотности ряда.

Для адекватного статистического анализа эмпирических данных мощная фоновая компонента ряда должна быть удалена [26-27]. Современное программное обеспечение решает эту задачу вычитанием из ряда величины математического ожидания и линейного тренда. Для простых рядов этого бывает вполне достаточно. Для сложных рядов спектральному анализу, видимо, должен предшествовать этап разделения изучаемого поля на компоненты.

Важные ограничения на результаты расчёта накладывает и длительность исходной выборки. Если в спектре имеются две близко расположенные линии, то усечение сигнала по времени затруднит или даже не позволит отличить их одну от другой. Чем ближе друг к другу расположены линии, тем длительнее должен быть ряд наблюдений с тем, чтобы их различить. Другими словами, чем больше объем выборки, тем выше разрешение спектра.

Для стационарного или квазистационарного ряда случайных величин непрерывный энергетический спектр рассчитывают несколькими способами, в том числе, на основе функции автокорреляции ряда. Далее этот набор значений сглаживают для получения непрерывной функции спектральной плотности, зависящей от периода или частоты.

Метод уменьшения погрешности линейного спектра на основе алгоритма, называемого сглаживанием скользящим окном, или пространственным усреднением, предложен в конце 1940-х годов. Его идея заключается в сглаживании колебаний дисперсии расчётных величин, примыкающих к центральной частоте  $f$  (периоду  $T$ ) каждого спектрального окна. Используемые в алгоритме веса, определяющие результат сглаживания, придают большее значение коротким лагам – временным сдвигам, опирающимся на значительное число наблюдений, по сравнению с более длинными лагами. Система этих весов, обеспечивающая наилучшие результаты, считается высшим достижением в анализе временных рядов. В настоящее время применение находят системы – фильтры, или окна, – Ричарда Хемминга (*Richard Wesley Hamming*) и других специалистов [25].

### Библиографический список

1. Переходные эпохи в социальном измерении: История и современность/ отв. ред. В.Л. Мальков. Ин-т всеобщей истории РАН. М.: Наука, 2003. 482 с.
2. Алексеев В.П. Очерки экологии человека. М.: Наука, 1993. 191 с.
3. Ягодинский В.Н. Александр Леонидович Чижевский. М.: Наука, 1987. 316 с.
4. Чижевский А.Л. Земля в объятиях Солнца. М.: Изд-во Эксмо, 2004. 928 с. (Антология мысли).
5. Чижевский А.Л. Вся жизнь. М.: Сов. Россия, 1974. 208 с.
6. Бреус Т.К., Халберг Ф., Корнелиссен Ж. Влияние солнечной активности на физиологические ритмы биологических систем// Биофизика, 1995. Т. 40. № 4. С. 737-748.
7. Карак П.С. Проблема философских оснований и научности космических идей А.Л. Чижевского// Журнал Белорусского государственного университета. Серия «Философия. Психология». 2019. № 3. С. 9-15.
8. Аристотель. Метафизика/ пер. с греческого А.В. Кубицкого. М.: Эксмо, 2006. 608 с. (Антология мысли).
9. Аристотель. О душе/ сочинения в четырех томах. Т. 1. Ред. В.Ф. Асмус. М.: Мысль, 1976. 550 с.
10. Левин К. Динамическая психология: избранные труды/ Под общ. ред. Д.А. Леонтьева, Е.Ю. Патяевой. М.: Смысл, 2001. 572 с.
11. Левин К. Теория поля в социальных науках. СПб.: Сенсор, 2000. 368 с. (Мастерская психологии и психотерапии).
12. Пиаже Ж., Инельдер Б. Генезис элементарных логических структур. Классификация и сериация/ пер. с фр. Э. Пчелкиной. М.: Изд-во ЭКСМО-Пресс, 2002. 416 с. (Серия «Психология. XX век»).
13. Берталанфи К.Л. фон. Общая теория систем – критический обзор// Исследования по общей теории систем: сборник переводов/ под общ. ред. В.Н. Садовского, Э.Г. Юдина. М.: Прогресс, 1969. С. 23-82. URL: [http://grachev62.narod.ru/bertalanffy/bertalanffy\\_1.html](http://grachev62.narod.ru/bertalanffy/bertalanffy_1.html) (дата обращения: 03.06.2016).
14. Системные исследования: Ежегодник. М.: Наука, 1969. С. 30-54. URL: [http://grachev62.narod.ru/bertalanffy/bertalanffy\\_2.html](http://grachev62.narod.ru/bertalanffy/bertalanffy_2.html) (дата обращения: 03.06.2016).
15. Волков А.В. Конструкты теории психологического поля Курта Левина, пригодные для решения задачи анализа и прогноза социально-экономического развития// Вестник ТулГУ. Серия «Экология и безопасность жизнедеятельности». Тула: Изд-во ТулГУ, 2015. Вып. 2. 199 с. С. 144-158.
16. Волков А.В. Логическое мышление человека как результат деятельности в предметном окружении// Современные проблемы экологии и безопасности: Третья Всероссийская научно-техническая Интернет-конференция: Сб. матер. конф. Под ред. Э.М. Соколова. Тула: Изд-во ТулГУ, 2007. 335 с. С. 254-260.
17. Волков А.В. Механизм ретроактивности как основа представлений о колебательной природе мышления и деятельности человека// Современные проблемы экологии и безопасности: Третья Всероссийская научно-техническая Интернет-конференция: Сб. матер. конф. Под ред. Э.М. Соколова. Тула: Изд-во ТулГУ, 2007. 335 с. С. 260-264.
18. Волков А.В. Построение моделей развития на основе представлений о мышлении и деятельности человека в предметном окружении// Современные проблемы экологии и безопасности: Третья Всероссийская научно-техническая Интернет-конференция: Сб. матер. конф. Под ред. Э.М. Соколова. Тула: Изд-во ТулГУ, 2007. 335 с. С. 273-281.

19. Волков А.В. Основания социального прогнозирования и управления в контексте теории поля К. Левина// Вестник ТулГУ. Серия «Экология и безопасность жизнедеятельности». Тула: Изд-во ТулГУ, 2015. Вып. 2. 199 с. Там же. С. 171...181.

20. Вычислительная математика и техника в разведочной геофизике: Справочник геофизика/ Под ред. В.И. Дмитриева. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Недра. 1990. 498 с.

21. Кризис как геофизический феномен. Сообщение 1// Вестник ТулГУ. Серия «Экология и безопасность жизнедеятельности». Тула: Изд-во ТулГУ, 2009. Вып. 2. 136 с. С. 97-109.

22. Гравиразведка: Справочник геофизика/ Под ред. Е.А. Мудрецовой, К.Е. Веселова. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Недра. 1990. 607 с.

23. Сейсморазведка: Справочник геофизика. В двух книгах/ Под ред. В.П. Номоконова. Книга первая. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1990. 336 с.

24. Сейсморазведка: Справочник геофизика. В двух книгах/ Под ред. В.П. Номоконова. Книга вторая. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Недра. 1990. 400 с.

25. Хемминг Р.В. Цифровые фильтры/ Пер. с англ. Ред. пер. О.А. Потапов. М.: Недра, 1987. 221 с.

УДК 316.4.051.2: 316.4.06

А.В. Волков, канд. техн. наук, доц., [wolkow.av@mail.ru](mailto:wolkow.av@mail.ru)

(Россия, Тула, ТулГУ)

## **ОСОБЕННОСТИ ДИНАМИКИ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ И ЭПИДЕМИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА *COVID-19* В ПЕРВОЙ ПОЛОВИНЕ 2021 ГОДА**

*Рассмотрены результаты статистического анализа и прогноза рядов показателей солнечной динамики в сопоставлении с данными фактических наблюдений активности Солнца, а также некоторые социально-экономические особенности динамики эпидемии SARS-CoV-2 (COVID-19) в ареале Восточной Европы.*

*Ключевые слова: COVID-19, эпидемиологический процесс, динамика социальных процессов, солнечная активность, относительные числа Вольфа, циклические изменения биосферы, ритмы, волны, ритмодинамика, статистические методы обработки данных, спектральный анализ.*

### **Прикладные исследования солнечно-земных связей**

Признанный основоположник концепции солнечно-земных связей – профессор А.Л. Чижевский – в своих трудах неоднократно подчёркивал, что «Солнце не решает ни общественных, ни экономических вопросов, но в биологическую жизнь планеты оно вмешивается очень активно». Значение концепции солнечно-земных связей «должно рассматриваться с точки зрения государственного управления. Она указывает государственной власти методы действия, согласные с психическим состоянием масс, находящимся в зависимости от колебаний энергии Солнца» [1, с. 864].

Ныне в свободном доступе находятся ежедневные и усреднённые данные об интенсивности электромагнитного излучения Солнца, исходящего на частоте 2,8 ГГц (на длине волны 10,7 см;  $F_{10,7}$ ), Национального исследовательского совета Канады (*National Research Council of Canada*) [2-4], а также иных исследовательских центров.

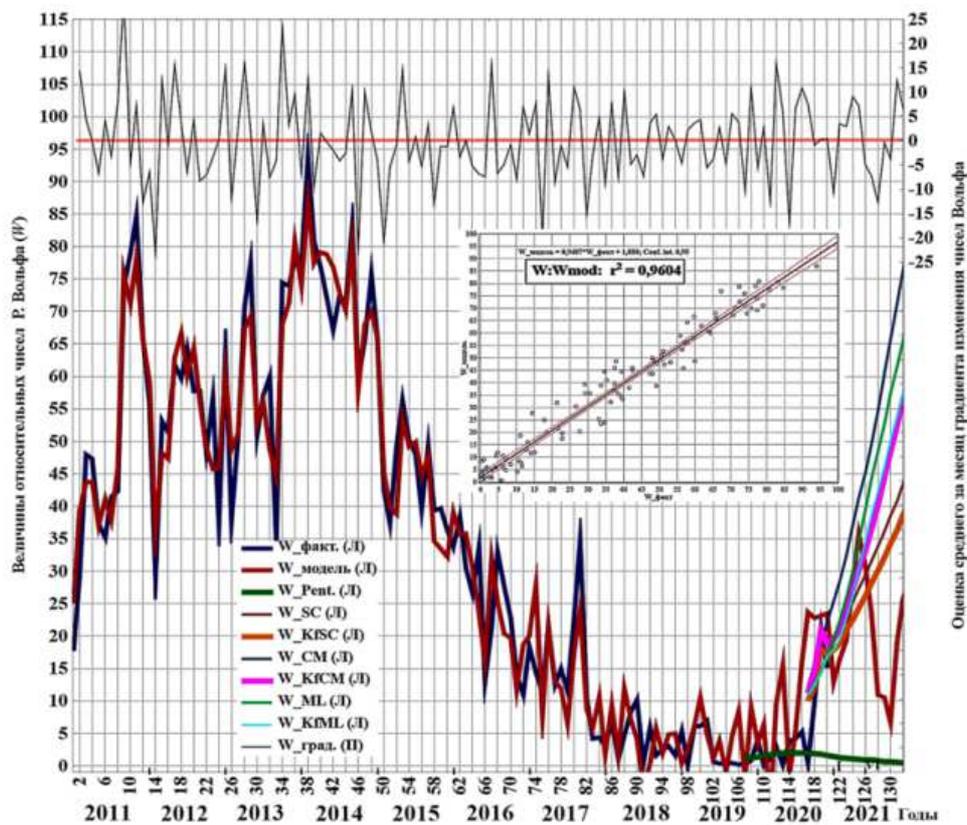
Кроме того, представительный массив информации об активности Солнца связан с регистрацией относительных чисел Р. Вольфа ( $W$ ). По-видимому, Рудольф Вольф первым наметил главные вехи солнечной деятельности за время с 1610 года. «Для этих целей Вольфу пришлось прибегнуть к выводу относительных чисел солнечных пятен, получаемых по формуле:  $W = K \cdot (10g + f)$ , где  $g$  – число групп пятен,  $f$  – общее число пятен во всех группах и отдельных пятнах в день наблюдения и  $K$  – коэффициент, зависящий от наблюдателя и его трубы. <Его данные...> приходится считать наиболее верными вехами, показывающими распределение во времени максимальных и минимальных напряжений пятнообразовательной деятельности Солнца. <...> Вольф период колебаний числа пятен считал равным 11,111 года со средней изменчивостью  $\pm 2,03$  года» [5, с. 28-29; 38].

Результаты наблюдений в виде ежедневных, среднемесячных и среднегодовых значений потока радиоизлучения  $F_{10,7}$ , а также  $W$  публикуются на сайте Национального центра экологической информации Национального департамента по океану и атмосфере США (*National Centers for Environmental Information, NOAA*), а также передаются заинтересованным службам других государств.

Так, ежедневные данные Национального исследовательского совета Канады использует Королевская обсерватория Бельгии (*Royal Observatory of Belgium; sidc.oma.be/silso*): они усредняются – для получения среднемесячных значений – и сглаживаются скользящим средним с весами, принятыми бельгийской стороной. Эти же базы привлекает Служба радио и космической погоды Метеорологического бюро правительства Австралии (*Radio and Space Weather Services, Bureau of Meteorology, Australian Government; https://www.sws.bom.gov.au/Solar*).

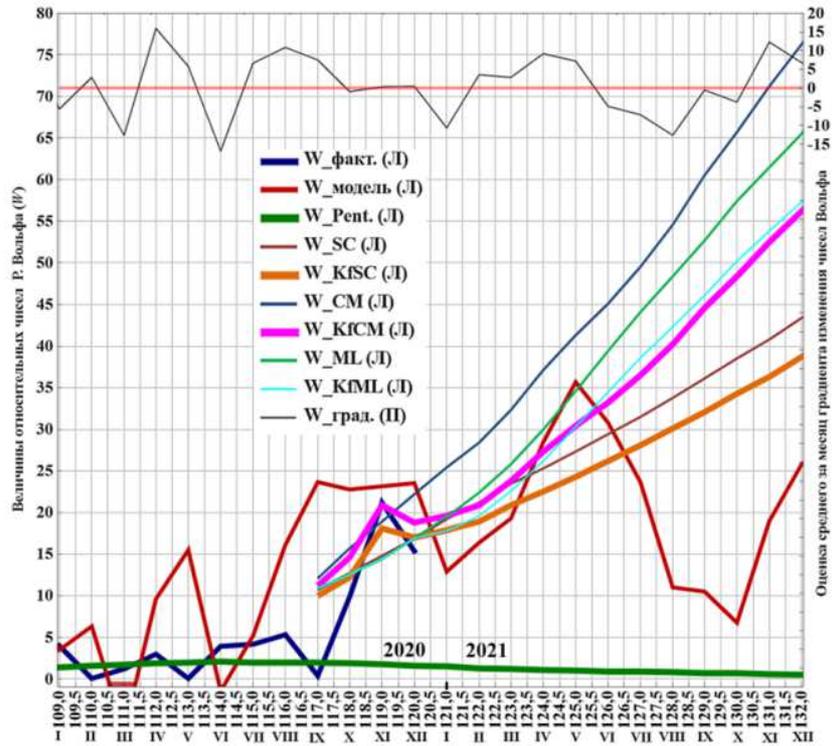
Надёжным инструментом изучения линейных или почти линейных систем специалисты признают спектральный анализ, применяемый в форме оптимальной селекции сигнала. При этом временные и пространственные координаты считаются равноправными. Тем не менее, предсказание уровня солнечной активности и фаз солнечных циклов по рядам  $F_{10,7}$  и  $W$  затруднено, а результаты – не всегда безупречны. Однако они находят широкое практическое применение, в т. ч. для планирования космической деятельности, особенно управления космическими аппаратами с низкой орбитой, для загрузки высокочастотных каналов связи, развития современных информационно-коммуникационных технологий, прогнозирования экологических и социально-экономических трендов, а также для решения иных задач.

Некоторые результаты выполненного нами анализа и прогноза солнечной динамики, базирующихся на разделении ряда величин  $W$  на фоновую и диагностическую компоненты, расчёта для последней функции спектральной плотности и установлении величин периодов колебательных компонент, определяющих наблюдаемую изменчивость рядов, на получении методом наименьших квадратов коэффициентов линейных моделей процессов (с тестированием эффективности амплитудной и фазовой модуляции для каждого компонента) и применении данных моделей для прогноза активности, представлены на рис. 1 [6].



**Рис. 1. Формальное приближение ряда среднемесячных величин  $W$  за 2011-2019 годы линейной и иными моделями и прогнозы солнечной активности по данному показателю**

На врезке показана линейная корреляция фактических и модельных значений, численно характеризуемая коэффициентом детерминации  $r^2$ . Различные обозначения, дополняющие индексы « $W$ », отражают спектр методов, привлекаемых бельгийскими специалистами для разработки моделей солнечной динамики. Более детально собственно прогнозная часть ряда  $W$  показана на рис. 2.



**Рис. 2. Варианты прогнозов солнечной активности по ряду среднемесячных величин  $W$  на 2020-2021 годы**

С учётом того факта, что прогноз бельгийских специалистов базировался на сглаженных рядах среднемесячных величин  $W$ , наш прогноз ближе к уточнённым бельгийским вариантам  $W_{KfSC}$  (1),  $W_{KfCM}$  (3) и  $W_{KfML}$  (4), использующим адаптивный фильтр Кальмана, и даже к исходному сценарию  $W_{SC}$  (2), хотя база нашего прогноза была ограничена 2011-2019 годами.

По результатам анализа мы допускаем (см. рис. 2), что в границах каждого года, так или иначе, проявляют себя *три сезонных максимума* солнечной активности: первый – в конце зимы – в апреле; второй – в окрестности июля; третий – в окрестности октября. При этом важно подчеркнуть: в один год более выражено заявляют о себе максимумы переходных периодов, а на следующий год выражено проявляет себя летний максимум, при несколько меньшем эффекте максимумов переходных периодов (без учёта вклада фоновой компоненты поля и процессов иной, не гелиогеофизической природы) [6].

По-видимому, не повторяясь в всех деталях, картина сезонной динамики солнечной активности, установленная по ряду относительных чисел Вольфа  $W$ , воспроизводится из года в год.

Отметим, что подобные закономерности наблюдают и медики: «во все фазы цикла солнечной активности наблюдается зимне-весенний и осенний максимумы госпитализации психических больных. Резонансный и пороговый характер воздействия... геомагнитных пульсаций малой напряженности

свидетельствует об их информационной роли в регулировании психической деятельности человека» [7]. Многолетняя регулярность обращения в травмпункт *The Mount Lebanon Hospital* лиц с поражениями различного рода, по-видимому, связанная с вариациями электромагнитного поля Земли, подмечена Т.А. Бочаровой [33].

На границу 2020 и 2021 годов (см. рис. 2) пришлась эпоха завершения 24-го солнечного цикла и начала 25-го цикла. Во многих случаях оценки начала и окончания каждого цикла базируются на рядах наблюдения именно солнечных пятен – величинах относительных чисел Вольфа  $W$ , причём окончание одного цикла и начало следующего могут характеризоваться различными датами. Кроме того, свою погрешность вносят интервалы осреднения наблюдений, так что даты, установленные по ежедневным и среднемесячным значениям, не совпадают. Например, канадские специалисты указывают, что на основе обработки рядов солнечных пятен, май 1996 года определялся ими как некий формальный, математическим минимум солнечного цикла. При этом международная группа экспертов по солнечно-земной физике определила датой минимума цикла октябрь 1996 года (*october 1996 marks the consensus minimum determined by an international group of solar physicists*).

По информации Лаборатория рентгеновской астрономии Солнца (ФИАН; *tesis.lebedev.ru*), за лето 2019 года не было зарегистрировано ни одной солнечной вспышки рентгеновского класса  $C$  и выше, способной оказать воздействие на системы земных геосфер [9]. Последний, очень слабый, всплеск активности наблюдался в мае 2019 года. По сути, это – четвертый по продолжительности интервал в современной истории наблюдений, в течение которого *наблюдалось полное отсутствие активности Солнца*. Рекордными же в современной истории являются два перерыва в активности, наблюдавшиеся во время предыдущего минимума – в 2008-2009 годах.

Как указывают специалисты ФИАН, резкое снижение количества солнечных *вспышек* является одним из наиболее характерных признаков минимума солнечного цикла, наряду с уменьшением числа *пятен* на Солнце. Причиной исчезновения вспышек и пятен является почти полное исчезновение на Солнце магнитного поля, являющегося основным источником энергии для солнечной активности. В отличие от магнитного поля Земли, поле Солнца носит резко выраженный переменный характер, периодически усиливаясь и ослабляясь с основным периодом около 11 лет. При этом тревогу специалистов вызывало не само снижение числа вспышек, а то, что это явление могло быть признаком более серьёзных изменений на Солнце, способных, в числе прочего, повлиять на светимость звезды, спектр её излучения и, в конечном счёте, на климат Земли и ход биосферных процессов. Длительные перерывы в режиме генерации вспышек, заметно превышающие обычные, к которым наша планета, приспособилась, являются, безусловно, дестабилизирующим биосферу явлением.

Значимым рубежом в этом процессе, по мнению учёных, явилось начало 2020 года. «Если к этому времени не будет регистрироваться выраженный рост солнечной активности..., – прогнозировалось в 2019 году, – это будет значить, что продолжительность текущего минимума сравнялась с рекордным минимумом 2008-2009 годов. В этом случае можно будет начать говорить о системном эволюционном снижении уровня активности Солнца, которое может стать трендом для всего текущего столетия» [9].

Согласно сообщению Лаборатория рентгеновской астрономии Солнца от 29 мая 2020 года (см. рис. 2), на Солнце всё же произошла первая крупная вспышка, относящаяся к классу  $M$  – предпоследнему классу, находящемуся непосредственно перед высшим классом  $X$  [10]. Последний раз вспышка сравнимого уровня наблюдалась в сентябре 2017 года, непосредственно перед погружением светила в почти трёхлетнюю «спячку». Поскольку источником энергии для вспышек является магнитное поле Солнца, события такой силы свидетельствовали о начале нового солнечного цикла, в основе которого лежит именно периодическое формирование и разрушение сильных магнитных полей.

По мнению специалистов, «столь крупное событие на Солнце явилось тем более внезапным, что ему не предшествовало вспышек более слабого уровня (класса  $C$ ), с которых, обычно, и начинается солнечный цикл. <...> Остаётся разобраться, означает ли это, что рост вспышечной активности во всём предстоящем цикле будет столь же бурным, или это является лишь случайностью. В пользу вероятного быстрого роста говорит длительный перерыв в солнечной активности, предшествовавший началу текущего цикла, – почти три года. <...> Сдвиг начала цикла... может способствовать накоплению большей энергии глобального поля Солнца, что должно... сопровождаться более импульсным резким началом цикла. Альтернативной точкой зрения является то, что наша звезда последние циклы движется от эры высокой солнечной активности к глобальному вековому (а, может быть, и тысячелетнему) минимуму. <...> В контексте такого мнения, текущее начало цикла сразу с крупной вспышкой... является лишь случайностью, какие очень распространены в науке. Понять, так ли это, можно будет лишь на основе новых наблюдений в предстоящие месяцы. Однако при любом варианте развития событий уверенно можно утверждать одно. **Новый солнечный цикл начался и полностью определит физику нашей звезды на ближайшие 11 лет.** <...> Если шаблон прежних лет повторится, то ближайшие три года частота и сила солнечных вспышек будут расти вплоть до максимума, который придётся на 2023-2024 год. После этого Солнце продержится на этом, пока гипотетическом, уровне 2-3 года, а затем цикл активности пойдёт на спад... Впрочем, согласно ли само Солнце с таким сценарием, покажет лишь время» [10].

В тот же день, 29 мая 2020 года, состоялась вторая, почти равная по силе предыдущей, крупная вспышка на Солнце. По оценке учёных, «две

крупных вспышки подряд – крайне необычная ситуация для столь ранней фазы солнечного цикла... Как правило, крупный взрыв «опустошает» активную область, и ей требуется не менее суток для накопления новой энергии. Две крупнейших за три года вспышки подряд в одной точке Солнца говорят о том, что активная область в настоящее время интенсивно подпитывается энергией, вероятно в форме новых потоков магнитного поля, всплывающих здесь из глубин Солнца. <...> Происходящие события... ставят много вопросов о причинах столь резкого старта цикла... Впрочем, если сами события, происходящие на Солнце, кто-то и мог бы назвать невозможными, то не исключено, что это не единственный сюрприз, который принесёт зарождающееся... начало двадцать пятого солнечного цикла» [11].

Первый крупный всплеск солнечной активности завершился лишь 1 июня 2020 года, когда подряд, с интервалом около 3,5 часов, произошло две крупные вспышки с уровнем, близким к  $M_1$ , а затем ещё 2 вспышки с мощностью около  $C_1$ . В максимуме суммарный индекс вспышечной активности достигал 4,4 баллов по 10-балльной шкале.

Таким образом, резюмировали специалисты, «счётчик солнечных вспышек нового цикла запущен, и в настоящее время насчитывает одну вспышку класса  $M_{1.1}$ , являющуюся пока крупнейшей в цикле, и две вспышки следующего класса  $C$  – с баллами  $C_{9.3}$  и  $C_{1.0}$ . В время предыдущего солнечного минимума, пришедшегося на 2008-2009 годы, Солнце, после выхода из «спячки» 5 июля 2009 года, когда состоялась первая пара вспышек, «ушло на покой» на 2,5 месяца... От того, насколько успокоится наша звезда сейчас, можно будет предварительно судить, насколько сценарий нового цикла будет похож на предыдущий. Впрочем, можно заметить, что в предыдущем цикле на формирование первой вспышки класса  $M$  у Солнца ушло почти полгода... На этот раз Солнце начало цикл сразу со вспышки уровня  $M$ . Что это значит, и значит ли что-то вообще, сказать пока трудно. <...> Следует говорить о том, что *новый цикл запустился в обеих полушариях*, как минимум с точки зрения числа активных областей» [12].

В ночь с 27 на 28 сентября 2020 года всеми магнитными обсерваториями, работающими на средних и высоких широтах, была зафиксирована самая крупная в текущем году магнитная буря [13]. «Колебания магнитного поля начались ещё за 3 дня до пика – 24-25 сентября. В таком возмущённом состоянии магнитное поле Земли провело 3 суток до ночи 27-28 сентября, когда амплитуда колебаний возросла примерно в два раза до значений, соответствующих уровню 6 баллов 10-балльной шкалы. Это стало рекордным значением с октября 2019 года» [14].

По сообщению В.Н. Ишкова (ИЗМИРАН), 15 сентября 2020 года комиссия по прогнозу 25-го солнечного цикла NOAA и NASA объявила, что точка минимума 24-го цикла наступила в декабре 2019 года. «На мой взгляд, – комментирует эту информацию учёный, – окончательно об этом можно судить

только в декабре 2020 года, так как, если «беспятенные» дни продлятся ещё полных два месяца или больше..., *сглаженное* значение относительного числа солнечных пятен упадёт ниже объявленного комиссией уровня». В начале 2020 года «пятнообразовательная активность солнца была на очень низком уровне: 199 беспятенных дней». Начало предыдущего, 24-го солнечного цикла состоялось в январь 2009 года, а максимум был достигнут в апреле 2014 года. В целом, В.Н. Ишков допустил, что минимум 24-го цикла будет достигнут ближе к середине 2020 года [15].

Таким образом, прогноз канадских специалистов на начало 25-го солнечного цикла, видимо, не получает фактического подтверждения. Согласно же нашим расчётам (см. рис. 2), в мае 2021 года допускался локальный всплеск активности [16-17]. При этом заметное увеличение уровня активности началось с марта месяца. Фактические данные, в целом, не вступили в противоречие с этими заключениями. В частности, согласно публикации Лаборатории рентгеновской астрономии Солнца (ФИАН; *tesis.lebedev.ru*), «заметный, а по некоторым оценкам, крупнейший за последние годы всплеск солнечной активности, регистрировался на нашей звезде в течение... нескольких дней. Пик его пришёлся на 22 и 23 мая, когда за 2 суток было зарегистрировано 17 солнечных вспышек, в том числе три вспышки класса М – предпоследнему по силе классу солнечных вспышек...

В целом, май месяц показал довольно быстрый рост солнечной активности, который заметно превышал обычный темп для данной стадии цикла. Возможность нашей звезды поддерживать такую активность длительное время сомнительна. По этой причине есть значительная вероятность, что Солнце после текущего всплеска уйдёт на продолжительное время в спокойное состояние» (Космические приборы регистрируют резкий рост активности Солнца. URL: <https://tesis.lebedev.ru/info/20210524.html>; <https://lenta.ru/news/2021/05/25/magnitstorm/>).

По-видимому, в 2021 году весенняя активизация солнечной активности выражено началась с 20-х чисел февраля, а до этого времени светило себя проявляло слабо (рис. 3; для сравнения: позиция «с» характеризует уровень, по сути, *фона* в декабре 2021 года).

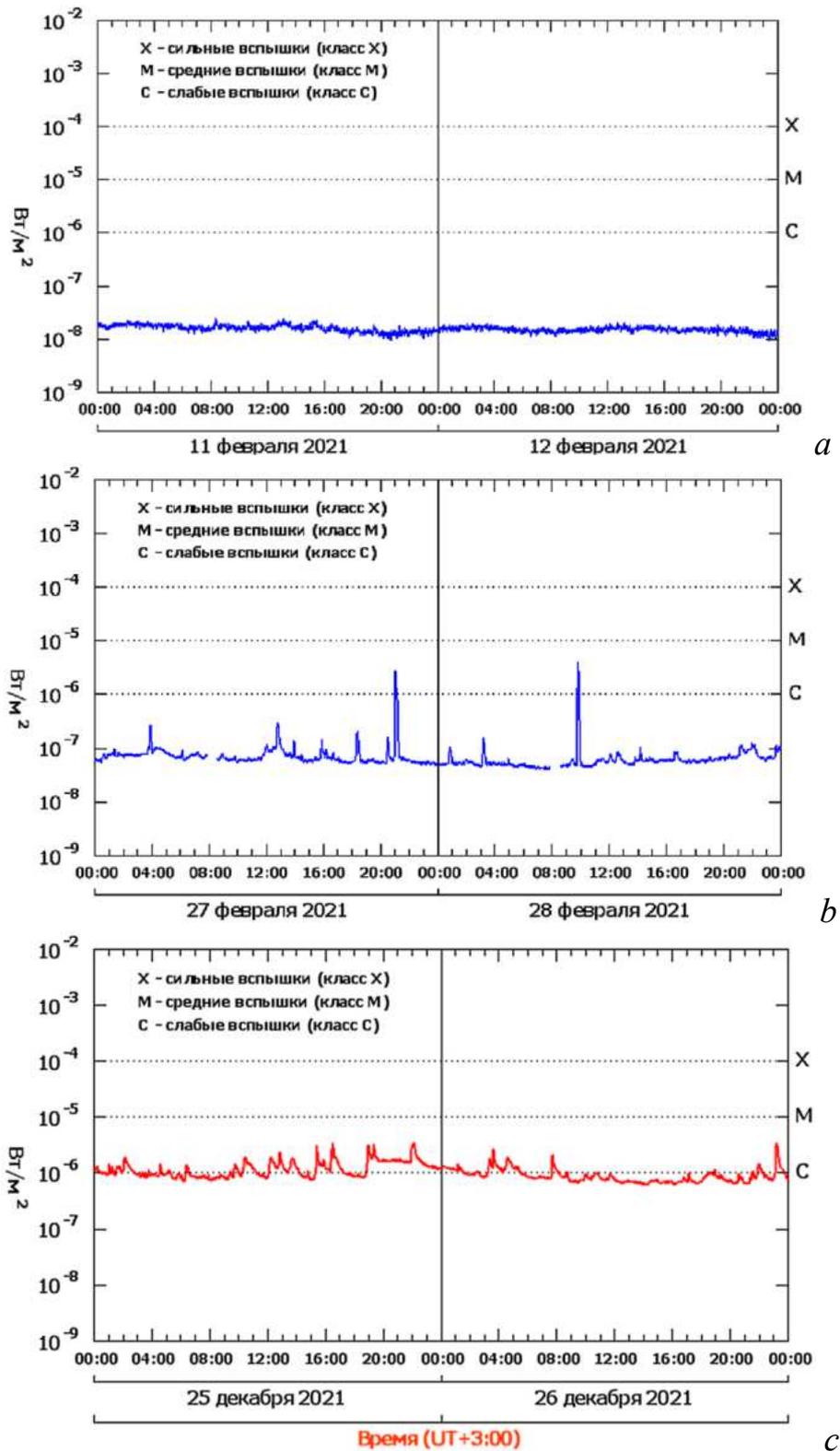


Рис. 3. Динамика солнечной активности в рентгеновском диапазоне (ФИАН, Лаборатория рентгеновской астрономии; [https://tesis.lebedev.ru/sun\\_flares.html?m=2&d=12&y=2021](https://tesis.lebedev.ru/sun_flares.html?m=2&d=12&y=2021) (a); [https://tesis.lebedev.ru/sun\\_flares.html?m=2&d=28&y=2021](https://tesis.lebedev.ru/sun_flares.html?m=2&d=28&y=2021) (b); [https://tesis.lebedev.ru/sun\\_flares.html?m=12&d=26&y=2021](https://tesis.lebedev.ru/sun_flares.html?m=12&d=26&y=2021) (c))

Укажем, что полное количество энергии по всему спектру солнечных излучений, поступающее за единицу времени на единицу площади, нормальной к направлению распространения лучей и расположенной за пределами земной атмосферы, определяемое на среднем расстоянии Земли от Солнца, именуют *Total Solar Irradiance (TSI)* – общий поток излучения, или удельная интенсивность солнечного излучения. Другими словами, *TSI* – это приведённая к среднему расстоянию (1 а. е.) инсоляция Земли. В международной практике величина солнечной постоянной принимается равной  $1361 \text{ Вт/м}^2$ . Величина рекомендована к использованию в проекте физико-математических моделей климата Земли в качестве главного параметра радиационного блока. В конце XX века оценки солнечной постоянной, основанные на обзорах измерений, выполненных с помощью самолётов, аэростатов и космических аппаратов, составляли  $1373 \pm 20 \text{ Вт/м}^2$  (1980). Среднее значение постоянной для минимумов 21-23 солнечных циклов оказалось равным  $1365,458 \pm 0,016 \text{ Вт/м}^2$  [18, с. 19-20].

По сообщению директора Института космических исследований РАН члена-корреспондента РАН А. Петруковича, начиная с 1 марта, после слабой солнечной вспышки класса C на Земле регистрировалась магнитная буря классов G1-G2. Вырос и уровень радиоизлучения на частоте 2,8 ГГц (рис. 4).

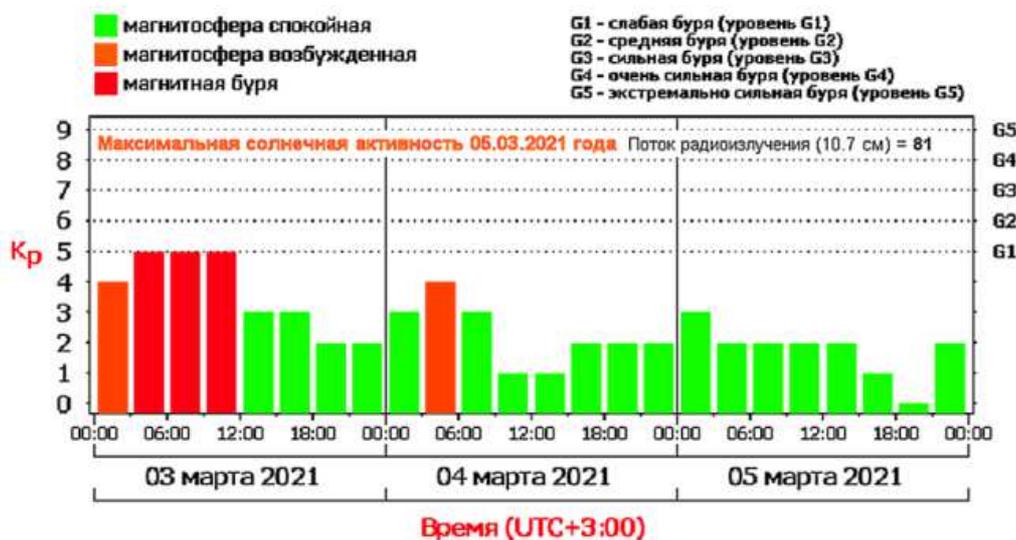


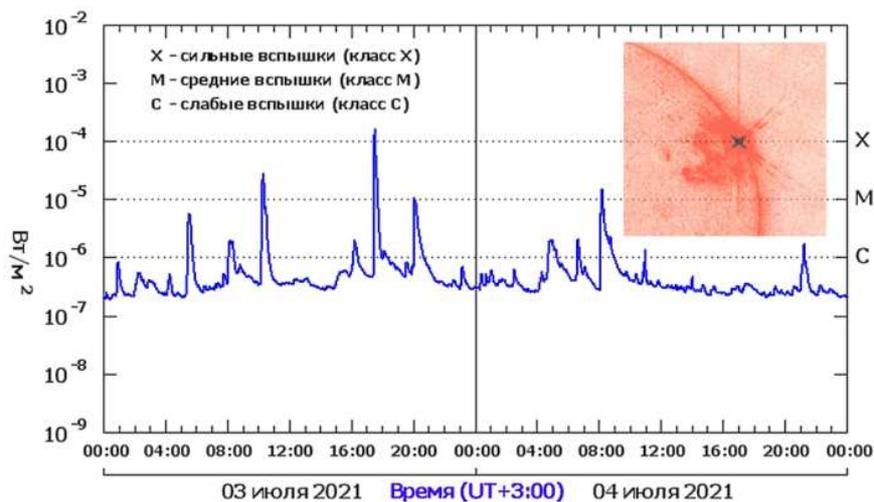
Рис. 4. Геомагнитная обстановка начала марта 2021 года ([https://tesis.lebedev.ru/magnetic\\_storms.html?m=3&d=5&y=2021](https://tesis.lebedev.ru/magnetic_storms.html?m=3&d=5&y=2021))

Магнитная буря стала неожиданностью для учёных: согласно прогнозам, в начале марта вероятность подобных явлений оценивалась в 10 %. Солнечная активность вызвала полярные сияния даже на широте Санкт-Петербурга ([https:// tvzvezda.ru/news/ekskluziv/content/2021311126-dIESI.html](https://tvzvezda.ru/news/ekskluziv/content/2021311126-dIESI.html)).

По сообщению китайских специалистов, 2 марта над Северным полюсом регистрировался плазменный вихрь диаметром 1000 километров. Движение плазмы происходило против часовой стрелки и продолжалось на протяжении восьми часов. Последний раз подобное явление наблюдалось 20 августа 2014 года – во время максимума 24-го цикла солнечной активности.

В ходе его изучения обнаружено авроральное пятно в форме циклона, сильный круговой горизонтальный поток плазмы и сдвиги, которые свойственны ураганам нижних слоёв атмосферы. С последними у космического урагана оказалось много общего: тихий центр, несколько спиральных рукавов и масштабная циркуляция газовой среды. Подобные явления обеспечивают поступление энергии из космоса в ионосферу и термосферу Земли, что влияет на космическую погоду, на самочувствие и здоровье людей, вирулентность патогенных микроорганизмов, а также нарушает высокочастотную радиосвязь, приводит к сбоям систем спутниковой навигации и радиолокации ([https://tvzvezda.ru/news/vstrane\\_i\\_mire/content/2021321214-PYgqd.html](https://tvzvezda.ru/news/vstrane_i_mire/content/2021321214-PYgqd.html)).

Первая в 25-м цикле солнечная **вспышка максимального класса X** и, одновременно, крупнейшая вспышка с 2017 года, была зарегистрирована 03.07.2021 года около 17<sup>30</sup> по московскому времени. При этом в начале июля поток радиоизлучения Солнца ( $F_{10,7}$ ) находился на уровне 95 *s.f.u.* Вспышка относилась к относительно редкому для таких событий импульсному типу, когда солнечная энергия высвобождается почти мгновенно, в виде единичного мощного взрыва короткой продолжительностью. Днём позже на Солнце произошло 5 вспышек класса C и выше (рис. 5).



**Рис. 5. Геомагнитная обстановка 3-4 июля 2021 года**  
([https://tesis.lebedev.ru/sun\\_flares.html?m=7&d=4&y=2021](https://tesis.lebedev.ru/sun_flares.html?m=7&d=4&y=2021))

По мнению специалистов Лаборатории рентгеновской астрономии Солнца ФИАН (*tesis. lebedev.ru*), «вспышка стала следствием *очень резкого роста* солнечной активности... Предвестников этого роста активности не наблюдалось, и сам факт перехода Солнца из относительно спокойного в столь бурное состояние, да ещё и за такое короткое время, стал неожиданным и не прогнозировался. Причиной происходящего должен быть быстрый рост избыточной энергии в солнечной атмосфере..., но какие именно процессы привели к такому росту, не понятно (Первая в новом солнечном цикле вспышка максимального класса X произошла на Солнце. <https://tesis.lebedev.ru/info/20210704.html>).

### **Динамика COVID-19 и солнечная активность**

Согласно исследованиям А.Л. Чижевского, от начала эпидемии до ближайшего *максимума* солнечной активности в XVII веке проходило около 2 лет, в XVIII веке – около 2,1 года, в XIX веке – около 2,8 лет, меняясь в пределах от 1 до 5 лет. Ближайший максимум солнечной активности специалистами ожидается в районе 2024 года. Поэтому локализация острой фазы пандемии COVID-19 в интервале 2020-2021 годов не противоречит данной закономерности.

Кроме того, «*резкие отклонения от обычной нормы* социально-экономических условий неминусомо *усиливают или даже вызывают* ту или иную эпидемию. <...> Вероятнее всего, все... социальные и природные факторы объединены в один комплекс, влияние которого и выражается в прихотливом ходе кривой эпидемического процесса» [5, с. 264-266].

В целом, нам представляется неслучайным, что несмотря на продолжающуюся дискуссию о природе источника глобальных рисков, именно в марта 2021 года Европейский союз на официальном уровне объявил о наступлении «третьей волны» пандемии COVID-19. Весной глобальный «счёт смертей от осложнений, вызванных вирусом, пошёл на миллионы, а надежда победить пандемию вакцинацией, начала угасать. Глава Еврокомиссии Урсула фон дер Ляйен констатировала, что руководство объединения допустило ряд ошибок, которые фактически привели к провалу массовой вакцинации». С февраля по август 2020 года в Европе потеряли работу 13,5 миллиона человек. Уставшие от «локдаунов» и безработицы люди вышли на протесты. «Помимо Бельгии, 2021 год начали с протестов жители Дании, Австрии, Нидерландов, Словении, Франции и Испании. Многие из них считают, что локдаун уже не помогает бороться с распространением COVID-19... Пострадало и психическое здоровье людей».

На этом фоне ВОЗ допустила появление «вирусов, устойчивых к противомикробным препаратам. Организация объявила, что именно эта устойчи-

вость будет одной из десяти основных угроз здоровью человечества. По предварительным оценкам, к 2050 году смертность от подобных инфекций составит десять миллионов человек, а их распространение обойдётся экономике в 100 триллионов долларов в год» ([https://lenta.ru/articles/2021/02/26/vaccine\\_panicing/](https://lenta.ru/articles/2021/02/26/vaccine_panicing/)).

Согласно публикации *The Guardian*, в марте 2021 года на Европу действительно обрушилась третья волна *COVID-19*. Вспышку заболеваемости связали с новыми мутациями вируса и проблемами кампании по вакцинации. Суточный прирост заболевших достиг рекордных значений с начала февраля, что привело к возобновлению ограничений, комендантского часа и даже фактического «локдауна» в некоторых странах. Например, признали наступление третьей волны в связи с ростом заболеваемости в Германии; в Италии ввели жёсткие ограничения, опасаясь повторения событий прошлой весны; тревожная ситуация сложилась и в столичном регионе Франции. Рекордные суточные приросты зафиксированы в Польше, Венгрии и Чехии. По словам президента Института Роберта Коха профессора Лотара Вилера, если не будет привито достаточно людей, вводить ограничения придётся и осенью ([https://lenta.ru/news/2021/03/15/third\\_wave/](https://lenta.ru/news/2021/03/15/third_wave/)).

Согласно публикации *Der Spiegel* со ссылкой на Институт судебной медицины при Университетской клинике Гамбург-Эппендорф (*UKE*), «большинство пациентов с *COVID-19*, у которых заболевания протекает в тяжелой форме, умирают от вирусной инфекции из-за уже имеющихся у них заболеваний и в связи с преклонным возрастом. У 88 % умерших... было как минимум 3-4 уже имевшихся заболевания, подавляющему большинству умерших было больше 76 лет... Причины смерти <от новых мутаций вируса> оказываются такими же, как в случае с обычным вариантом вируса. <...> Большинство людей, наряду с эмболией легочной артерии, умирают от полиорганной недостаточности или сепсиса... Зачастую болезнь осложняется неправильным образом жизни» (<https://www.inopressa.ru/article/19Feb2021/spiegel/obduktion.html>).

Весной 2021 года непростая ситуация складывалась в Российской Федерации. Например, за сутки, предшествовавшие 14 марта, в России зафиксировано 10 083 случаев заражения коронавирусной инфекцией. При этом общее количество инфицированных достигло 4 390 608 человек, а число жертв – 92 090 человек. В относительном выражении прирост новых случаев составил 0,23 %. Новые случаи заражения отмечались в 84 регионах страны ([https://txt.newsru.com/russia/14\\_mar\\_2021/rucovid.html](https://txt.newsru.com/russia/14_mar_2021/rucovid.html)).

Стоит заметить, что европейские СМИ критически оценивают российскую статистику по *COVID-19*. Например, по мнению издания *Die Welt*, «официальное число людей, умерших в России от коронавируса, вероятно, не имеет ничего общего с правдой... Согласно новой статистике, по числу смертей от коронавируса Россия может занять второе место в мире после США. <...> О

том, каков действительный масштаб последствий пандемии, нет единого мнения даже внутри властной элиты... Некоторые эксперты предполагают, что 90 % или даже 100 % избыточной смертности в России приходится на *COVID-19*» (<https://www.inopressa.ru/article/18Feb2021/welt/coronavirus.html>).

Предметом обсуждения ныне выступают не только медицинские, но и социально-экономические *предпосылки и последствия* пандемии. Согласно оценке Аналитического кредитного рейтингового агентства (АКРА), «демографический след», который пандемия оставит после себя, может сохраняться 15 лет. Помимо прямого экономического ущерба..., смертность и нетрудоспособность больных *COVID-19* существенно влияет на ВВП страны. По подсчетам аналитиков, дополнительная смертность и потеря рабочих дней из-за временной нетрудоспособности приведут к тому, что в 2021 году ВВП страны лишится 0,2-0,9 %. К 2030 году «демографический след», возможно, снизится до 0,04-0,18 %» (<https://lenta.ru/news/2021/02/12/demog/>).

Как уже отмечалось, первая в 25-м цикле солнечная **вспышка максимального класса X** и, одновременно, крупнейшая вспышка с 2017 года, была зарегистрирована 03.07.2021 года около 17<sup>30</sup> по московскому времени. При этом в начале июля поток радиоизлучения Солнца (*F10,7*) находился на уровне 95 *s.f.u.* Вспышка относилась к относительно редкому для таких событий импульсному типу, когда солнечная энергия высвобождается почти мгновенно, в виде одного мощного взрыва короткой продолжительностью. Днём позже произошло 5 вспышек класса *C* и выше (Первая в новом солнечном цикле вспышка максимального класса *X* произошла на Солнце. URL: <https://tesis.lebedev.ru/info/20210704.html>).

В это же время, по сообщению агентства *Bloomberg*, в Мексиканском заливе загорелся трубопровод нефтегазовой компании *Petex* (рис. 6).



**Рис. 6. Авария подводного трубопровода нефтегазовой компании *Petex* 03.07.2021 года**

Инцидент произошел у побережья города Сьюдад-дель-Кармен в штате Кампече на юго-востоке Мексики. Его причиной названа утечка, вызванная неисправностью одного из клапанов, расположенного на глубине 78 метров (<https://lenta.ru/news/2021/07/03/gorit/>).

По сообщению ТАСС, 4 июля 2021 года прирост смертности от COVID-19 в России также оказался максимальным с начала пандемии. За прошедшую неделю количество умерших достигло 4643 человек. Предыдущий максимум – 3921 человек – регистрировался неделю назад. При этом рост смертности почти не сказался на уровне летальности, который вырос с 2,44 до 2,46 % (<https://lenta.ru/news/2021/07/04/covid/>).

Ранее сообщалось, что за последние сутки в России выявили 25 142 новых случая заражения коронавирусом – максимум со 2 января. Общее количество инфицированных достигло 5 610 941. Больше всего новых заразившихся – 7624 человек – зафиксировано в Москве. Лидерами по росту суточной заболеваемости стали также Московская область (2696 случаев) и Санкт-Петербург (1784 случая).

Согласно публикации *The Wall Street Journal*, в первой декаде июня 2021 года «от COVID-19 умерло больше людей, чем за весь 2020 год; при этом... глобальная пандемия еще далека от завершения». Информация, собираемая Университетом Джона Хопкинса (*JHU*), показывает, насколько неравномерно пандемия распространялась по земному шару, часто поражая более бедные страны позже, по сравнению с промышленно развитыми. По мнению экспертов, фрагментарная регистрация случаев заболевания и смертей от COVID-19 в бедных странах означает, что истинное число жертв пандемии, вероятно, значительно выше. Глобальный разрыв между государствами обостряется «существенно различающимися уровнями вакцинации населения». Согласно информации интернет-портала *Our World in Data*, в Африке хотя бы одну дозу вакцины получили только 2 % населения, в Азии – 6 %, в Южной Америке – 22 %, в ЕС – более 40 %, в США – более 50 % населения. Вспышки заболеваемости в Южной Америке и Азии, особенно в Индии, обуславливаются новыми вариантами вируса, включая варианты *Alpha*, *Gamma* и *Delta*, которые более заразны, чем старые штаммы. В частности, врачи допускают, что вариант *Delta* окажется более опасным, способным поражать молодых пациентов сильнее, чем в ходе предыдущих волн эпидемии. Кроме того, штамм *Delta* «может продолжать находить восприимчивых хозяев даже среди хорошо вакцинированного населения» (Камп Дж., Джейсон Д., Фореро К. *The Wall Street Journal*. Смертность от COVID-19 в этом году уже превысила показатели 2020 года. <https://www.inopressa.ru/article/11Jun2021/wsj/death.html>).

По заявлению мэра Москвы С.С. Собянина, к середине июня 2021 года уровень заболеваемости в столице достиг прошлогодних пиков, причём «ситуация с коронавирусом продолжает развиваться драматически» (<https://>

[lenta.ru/news/2021/06/16/cvd\\_drm/](https://lenta.ru/news/2021/06/16/cvd_drm/)). Экстремальные значения суточной смертности от коронавируса оказались превышены в Москве и Санкт-Петербурге 23 июня (<https://lenta.ru/news/2021/06/23/moskwakorona/>; [https://lenta.ru/news/2021/06/23/spb\\_rec/](https://lenta.ru/news/2021/06/23/spb_rec/)).

По сообщению информационного агентства «РИА-Новости», заместитель мэра Москвы по вопросам социального развития А. Ракова в эфире Первого канала заявила, что «по количеству госпитализированных граждан с коронавирусной инфекцией Москва вышла на антирекорд. Около 15 % инфицированных москвичей находятся в реанимации». По мнению врача-инфекциониста Евгения Тимакова, в подобной эпидемиологической обстановке случаи заболевания новым штаммом коронавируса *Delta+* могут привести к новой волне заболеваемости уже через два месяца – к сентябрю (Власти Москвы заявили о прохождении Рубикона по числу госпитализаций. [https://lenta.ru/news/2021/06/25/rubikon\\_antirec/](https://lenta.ru/news/2021/06/25/rubikon_antirec/)).

Долгосрочный прогноз развития эпидемии *SARS-CoV-2* в Москве разработали учёные Санкт-Петербургского политехнического университета. По информации директора Центра компетенций национальной технологической инициативы «Новые производственные технологии» СПбПУ Алексея Боровкова, «новый пик заболеваемости *COVID-19* в столице ожидается уже осенью – в сентябре текущего года. Примерная дата максимума – 16-19 сентября. Прогнозируемые оценки амплитуды максимума 1,3-1,6 раза превышают таковые для предыдущего пика» (Ученые спрогнозировали новый пик заболеваемости *COVID-19* в Москве. [https://moslenta.ru/news/uchenye-sprognozirovali-novyi-pik-zabolevaemosti-covid-19-v-moskve-01-07-2021.htm?utm\\_source=from\\_lenta](https://moslenta.ru/news/uchenye-sprognozirovali-novyi-pik-zabolevaemosti-covid-19-v-moskve-01-07-2021.htm?utm_source=from_lenta); <https://lenta.ru/news/2021/07/01/coronavirus/>).

Однако ведущий научный сотрудник лаборатории молекулярной биологии МГУ им. М.В. Ломоносова Р. Зиновкин допускает, что уже через месяц, т.е. к августу, заболеваемость коронавирусом снизится, что не мешает её достичь осенью нового максимума. Такое мнение высказал директор по исследованиям агентства *Data Insight* Борис Овчинников. Учёный допустил, что «осенью непривитые школьники и студенты вернутся к учебе, деловая активность также возобновится, поэтому есть основания прогнозировать пик заболеваемости именно осенью (<https://lenta.ru/news/2021/07/01/coronavirus/>).

Эпидемиологическую ситуацию в пределах европейской территории России осложнил высокий температурный фон, обусловленный т.н. блокирующим антициклоном, закрепившимся в регионе летом 2021 года. В частности, профессор НИЦ эпидемиологии и микробиологии имени Н.Ф. Гамалеи Анатолий Альтштейн констатировал: «Если температура в Москве поднимется до 40 °С, я боюсь, вирус выживет, а мы нет». Поэтому «ожидать, что жара как-то сильно повлияет на передачу вируса, не стоит», если не пренебрегать средствами индивидуальной защиты. Ранее учёные Имперского колледжа

Лондона опубликовали в журнале *Proceedings of the National Academy of Sciences* исследование, в котором допустили, что эффективность передачи коронавируса *SARS-CoV-2* всё же зависит от сезона года, но теплой погоды недостаточно для сдерживания передачи вируса от одного человека к другому (Оценено влияние жары на заболеваемость коронавирусом в Москве. [https://lenta.ru/news/2021/06/22/zhara\\_coronavirus/](https://lenta.ru/news/2021/06/22/zhara_coronavirus/)).

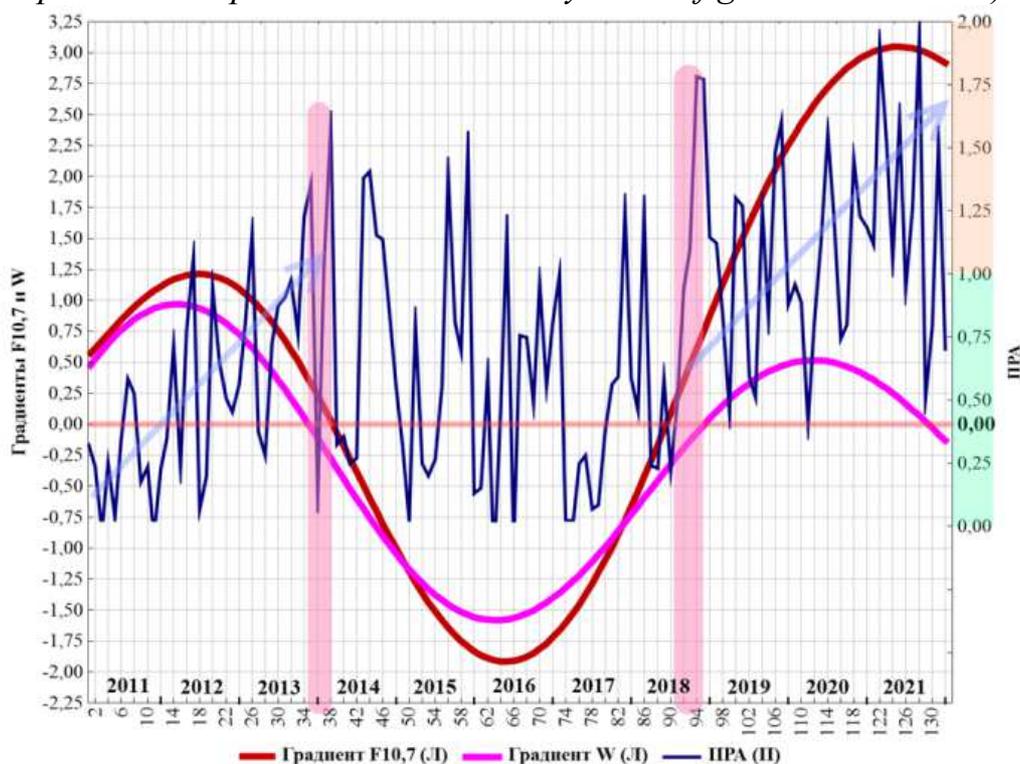
Свое видение влияния жары на коронавирус высказал профессор биологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова Н. Никитин. «По его мнению, за время пандемии стало понятно, что высокая температура воздуха не влияет на распространение инфекции». По мнению заместителя директора по клинико-аналитической работе ЦНИИ эпидемиологии Роспотребнадзора Натальи Пшеничной, на данный момент для оценки влияния жары на интенсивность циркуляции коронавируса специалисты не имеют достаточно данных (Эксперт оценила влияние жары на интенсивность циркуляции коронавируса. [https://lenta.ru/news/2021/06/26/zhara\\_corona/](https://lenta.ru/news/2021/06/26/zhara_corona/)).

Количественную оценку влияния погода на распространение коронавируса выполнила *Predict Services*, дочерняя компания *Météo-France*, специализирующаяся на анализе природных рисков. Согласно публикации в *Le Figaro*, учёными разработан прогностный «индекс климатической трансмиссивности *COVID-19 (IPTCC)* по шкале от 1 до 100, который зависит от двух параметров: температуры и влажности воздуха. Общая идея подхода состоит в том, что существуют идеальные условия для того, чтобы аэрозоли, переносящие вирус, оставались во взвешенном состоянии».

По мнению французских специалистов, «наиболее благоприятные для вируса условия формируются при температуре 5 °C и влажности 70 %. Во Франции в течение всей зимы этот индекс оставался в диапазоне от 50 до 80 единиц, прежде чем он начал более или менее постоянно снижаться с конца марта. В настоящее время он колеблется в диапазоне около 30 единиц и, похоже, продолжает снижаться по мере повышения температуры на территории страны».

Президент *Predict Services* Аликс Руманьяк допустил, что сильный «ветер, который рассеивает аэрозоли, и дождь, который очищает атмосферу, производят довольно положительный эффект, который ещё не принимается в расчёт в нашем индексе. Мы работаем над этим вопросом». Примечательно, что в период с июня по сентябрь 2020 года индекс оставался ниже 10 единиц. По мнению *Predict Services*, этот факт частично объясняет, летнее отступление эпидемии» (рис. 7). На основе своих исследований, французы допустили, что «только самые пессимистические сценарии заставляют опасаться четвертой национальной волны коронавируса, по крайней мере, в августе. Если же рецидив будет, то больше шансов наблюдать локальные отскоки вверх в самых гу-

стонаселенных районах или в районах с более слабым групповым иммунитетом» (*Le Figaro*// Борденав В., Вей Т. Эпидемия COVID-19 наконец-то позади? <https://www.inopressa.ru/article/27May 2021/lefigaro/covid19. html>).



**Рис. 7. Многолетний ход величин индекса ПРА, рассчитанных для Тульской области, и единственных колебательных мод полей градиентов индексов солнечной активности (F10,7 и W)**

Комментируя сообщение *Le Figaro* об исследованиях французской компании *Predict Services*, заметим, что подобные исследования нами выполнены, применительно для природных условий Тульской области (см. рис. 7). Анализу подлежала многолетняя динамика Потенциала загрязнения приземной атмосферы (ПЗА) в связи с ходом параметров солнечной активности (F10,7 и W), а также их трансформант. Понятно, что региональные условия рассеивания аэрозолей в приземной атмосфере существенно различаются от региона к региону. Тем не менее, весна и осень 2020 года действительно оказались отмечены довольно невысокими значениями ПРА, а летом наблюдался локальный максимум данного индекса.

В многолетнем же аспекте, в пределах территории Тульской области величины ПРА постепенно смещаются из области значений, соответствующих хорошим условиям рассеивания загрязняющих атмосферу веществ ( $0 < \text{ПРА} \leq 1$ ), в область значений, соответствующих, в целом, неблагоприятным – но не экстремальным – условиям рассеивания загрязняющих веществ ( $1 < \text{ПРА} \leq 2$ ).

По-видимому, это не противоречит региональным трендам глобального потепления, в т.ч. снижению средней скорости ветра, рассматриваемого как мощный фактор самоочищения воздуха.

Кроме того, мы допускаем, что интервалам положительных значений градиентов  $F_{10,7}$  и  $W$  соответствуют фазы роста индекса ПРА, а интервалам отрицательных значений – фазы снижения уровня ПРА. Области максимальных величин ПРА, т.е. снижения способности атмосферы к самоочищению, тяготеют к околонулевым значениям градиентов активности Солнца, особенно градиента  $W$ . Общий рост способности атмосферы к самоочищению в 2021 году формально коррелирует с большими значениями градиента  $F_{10,7}$  в начале 25-го солнечного цикла, по сравнению с аналогичной фазой 24-го цикла. Ближе к осени 2021 года величина индекса ПРА вновь снизится (см. рис. 7).

Уже в третьей декаде июня французское издание *Le Monde* констатировало резкий рост случаев заболевания COVID-19 в России из-за варианта *Delta* (<https://www.inopressa.ru/article/22Jun2021/lemonde/delta.html>).

Немецкое издание *Neue Zürcher Zeitung* заявило, что «Россию настигла пандемия, и она прибегает к радикальным мерам». «В Москве за короткий промежуток времени, – отмечает газета, – резко ухудшилась эпидемиологическая ситуация. Мэр столицы фактически вводит обязательную вакцинацию. <...> Весной 2021 года количество заражений... стабилизировалось на относительно высоком уровне. С мая оно неуклонно растёт. При этом появившиеся в других странах мутации вируса почти не становились предметом публичного обсуждения. По мнению автора публикации, в России «распространено ощущение, что, в целом, пандемия закончилась. При этом официальные данные о заболеваемости не отражают реальность. Миллионы россиян, вероятно, переболели коронавирусом, так и не попав в статистику. О высокой избыточной смертности с начала эпидемии власти молчат, хотя она объясняется COVID-19. <...> Среди населения невероятно распространены страхи перед опасными побочными эффектами вакцинации, такими как тромбоз и бесплодие, и даже слухи о генетических изменениях. <...> Непопулярные меры властей сказываются на и без того напряженном политическом настроении» (*Neue Zürcher Zeitung*// Маркус Акерет. Россию настигла пандемия, и она прибегает к радикальным мерам. <https://www.inopressa.ru/article/21Jun2021/nzz/pandemie.html>).

Анализируя ход эпидемии в 2020-2021 годах, журналист *The Times* допустил, что «избыточная смертность в России – количество умерших людей, превышающее статистически нормальный уровень, – намного выше, чем в большинстве других стран, и значительно превышает зарегистрированные показатели смертности от COVID-19. Об этом свидетельствуют статистические данные, собранные *The Economist*.<...> В декабре 2020 года заместитель премьер-министра РФ, отвечающая за вопросы здравоохранения, Татьяна Голикова, заявила, что 81 % из 230 тысяч избыточных смертей в России в период с

января по ноябрь 2020 года были вызваны коронавирусом. Большинство смертей в России произошло после её оценки» (*The Times*// Люсинда Эллиот. Россию обвиняют в занижении количества смертей от COVID-19. <https://www.inopressa.ru/article/02Jun2021/times/excessdeaths.html>).

В редакционной статье *Le Nouvel Observateur* отмечается, что в середине июня 2021 года, «перед лицом вспышки заражений COVID-19, власти России усилили меры по сдерживанию этой новой волны. <...> Тем не менее, россияне игнорируют вакцины, опасаясь этих препаратов» По мнению авторов публикации, «60 % россиян не хотят прививаться, несмотря на научное подтверждение эффективности вакцин», и цитируют заявление С.С. Собянина от 16.06.21 года: «Мы просто обязаны сделать все, чтобы в самые короткие сроки провести массовую вакцинацию и остановить страшную болезнь» (*Le Nouvel Observateur*// Вспышка заражений COVID, вакцинация буксует, ситуация в России драматическая. <https://www.inopressa.ru/article/17Jun2021/nouvelobs/covid.html>).

По мнению швейцарской газеты *Le Temps*, «низкий уровень вакцинации в России (менее 12 %) демонстрирует то, что россияне очень подозрительно относятся к национальной вакцине, при том, что ее зарубежные аналоги в России не распространяются. Подобная смесь беспечности и недоверия, вероятно, связана с тем, что власти решили отменить карантин в стране очень рано – в начале весны» (*Le Temps*// Эммануэль Гриншпан. Официально необъяснимый пик избыточной смертности в России. <https://www.inopressa.ru/article/25Jun2021/letemps/pensioners.html>).

На этом непростом эпидемиологическом фоне заместитель председателя ЦБ РФ А. Заботкин, по сообщению ТАСС, допустил, что «наступление нового кризиса неизбежно». По мнению экономиста, «текущие меры поддержки экономики являются своевременными в качестве антикризисных. Однако, когда кризис закончится, их следует убрать... При этом Банк России готов повысить ключевую ставку выше шести процентов», что и произошло в июле 2021 года. Ранее глава комитета Государственной думы РФ по бюджету и налогам А. Макаров заявил, что «мировую экономику в ближайшие годы ждет новый масштабный кризис, по сравнению с которым Великая депрессия США покажется детской игрушкой» (ЦБ призвал готовиться к новому кризису. <https://lenta.ru/news/2021/06/23/crizis/>).

Помимо прироста заболеваемости, ещё одно обстоятельство развития эпидемии привлекает всё большее внимание специалистов. Французское издание *Le Figaro* утверждает, что, по сообщению директора министерства здравоохранения Израиля, «40 % новых случаев заболевания – это вакцинированные люди, а это означает, что вариант вируса *Delta* очень заразен». При этом, по состоянию на 21 июня, 60,8 % населения Израиля получили первую дозу вак-

цины РНК-вакцины *Pfizer* и 56,9 % населения вакцинированы полностью. Поэтому «цифра в 40 % вакцинированных людей среди новых заразившихся действительно вызывает беспокойство».

Анализируя миссии и возможности представленных на глобальном рынке вакцин, издание резюмирует: «вакцинация определённо не защищает вас от заражения, но и эффект её не равен нулю, в том числе с вариантом *Delta*, о чем свидетельствует возобновление эпидемии, наблюдаемое в Соединённом Королевстве... Разница заболеваемости между привитыми и непривитыми людьми в Великобритании достигает 1 : 8, что не так уж мало, поскольку мы... говорим только о втором эффекте вакцинации (снижение передачи *Sars-CoV-2*), а не о первом (предотвращение тяжёлых форм *COVID-19*)».

«Итак, – заключает автор публикации, – вакцинация в Израиле вовсе не является провальной... Коллективный иммунитет не был достигнут, а защита вакцин от передачи вируса не является полной, что неудивительно, особенно перед лицом более заразного варианта *Delta*. Зато защита от тяжёлых форм уже является победой. <...> Отсюда – призыв к бдительности: как в Великобритании, так и в Израиле и во Франции» (*Le Figaro*// Алексис Ферчак. В Израиле среди новых случаев Covid-19 40% составляют вакцинированные: это провал? <https://www.inopressa.ru/article/23Jun2021/lefigaro/israel.html>).

Эту тему развивает автор публикации в швейцарской газете *Le Temps*: «в Швейцарии, где 26 % населения были полностью вакцинированы... и 15 % получили одну дозу, эпидемиологическая ситуация, похоже, не свидетельствует о значительном ослаблении мониторинга индивидуальных защитных мер. Случаи заражения *SARS-CoV-2* после первой или второй дозы вакцины действительно выявлены».

«Мы не знаем, кто из привитых людей соблюдал меры, а кто нет..., – анализирует ситуацию кантональный врач Женевы Аглая Тарден. – В любом случае, вакцина редко оказывается безусловно эффективной, и если она не срабатывает, то чаще всего это связано с иммунным ответом человека, который может ухудшиться в пожилом возрасте. <...> При этом ни одна вакцина, разработанная на сегодняшний день, не является на 100 % эффективной против заражения *SARS-CoV-2*» (*Le Temps*// Сильвия Ложан. Заразиться после вакцинации вполне возможно, с некоторыми это уже произошло. <https://www.inopressa.ru/article/18Jun2021/letemps/vaccine.html>).

В этой связи Европейский центр профилактики и контроля заболеваний (*ECDC*) отметил, что достигнутых Евросоюзом уровней вакцинации населения недостаточно и допустил приближение новой волны выявляемого числа заболеваний *SARS-CoV-2*. В частности, «в центре заявили, что Европа столкнулась с новой проблемой: иммунизации сильно отличаются от страны к стране. <...> В некоторых странах... вакцины доступны, но люди не хотят прививаться. Властям необходимо попытаться обратиться к этой части населения».

Ранее глава этой организации Андреа Аммон (*Andrea Ammon*) допустила быстрое распространение во всех странах Европы индийского штамма коронавируса: «к августу 2021 года 90 % случаев заболевания *COVID-19* на европейской территории будут приходиться на дельта-вариант вируса» (В Европе спрогнозировали наступление новой волны коронавируса. <https://lenta.ru/news/2021/07/01/volna/>).

Во Франции четвёртая волна коронавируса также может отмечаться осенью. С таким прогнозом выступил глава Научного совета Франции Жан-Франсуа Делфрасси в интервью изданию *France Inter*. «Он подчеркнул, что несмотря на снижение случаев инфицирования, исключать приход новой волны нельзя, так как летом люди наверняка расслабятся. Он призвал жителей страны помнить о вакцинации. <Однако> из-за большого числа сделавших прививку четвертая волна будет отличаться от предыдущих» ([https://lenta.ru/news/2021/06/30/fourth\\_wave/](https://lenta.ru/news/2021/06/30/fourth_wave/)).

По сообщению ТАСС, в начале июня 2021 года Президент РФ В.В. Путин заявил о выходе России из сложной эпидемиологической ситуации, связанной с распространением *SARS-CoV-2*. Но риски, связанные с эпидемией, сохраняются; «тревог по этому поводу ещё достаточно» (В.В. Путин заявил о выходе России из сложной эпидемиологической ситуации. <https://lenta.ru/news/2021/06/01/exit/>).

Действительно, по словам заведующего лабораторией Института молекулярной генетики РАН и Университета Ратгерса в США Константина Северинова, четвёртая волна коронавируса неизбежна и в России. По мнению учёного, до недавних пор в стране наблюдался очень низкий уровень вакцинирования, а также плохо соблюдались правила социального дистанцирования – «вирусу много есть, где развернуться». При этом «избыточно конкретизированные прогнозы... <динамики эпидемии> несерьезны, но если рассматривать их как попытку сообщить населению, что четвёртая волна неизбежна, то это действительно так» (Биолог предупредил о неизбежности четвертой волны коронавируса в России. [https://lenta.ru/news/2021/06/30/fourth\\_wave/](https://lenta.ru/news/2021/06/30/fourth_wave/)).

В статье *Süddeutsche Zeitung* внимание читателя привлечено к тому обстоятельству, согласно которому «примерно каждый десятый человек, перенесший заражение коронавирусом, борется с поздними последствиями заболевания, а многие даже не могут нормально работать». Такое мнение высказала глава министерства научных исследований ФРГ Аня Карличек. Директор Института клинической молекулярной биологии при Университетской клинике Шлезвиг-Гольштейна Штефан Шрайбер допустил вероятность ещё большего количестве пациентов с «долгим ковидом». <...> Эти люди настолько больны, что в некоторых случаях даже не могут работать. Но даже если они всё ещё работают, они работают неэффективно, и страдает качество

их жизни (рис. 8). <У подобных пациентов...> могут наблюдаться повторяющиеся головные боли, они испытывают сильную усталость или трудности с концентрацией внимания. Это – не просто продолжение ковида. Это отдельная, новая клиническая картина. При этом отдалённые последствия коронавирусной инфекции проявляются независимо от того, в легкой или тяжелой форме протекала болезнь изначально». ФРГ, в рамках проекта *Napkon*, выделила 30 млн евро на изучение отдалённых последствий заболевания населения COVID-19 (*Süddeutsche Zeitung*// Кристина Кункель. «Долгий ковид»: что происходит в организме после коронавирусной инфекции? <https://www.inopressa.ru/article/01-Jun2021/sueddeutsche/longcovid.html>).



**Рис. 8. Сюжет греческой мифологии: битва Геракла с Гидрой**

Свое достойное место в корпусе публицистических и научных источников, обсуждающих проблемы и последствия пандемии *SARS-CoV-2*, занимают работы российского микробиолога, автор исследований по истории эпидемий особо опасных инфекций; по истории разработки и применения химического и биологического оружия, механизмам появления и распространения среди людей возбудителей инфекционных болезней; по безопасности биомедицинских клеточных продуктов и иммунобиологических препаратов; автора 6 монографий, более чем 150 публикаций в специальных и открытых изданиях, пяти изобретений по средствам специфической профилактики сибирской язвы, сапа, мелиоидоза; сотрудника Федерального государственного бюджетного учреждения «27й Научный центр» Министерства обороны Российской Федерации (27 НЦ МО РФ), заместителя главного редактора научно-практического журнала «Вестник войск РХБ защиты» Министерства обороны РФ, полковника медицинской службы запаса Михаила Васильевича Супотницкого ([supotnitskiy.ru](http://supotnitskiy.ru)).



*Михаил Васильевич Супотницкий*

Мы ведём речь о размещённых на сайте *supotnitskiy.ru* статьях учёного «Новый коронавирус *SARS-CoV-2* в аспекте глобальной эпидемиологии коронавирусных инфекций» (Вестник войск РХБ защиты. 2020. Т. 4. № 1. С. 32-65, DOI) и «Пандемия *COVID-19* как индикатор «белых пятен» в эпидемиологии и инфекционной патологии» (Вестник войск РХБ защиты. 2020. Т. 4. № 3. С. 338-373, DOI). Однако включение данных текстов в нашу аргументацию будет выполнено позже.

В заключении обзора обратим внимание на следующее обстоятельство. В 2019 году зарубежные и российские СМИ сообщили, что 15 апреля загорелся собор Парижской Богоматери – Нотр-Дам-де-Пари (48°51'12" с.ш.). В результате пожара обрушился шпиль собора высотой 96 метров, возвышавшийся над его восточной частью. А в последний день октября крупный пожар произошёл в замке Сюри (город Наха, Окинава; 26°12'44" с.ш.), входящем в список всемирного наследия, полностью уничтожив семь строений, включая главное здание комплекса. Во времена Рюкюского государства замок служил резиденцией японских монархов.

В статье «Геополитический контекст социально-экономического развития России в конце 2018 – 2019 годах», опубликованной в Вестнике ТулГУ, серии «Экология и безопасность жизнедеятельности» (ТулГУ, 2019, 372 с.), мы, в частности, писали: «объединяют ли эти события связи какого-либо ряда и стоит ли их рассматривать как наглядные маркеры воплощения подобного ряда, безусловно, покажет время. Однако есть предощущение, что это – весьма недалёкое будущее. <...> По мнению М.Г. Делягина, в контексте проблематики кризисов развития, понятия «самосбывающаяся, самоутверждающаяся, самообоснованная паника» (*self-validating panic*) следует рассматривать как сино-

нимы. Экономист допустил аналогию с понятием «самоисполняющееся пророчество, или прогноз» (*self-fulfilling prophecy*). То есть, речь ведётся о ситуациях, когда сделанное кем-то предсказание определённого события порождает само это событие».

Итак, гелиогеофизические процессы – часть единого физического процесса, который начинается на Солнце и заканчивается на Земле. Влияние фактора солнечной активности на организм человека осложняется одновременным действием социальных, психолого-эмоциональных, производственных и иных факторов повседневной жизни. Электромагнитные и корпускулярные излучения Солнца оказывают воздействие на все геосферы Земли, включая биосферу и техносферу. Поэтому учёт данных идей, наряду с признанными концепциями естественных наук, при разработке и практической реализации методологии исследований различных аспектов социальной динамики, включая динамику эпидемиологического процесса *SARS-CoV-2*, актуален, эмпирически и эвристически целесообразен [19].

### Библиографический список

1. Каракое П.С. Проблема философских оснований и научности космических идей А.Л. Чижевского// Журнал Белорусского государственного университета. Серия «Философия. Психология». 2019. № 3. С. 9-15.
2. URL: <https://www.ngdc.noaa.gov/stp/solar/flux.html> (дата обращения: 15.03.2019).
3. URL: Pentiction solar radio flux values from SGD explanation of data reports. <http://www.wdcb.ru/stp/data/solar.act/flux10.7/%20%20pentiction.txt> (дата обращения: 15.03.2019).
4. URL: [https://www.ngdc.noaa.gov/stp/space-weather/solar-data/solar-features/solar-radio/noontime-flux/pentiction/pentiction\\_adjusted/listings/](https://www.ngdc.noaa.gov/stp/space-weather/solar-data/solar-features/solar-radio/noontime-flux/pentiction/pentiction_adjusted/listings/) (дата обращения: 15.03.2019).
5. Чижевский А.Л. Земля в объятиях Солнца. М.: Изд-во Эксмо, 2004. 928 с. (Антология мысли).
6. Волков А.В. Прогноз параметров 25-го солнечного цикла и сопряжённой социальной динамики// Вестник ТулГУ. Серия «Экология и безопасность жизнедеятельности». Тула: Изд-во ТулГУ, 2020. 411 с. С. 257-295.
7. Рудакина Л.В. Закономерности влияния гелиогеофизических факторов на психическую патологию по данным клинических наблюдений за два 11-летних цикла солнечной активности. URL: <http://www.psychiatry.ua/books/saburka/paper166.htm> (дата обращения: 19.10.2007).
8. Бочарова Т.А., Воронов И.А. Хронопсихотелесные причины травматизма и случаев проявления неадекватного поведения// Учёные записки университета имени П.Ф. Лесгафта. 2013. № 9 (103). С. 36-41.
9. URL: <https://tesis.lebedev.ru/info/20190904.html> (дата обращения: 15.10.2020).
10. URL: <https://tesis.lebedev.ru/info/20200529.html> (дата обращения: 15.10.2020).
11. URL: [https://tesis.lebedev.ru/info/20200529\\_01.html](https://tesis.lebedev.ru/info/20200529_01.html) (дата: 15.10.2020).
12. URL: <https://tesis.lebedev.ru/info/20200601.html> (дата обращения: 15.10.2020).
13. URL: <https://tesis.lebedev.ru/info/20200928.html> (дата обращения: 15.10.2020).
14. Волков А.В. Механизм ретроактивности как основа представлений о колебательной природе мышления и деятельности человека// Современные проблемы экологии и безопасности: Третья Всероссийская научно-техническая Интернет-конференция: Сб. матер. конф. Под ред. Э.М. Соколова. Тула: Изд-во ТулГУ, 2007. 335 с. С. 260-264.

15. URL: <https://izmiran.ru/services/saf/> (дата обращения: 25.10.2020).

16. Волков А.В. Гелиогеофизическая природа сезонной картины заболеваемости человека вирусной этиологии // Современные проблемы экологии: Доклады XXVI всерос. науч.-практич. конференции / под общ. ред. В.М. Панарина. Тула: Инновационные технологии, 2021. 161 с. С. 105-117. URL: [https:// http://www.semikonf.ru/Архив](https://http://www.semikonf.ru/Архив) (дата обращения: 30.05.2021).

17. Волков А.В. Выявление закономерностей сезонной картины солнечной активности и сопряжённых вариаций поведения биологических систем // Вестник ТулГУ. Серия «Экология и безопасность жизнедеятельности» / под общей ред. д-ра техн. наук, проф. В.М. Панарина. Тула: Изд-во ТулГУ, 2020. 411 с. С. 296-315.

18. Фёдоров В.М. Солнечная радиация и климат Земли. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2018. 232 с.

19. Волков А.В. Гелиогеофизическая природа сезонной картины заболеваемости человека вирусной этиологии // Современные проблемы экологии: доклады XXVI всерос. науч.-практич. конференции под общ. ред. В.М. Панарина. Тула: Инновационные технологии, 2021. 161 с. С 105-117.

УДК 316.4.051.2: 316.4.06

А.В. Волков, канд. техн. наук, доц., [wolkow.av@mail.ru](mailto:wolkow.av@mail.ru)  
(Россия, Тула, ТулГУ)

## **НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ ЭПИДЕМИИ COVID-19 В РОССИИ: ОСОБЕННОСТИ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ И ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТРЕНДА**

*Представлены результаты анализа наиболее адекватных моделей тренда и диагностической компоненты эпидемического процесса, динамики суточного прироста заболевших COVID-19 в России и различных вариантов выражения её скорости, сформулирована и обоснована гипотеза временной структуры фаз эпидемиологического процесса. Установлено, что предложенная модель тренда описывает свыше 99 % общей дисперсии поля, а диагностическая компонента – менее 1 % дисперсии, что свидетельствует об информативной природе последней. Каждая компонента модели несёт свою долю информации о процессе. Логистическая компонента отражает динамику развития популяции агента при достатке ресурсов и практическом отсутствии сопротивления среды. Использование в модели тренда нескольких колебательных компонент обеспечивает более адекватный результат, по сравнению с моделью с линейной частью. Установлено, что анализ временной динамики эпидемии требует перехода от общей численности заболевших к суточному приросту заболевших и скорости его изменения, т.е. к первой и второй производным процесса. Суточный прирост заболевших отмечен быстрым нарастанием дисперсии процесса и медленным её снижением, т.е. асимметрией цикла. Дисперсия минимальных и максимальных фаз ряда возрастает. Видимо, это свидетельствует, что эпидемиологический процесс набирает силу. Сформулированы иные закономерности развития эпидемии COVID-19 в России.*

*Ключевые слова: COVID-19, эпидемиологический процесс, поле социального поведения, динамика социальных процессов, ритмы, волны, статистические методы обработки данных, ряды наблюдений, спектральный анализ.*

## **Введение**

По мнению авторов редакционной статьи издания *The Economist*, опубликованной в июле 2021 года, «Россия находится в разгаре третьей и самой серьёзной волны коронавируса. Ежедневно умирает больше людей, чем когда-либо во время пандемии. Число новых ежедневных случаев заболевания в настоящее время составляет около 25 тысяч, что несколько меньше, чем в Великобритании, и оно продолжает расти. <...> Всего этого можно было избежать. Год назад правительство <РФ> решило отменить частичный локдаун..., надеясь сэкономить деньги... Но цифры лгали. К февралю 2021 года в России был один из самых высоких показателей избыточной смертности в мире, согласно статистике, собранной *The Economist*. На тот момент зарегистрировано на 460 тысяч смертей больше, чем обычно, в то время как официальное число погибших от COVID-19 было более скромным – 85 тысяч. <...> Ничто... не предвещает ничего хорошего для больниц по всей стране, поскольку число заражений продолжает расти».

Тем не менее, *The Economist* констатирует, что российская вакцина «Спутник V», по крайней мере, так же безопасна и эффективна, как и другие вакцины на основе аденовируса, включая вакцины, производимые компаниями *Astra Zeneca* и *Johnson&Johnson*... Безусловно, доверие к вакцинам хрупкое везде» (*The Economist*// Смертность от COVID-19 в России стремительно растёт. URL: [https:// www.inopressa.ru/article/09Jul2021/economist/ russia. html](https://www.inopressa.ru/article/09Jul2021/economist/russia.html)).

Поэтому исследования, ориентированные на *формальный анализ* и прогноз некоторых характеристик развития эпидемического процесса SARS-CoV-2 (COVID-19) в Российской Федерации, а также в ареале Восточной Европы, на выявление пространственно-временных закономерностей данного процесса, – актуальны и практически значимы.

*Идея* нашего исследования состоит в следующем: формальная обработка данных об общей численности заболевших в РФ (с 22.01.2020 года по 04.07.2021 года), организованных в виде временного ряда, заимствованных из базы данных Университета Джонса Хопкинса, позволяет предложить не только оптимальный – применительно к классу решаемых задач – алгоритм обработки данных, то есть указать последовательность и специфику статистических приёмов их трансформации, но и сформулировать прогностические критерии, позволяющие оценивать динамику развития ситуации в других регионах мира.

В расчёте использованы представленные в свободном доступе данные интернет-ресурса «*JHU CSSE COVID-19 Dataset*» ([https://raw.githubusercontent.com/CSSEGISandData/COVID-19/master/csse\\_covid\\_19\\_data/csse\\_covid\\_19\\_time\\_series/time\\_series\\_covid19\\_confirmed\\_global.csv](https://raw.githubusercontent.com/CSSEGISandData/COVID-19/master/csse_covid_19_data/csse_covid_19_time_series/time_series_covid19_confirmed_global.csv)).

Выполнено сопоставление указанной информации с официальными российскими данными об общей численности заболевших *SARS-CoV-2* (*COVID-19*), заимствованными на ресурсе <https://infotables.ru/meditsina/1256-obshchaya-statistika-koronavirusa-po-dnyam-v-rossii-tablitsa>.

Согласно информации интернет-издания «Википедия», агрегатором данных о динамике пандемии *COVID-19* выступает частный американский Университет Джонса Хопкинса (*Johns Hopkins University; JHU*).

Университет Джонса Хопкинса основан в 1876 году и расположен в городе Балтимор (штат Мэриленд, США); обучает более 26 тысяч студентов, 5,5 тысяч бакалавров, 20 тысяч магистрантов и докторантов; оперирует целевым фондом в \$6,28 млрд долларов. В разные годы с ним сотрудничали 36 лауреатов Нобелевской премии. Девизом университета избрано латинское изречение *Veritas vos Liberabit* – истина сделает вас свободными. Филиалы университета организованы в Китае (**Нанкин**, провинция Цзянсу; важнейший порт в низовьях реки Янцзы и столица государства в XIV-XV веках) и Италии (**Болонья**; важнейший транспортный узел, старейший в Европе университет) – государствах, с которых началась история пандемии *SARS-CoV-2*, в т.ч. международное сотрудничество по этой линии.

*JHU* – одна из наиболее цитируемых научно-образовательных организаций мира, занимает высшие позиции в международных рейтингах, является крупнейшим, после Массачусетского технологического института, образовательным центром по объёму выполняемых военных проектов – как в США, так, вероятно, и во всём мире. В состав университета входят пять кампусов, включающих восемь школ (инженерная и педагогическая; школа медицины, медицинских сестёр, общественного здоровья и здравоохранения, Госпиталь Джонса Хопкинса), консерватория, лаборатория прикладной физики, Школа передовых международных исследований Пола Нитце (Вашингтон) – известный образовательный центр, ориентированный на подготовку специалистов в области международных отношений, мировой экономики, дипломатии и политики.

Расположенная в штате Мэриленд Лаборатория прикладной физики (*APL*) не ведёт образовательной деятельности, а проводит исследования в качестве подрядчика Министерства обороны США и НАСА. Научно-исследовательская и опытно-конструкторская деятельность по заказу видов вооружённых сил, родов войск и служб, а также предприятий-подрядчиков военно-промышленного комплекса США является главной статьёй дохода университета.

Известность получили учения «Событие-201», проведённые *JHU* 18 октября 2019 года в Нью Йорке при участии Фонда Билла и Мелинды Гейтс и Всемирного экономического форума (рис. 1). В ходе учений моделировался процесс распространения пандемии нового коронавируса, похожего на вирус гриппа или ОРВИ, передаваемого сначала от летучих мышей к свиньям и далее к человеку. Первичным очагом инфекции признавались фермы Бразилии. В человеческой популяции заражение осуществлялось *воздушно-капельным путём*, а также при тактильных контактах. Особенностью вируса заявлены высокая скорость распространения, отсутствие эффективной вакцины и избирательная смертность населения. За первые 18 месяцев пандемии от вируса умрут 65 млн человек. Со временем – с момента появления эффективной вакцины и/или достижения уровня коллективного иммунитета более 80 % – пандемия замедляется из-за уменьшения числа восприимчивых людей. Далее коронавирус становится сезонным заболеванием. За годы пандемии объём мировой экономики сократится на 11 % (рис. 2; [https://ru.wikipedia.org/wiki/Событие\\_201](https://ru.wikipedia.org/wiki/Событие_201)).



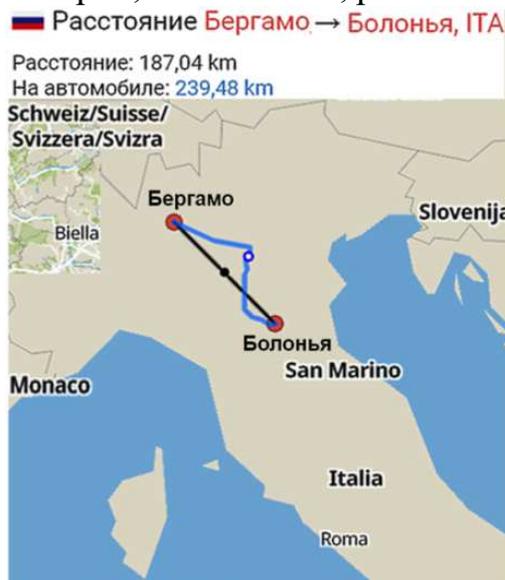
Рис. 1. Ситуационные учения «Событие -201» (18.10.2019)



Рис. 2. Информация о содержании учений «Событие -201» (<https://www.centerforhealthsecurity.org/event201/scenario.html>; <https://mislpronzaya.livejournal.com/1441984.html>;

*Youtube. Event-201. Pandemic Exercise: Highlights Reel)*

Примечательно, что начальный этап развития пандемии в Европе оказался сопряжён с итальянским городом Бергамо (рис. 3), расположенным всего в 200 км от Болоньи, в которой, номинально, расположен филиал *JHU*.



**Рис. 3. Оценка расстояния между городами Бергамо и Болонья**

В это тяжёлое время РФ оказала Италии помощь. Начиная с 22 марта 2021 года, в Италию прибыли 15 самолетов ВКС РФ с военными вирусологами и специалистами Минобороны в области эпидемиологии. Они доставили восемь врачебно-сестринских бригад, а также оборудование для диагностики и дезинфекционных мероприятий. По словам Министра иностранных дел Италии, республика ожидала прибытие «около восьми команд российских медиков, которые поддержат итальянских врачей, особенно в Ломбардии, Пьемонте и Эмилия-Романье» (<https://www.vesti.ru/article/2088081>).

По заявлению официального представителя Минобороны РФ Игоря Конашенкова, «цели российской миссии 2020 года в Бергамо открыты, конкретны, прозрачны и чисты. Это бескорыстная помощь итальянскому народу, оказавшемуся в бедственном положении из-за пандемии COVID-19» (<https://ria.ru/20200402/1569503864.html>).

Посол РФ в Италии С. Разов категорически опроверг мнение о том, что Россия потребует от Италии «оплатить счёт», а о пользе российских поставок он посоветовал спросить у жителей Бергамо, «среди которых, к сожалению, немало заболевших и погибших... А что касается политики и пропаганды, – резюмировал посол, – то... подобные суждения – продукт извращенного сознания» (<https://www.rbc.ru/politics/26/03/2020/5e7c99cc9a794781f61ae316>).

Помощь Италии в борьбе с *COVID-19* оказал и Китай, в то время как страны-члены ЕС и Евросоюз в целом не проявили солидарности с наиболее пострадавшей от коронавируса страной. В то же время, немецкое агентство *DW* допустило, что предоставляя помощь Италии, Москва и Пекин руководствуются не только гуманитарными соображениями: «Такие страны, как Россия и Китай, всегда преследуют свои политические интересы». Правда, Евросоюз также не остался в стороне от борьбы с коронавирусом в Италии. Ещё в феврале 2020 года Европейский центр профилактики и контроля заболеваний (*ECDC*) вместе со Всемирной организацией здравоохранения отправили в Италию миссию с тем, чтобы консультировать местные власти; от *ECDC* в нее вошли шесть экспертов. Под критику попал Европейский центральный банк. Лишь 19 марта он объявил о программе по поддержке экономики объединения в размере 750 млрд евро (<https://www.dw.com/ru/рф-и-кнр-помогают-италии-в-борьбе-с-коронавирусом-благородство-или-пиар/a-52904286>).

Полгода спустя, в начале августа 2021 года, больницы другого, причастного к *JHU*, города Нанкин китайской восточной провинции Цзянсу приостановили плановый приём пациентов на фоне новой вспышки коронавируса. По состоянию на 1 августа, в городе зарегистрировано 215 случаев заболевания. По официальной информации Центра по контролю и профилактике заболеваний Нанкина, источником новой вспышки, которая распространилась на несколько десятков городов внутри страны, стал рейс авиакомпании «Эйр Чайна», прибывший 10 июля из Москвы (<https://smotrim.ru/article/2595452>). По мнению издания *Le Monde*, «вариант Дельта проник в щели китайской “санитарной стены”... и может поставить под сомнение те стратегии, которые раньше пользовались наибольшим успехом: будь то массовая вакцинация... или метод карантина плюс массовые тестирования, как в Китае или Соединенных Штатах» (<https://www.inopressa.ru/article/05Aug2021/lemonde/delta.html>).

Тем не менее, именно ресурс «*JHU CSSE COVID-19 Dataset*» содержит ежедневные отчёты о динамике пандемии (*csse\_covid\_19\_daily\_reports*), сводку временных рядов по различным государствам (*csse\_covid\_19\_time\_series*), информацию о текущем изменении данных и другие разделы в формате времени *UTC (GMT + 0)*.

При анализе позиции *csse\_covid\_19\_time\_series* внимание уделялось названию страны, региона или суверенитета, принятому Государственным департаментом США (*Country, Region*); условным географическим координатам территории, которые не являются репрезентативными для конкретного адреса, здания или любого места в пространственном масштабе, более крупном, чем, например, провинция или штат (*Lat, Long*); подтверждённое количество всех случаев заболевания *SARS-CoV-2* (подсчеты включают подтвержденные и вероятные случаи заболевания, о которых имеются сообщения; *Confirmed*). Формат представления даты – *MM/DD/YYYY*.

Данные о смертности (*Deaths*), т.н. восстановленных случаях заболевания (*Recovered*), активных случаях заболевания (*Active cases = total cases – total recovered – total deaths*) и иные характеристики пандемии в данном расчёте не использовались.

В исследовании основное внимание уделено следующим государствам Восточной Европы (*Country (Lat, Long)*): *Russia* (61.524,105.319), *Romania* (45.943, 24.967), *Poland* (51.919, 19.145), *Ukraine* (48.379, 31.166).

Величины длины дуги в один градус по долготе (по линии запад → восток) и по широте (по линии юг → север) принимались по данным ресурса <https://www.kakras.ru/mobile/book/dlina-dugi.html>.

Анализ указанного массива информации, реализация целей и задач исследования требует привлечения не только надёжных данных, эффективных – для данного класса задач – способов и методов их математической обработки, графической визуализации, то есть методологии обработки данных, но и глубоких оснований исследований – как эмпирических, так и философских. Согласно императиву В.И. Вернадского, «нет науки без философии».

Проблема философских оснований познания нередко обсуждается в работах российского мыслителя А.Г. Дугина. Согласно представлениям учёного, изложенным в еженедельнике «Завтра», современная структура знания ориентирована на последовательный отказ от иерархии. По сути, онтологическая база научной картины мира – двухмерна: все знаки, символы, понятия и феномены расположены в пределах единой смысловой плоскости. Ограничения подобной системы познания и знания не «снимут» никакие «научные модели – теория относительности, квантовая механика, общая теория поля, теории хаоса, фракталов или суперструн... Пока мысль помещена в двумерный логос, она, по определению, будет обречена на круговращение в псевдологическом лабиринте».

Здание современной науки необходимо формировать «на вертикальной таксономии... Для наглядности трёхмерный логос можно назвать *орбитальным мышлением*. Так, при наблюдении за движениями небесных тел может сложиться впечатление, что светила и планеты сталкиваются между собой всякий раз, когда их положение – при взгляде с Земли на эклиптику – совпадает... Но, с учётом различия радиусов вращения самих планет..., гипотеза столкновения исчезает сама собой. При проекции же объёма на плоскость, при утрате вертикального измерения этого заметить невозможно. Чтобы понять природу явления, необходимо условный чертёж достроить до объёма, распаковать имплицитно содержащиеся в нём основания и допущения. Только в случае такой распаковки мы получим более или менее ясную картину мира».

Однако, «вся современная наука – от философии до естественных дисциплин – это именно чертёж, проекция, плоская схема. <...> Для исправления современной... парадигмы <познания> необходимо <вновь> обратиться к ор-

битальному мышлению. Только это позволит разрешить весь комплекс глобальных проблем» (Дугин А.Г. Трёхмерный Логос. Задача консервативно-революционной науки заключается в восстановлении иерархии. URL: [https://zavtra.ru/blogs/tryohmernij\\_logos](https://zavtra.ru/blogs/tryohmernij_logos); 04.07.2021).

Следуя этому философскому послыу, в данном исследовании количественному и качественному анализу подлежат одномерные (1D), двумерные (2D) и трёхмерные (3D) аналитические и графические модели процесса развития пандемии COVID-19 в ареале Восточной Европы на протяжении 22.01.2020 – 04.07.2021 годов. Начиная с 05.07.2021 года все заключения носят вероятностный прогнозный характер. Их историческая достоверность может быть установлена путём сопоставления прогнозных величин с новыми фактическими данными, отражающими текущий этап пандемии.

Сопоставление данных Университета Джонса Хопкинса (далее – JHU) и российских официальных данных в виде линейных регрессий представлено на рис. 4 и 5.

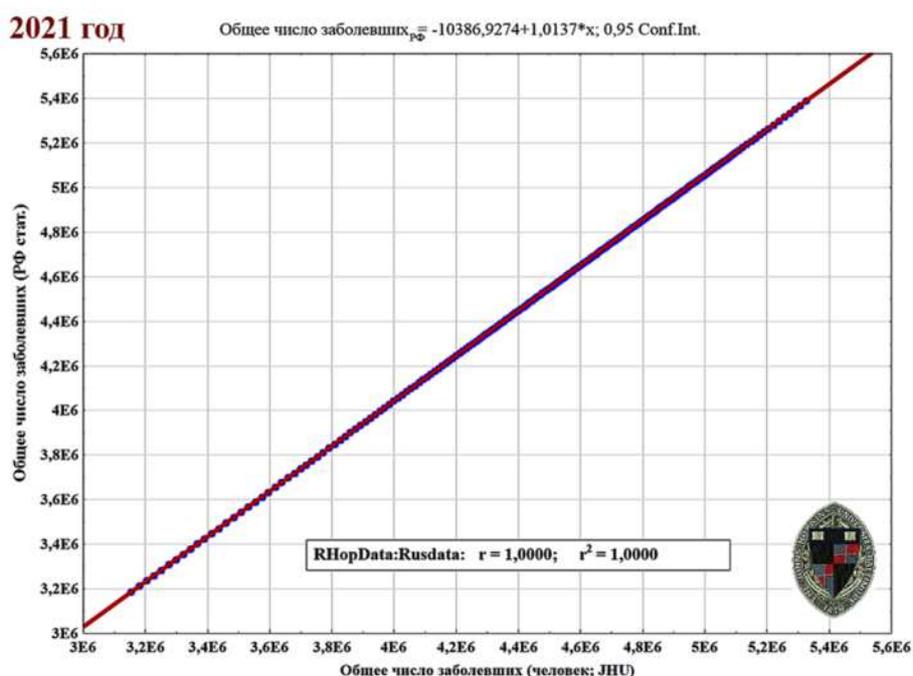
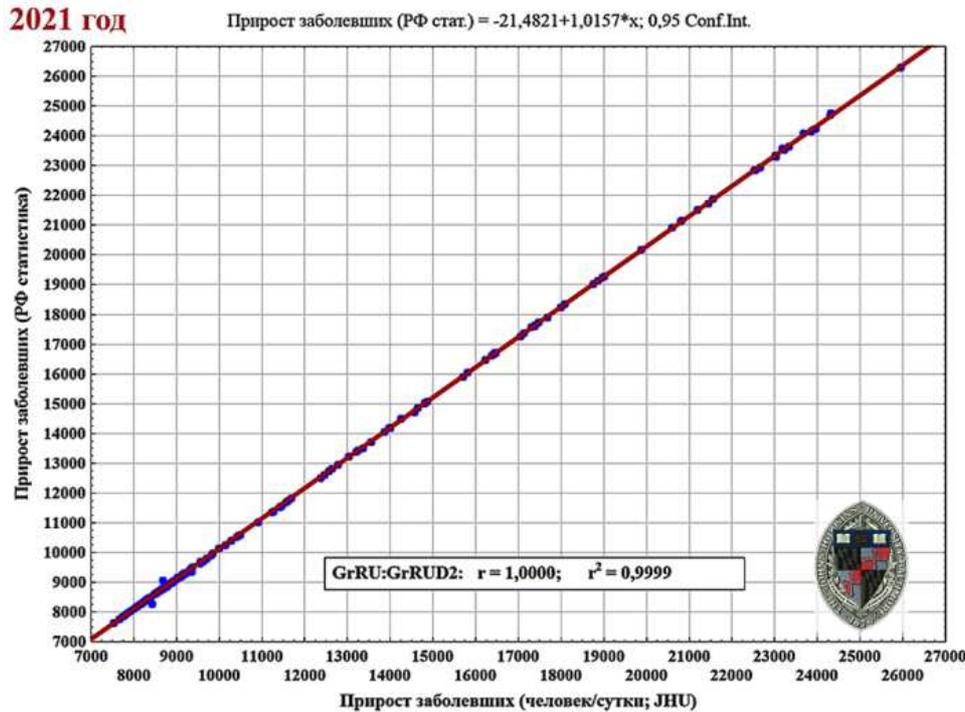


Рис. 4. Линейная регрессия общего количества заболевших COVID-19 в РФ по данным JHU и российским официальным данным за 2021 год



**Рис. 5. Линейная регрессия суточного прироста заболевших COVID-19 в РФ по данным JHU и российским официальным данным за 2021 год**

Итак, в целом за 2021 год (22.01...04.07), общее количество заболевших, отражаемое официальной российской статистикой, отличается от данных JHU на 10 387 человек.

Однако, обращает на себя внимание тот факт, что величина суточного прироста заболевших, несущая основную информацию о многолетней и сезонной динамике развития эпидемии, более устойчива и по данным привлекаемых источников различается незначительно: расчёт по российской официальной статистике даёт величину чуть меньшую (-21 человек; менее 1%), чем по базе данных JHU. В любом случае, при использовании тех или иных баз данных, в итоге может быть выполнен переход к российским официальным данным.

Поскольку в работе выполняются межгосударственные сопоставления, исходно рассматривается база данных, формируемая JHU.

В методологическом плане, необходимо сказать, что в данном исследовании общая численность заболевших интерпретируется как условная популяция, или группа, отличимая от других типологически сходных групп по объективным, измеримым показателям. Видимо, подобно динамике иных популяций, общая численность заболевших не остаётся постоянной величиной, а флуктуирует за счёт различного сочетания в текущий момент времени количества вновь заболевших, умерших и выздоровевших (особенно в аспекте

активных случаев заболевания, *active cases*). Иными словами, суммарное количество заболевших выступает «переходным состоянием» к иным, более или менее инвариантным состояниям в масштабе жизни отдельного человека и государства в целом.

### Предварительный анализ тренда эпидемиологического процесса

Как правило, начальным пунктом обработки любых данных статистической природы является задание математической модели поля. На основе этой модели определяют, какую часть поля считать сигналом, а какую – помехой. Сигнал может быть представлен либо детерминированной, то есть известной по форме и параметрам функцией, либо случайным процессом. В большинстве случаев поле  $F(t)$  представляют в виде суммы нескольких компонент:

$$F(t) = F_{\text{фон}}(t) + F_{\text{сигнал}}(t) + n(t),$$

где  $F_{\text{фон}}(t)$  – фоновая составляющая поля, или его тренд;  $F_{\text{сигнал}}(t)$  – полезный сигнал, аномалия, или диагностическая часть поля;  $n(t)$  – погрешность измерений, шум или помеха, обусловленная инструментальными и методическими ошибками эксперимента. Система, подчиняющаяся принципу суперпозиции, именуется *линейной системой*.

Следовательно,  $F_{\text{сигнал}}(t) + n(t) = F(t) - F_{\text{фон}}(t)$ . Поэтому наше исследование начинается с анализа и разработки модели тренда изучаемого процесса.

Поскольку ряды данных из базы *JHU* включают нулевые значения и достигают величин, порядка нескольких миллионов единиц (в частности, для РФ), прибавим ко всему ряду 1 и перейдём к десятичным логарифмам рассматриваемых величин (переменная  $Ru1$ ;  $Ru1 := \lg(Ru + 1)$ ). Далее будем оперировать логарифмами так же, как и исходными значениями. Укажем, что на 04.07.2021 года общее число заболевших в РФ составляло около 5,5 млн человек, что соответствует логарифму чуть более 6 единиц.

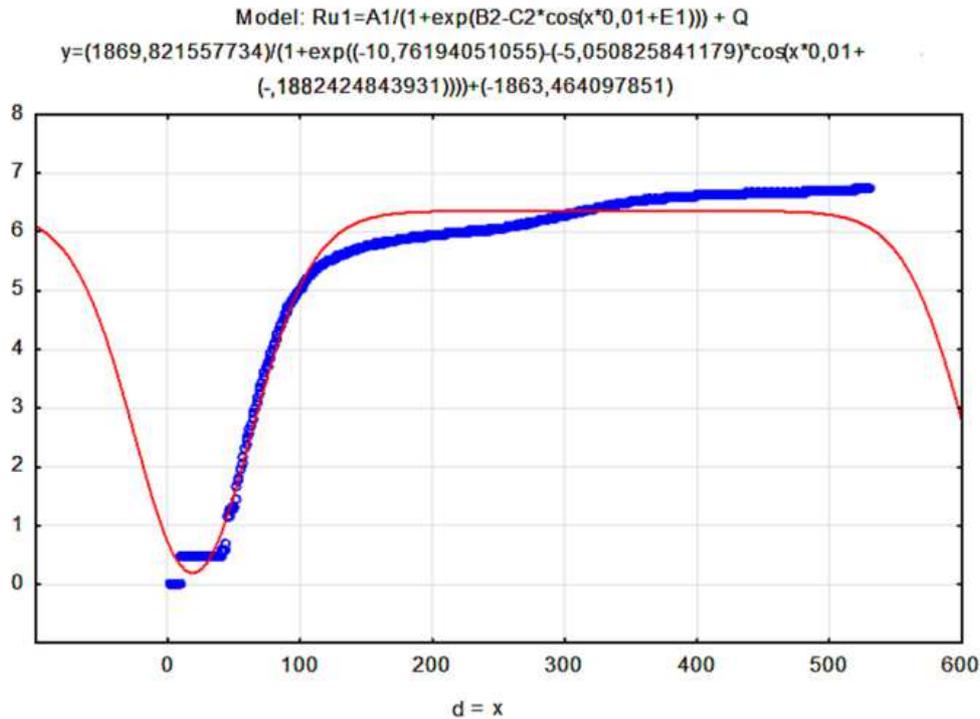
Анализ трансформированного ряда предполагает тестирование т.н. *логистической модели* его трендовой компоненты вида

$$Ru1 = A / [1 + \exp(B - C \cdot d)],$$

где  $d$  – аргумент ряда (номер значения показателя в последовательном их ряду);  $A$ ,  $B$ ,  $C$  – численные константы модели, определяемые методом наименьших квадратов (МНК).

Дополнительно к логистической компоненте модели тренда, тестируются гармоническая (одна или несколько) и линейная компоненты. В результате общая модель тренда являет собой сумму нескольких компонент, отражающих свои особенности, или закономерности, изменения фоновой компоненты изучаемого поля поведения людей, согласно теории К. Левина.

Одна из интересных моделей тренда представлена на рис. 6.



**Рис. 6. Модель тренда (в предположении о регулярности изучаемого процесса)**

Величина  $(2\pi/T) = 0,01$  соответствует  $T = 628,319$  суток и принята некритическим образом – лишь для визуализации возможного варианта построения модели. В целом, данная модель отражает гипотезу о скором завершении острой фазы эпидемии, которая, скорее всего, не найдёт фактического подтверждения.

По-видимому, более близкими к действительности являются и более сложные модели, представляющие собой сумму логистической компоненты, косинуса и линейного тренда

$$Ru1=A1/(1 + \exp(B1 - d \cdot C1)) + B2 \cdot \cos(d \cdot T1 + C2) + d \cdot B3 + Z$$

или сумму логистической компоненты и двух косинусов

$$Ru1=A1/(1+\exp(B1 - d \cdot C1))+B2 \cdot \cos(d \cdot T1 + C2) + B3 \cdot \cos(d \cdot T2 + C3) + Z,$$

где  $T1, T2$  – периоды колебаний (табл. 1, 2; рис. 4).

Таблица 1

Численные значения коэффициентов модели тренда, включающей линейную часть

N=530	Model: $Ru1=A1/(1+\exp(B1-d*C1)) + B2*\cos(d*T1+ C2) + d*B3 + \dots$ (COVID-Hopk-1)							
	Dep. var: Ru1 Loss: (OBS-PRED)**2 Rosenbrock and quasi-Newton Final loss: 3,298640417 R= ,99909 Variance explained: 99,818%							
Estimate	A1	B1	C1	B2	T1	C2	B3	Z
	-4,82003	-5,06758	-0,077304	5,020919	-0,001686	1,090198	-0,001372	2,540624

Таблица 2

Численные значения коэффициентов модели тренда, включающей два косинуса

N=530	Model: $Ru1=A1/(1+\exp(B1-d*C1)) + B2*\cos(d*T1+ C2) + B3*\cos\dots$ (COVID-Hopk-1)									
	Dep. var: Ru1 Loss: (OBS-PRED)**2 Estimation method: Rosenbrock and quasi-Newton Final loss: 3,128425016 R= ,99914 Variance explained: 99,828%									
Estimate	A1	B1	C1	B2	T1	C2	B3	T2	C3	Z
	5,247278	4,673259	0,071315	2,359937	0,001589	-1,11723	0,161668	0,009775	2,160050	-0,89210

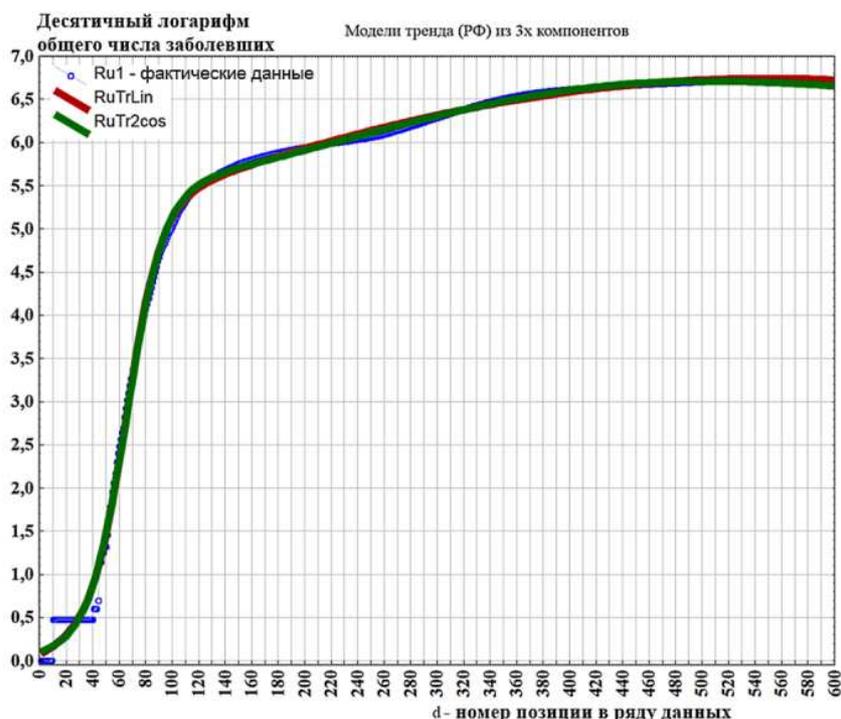


Рис. 7. Графическое представление моделей тренда эпидемического процесса в РФ, состоящие из трёх компонентов

Мы полагаем, что модель с двумя косинусами ( $RuTr2cos$ ), возможно, физически более адекватна в плане общей организации поля колебательными

процессами. Она же обеспечивает более чёткое выделение регулярности диагностической части поля. Модель с линейным трендом (*RuTrLin*) обеспечивает выделение регулярности диагностической части чуть хуже. Однако, стоит привлечь внимание к тому факту, что рассмотренные модели описывают свыше 99,8 % суммарной дисперсии, или изменчивости, поля (см. табл. 1, 2). Использование моделей для прогноза, безусловно, требует их корректировки с учётом вновь поступающих фактических данных.

Кроме того, подчеркнём, что в рамках используемой методологии, *только сумма* трендовой и диагностической компонент, с той или иной математической точностью и физической достоверностью, приближает ход фактических значений поля. Рассматриваемые по отдельности, эти компоненты вполне могут проявлять свои специфические черты, в т.ч. показывать некоторое снижение величины изучаемого параметра.

В модели тренда, содержащей линейный компонент (*RuTrLin*), величина численного коэффициента при аргументе – отрицательна ( $B3 = -0,0014$ ). Физически, это соответствует как раз снижению величины фоновой компоненты поля, что вызывает сомнения. Поэтому далее рассмотрим общую модель тренда, объединяющую логистическую модель, два косинуса и степенной (нелинейный) тренд вида  $[A \cdot d + B \cdot d^k]$ :

$$Ru1 = A1 / (1 + \exp(B1 - C1 \cdot d)) + A2 \cdot \cos(T2 \cdot d + B2) + A3 \cdot \cos(T3 \cdot d + B3) + A4 \cdot d + A5 \cdot (d^k) + Q.$$

Величины численных коэффициентов модели представлены в табл. 3.

Таблица 3

**Численные значения коэффициентов общей модели тренда, дополнительно включающей нелинейный тренд**

Model: Ru1=A1/(1+exp(B1-C1*d))+A2*cos(T2*d+B2)+A3*cos(T3*d... (COVID-Hopk-4)													
Dep. var: Ru1 Loss: (OBS-PRED)**2 Hooke-Jeeves and quasi-Newton													
Final loss: 3,431290211 R= ,99905 Variance explained: 99,811%													
N=530	A1	B1	C1	A2	T2	B2	A3	T3	B3	A4	A5	k	Q
Estimate	5,404484	4,733190	0,071102	-1,8630310	0,007633	0,139837	5,468647	0,004151	1,213705	0,004200	0,156087	0,508942	-0,35741

В последней, по обсуждению, модели  $T2 = 0,007633$  соответствует 823,161 суткам (2,25 годам), а  $T3 = 0,004151$  соответствует 1513,656 суткам (4,147 годам).

«Разберём» данную модель на отдельные компоненты и оценим индивидуальный вклад каждого компонента в итоговый результат – описание тренда десятичного логарифма общего числа заболевших в РФ (по данным *JHU*):

$$RuTrLgst = 5,404484 / (1 + \exp(4,73319 - 0,071102 \cdot d));$$

$$RuCos1 = -1,863031 \cdot \cos(0,007633 \cdot d + 0,139837);$$

$$RuCos2 = 5,468647 \cdot \cos(0,004151 \cdot d + 1,213705);$$

$$RuPolyn = 0,0042 \cdot d + 0,156087 \cdot (d^{0,509}) - 0,357418.$$

Сумма данных компонент, безусловно, с высокой точностью равна исходной величине  $Ru1$ , хотя и рассматривается именно как трендовая компонента исходного поля.

Ход фактических значений поля ( $Ru1$ ), общей модели его тренда и отдельных компонент модели представлен на рис. 8 (ось косинусов – справа, остальных компонент – слева).

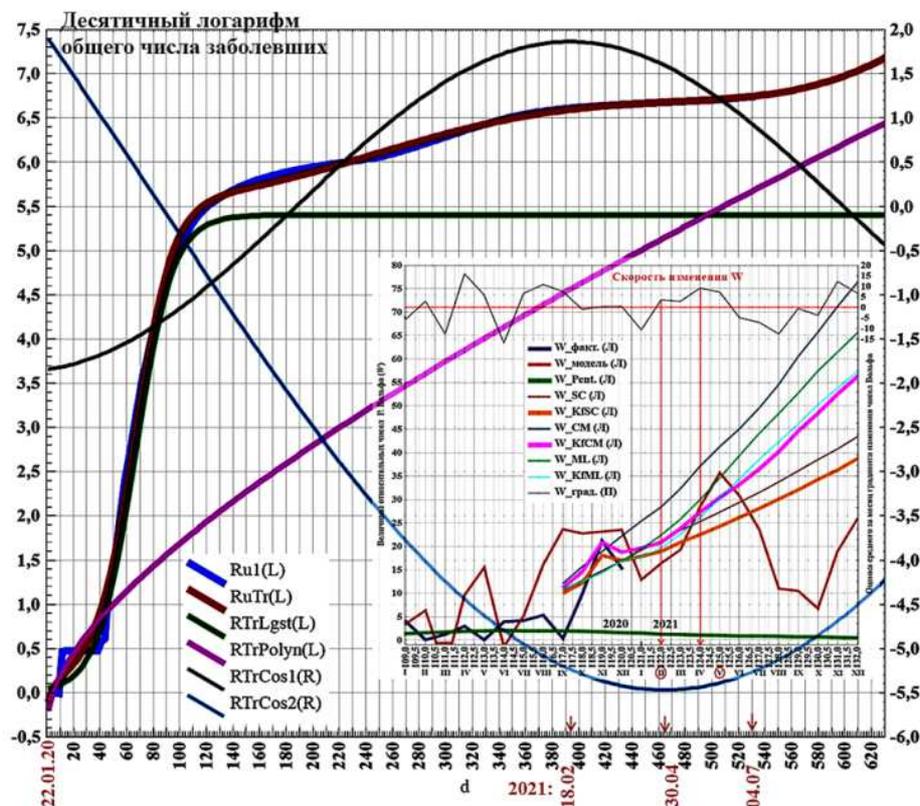


Рис. 8. Ход компонент общей модели тренда эпидемического процесса в РФ

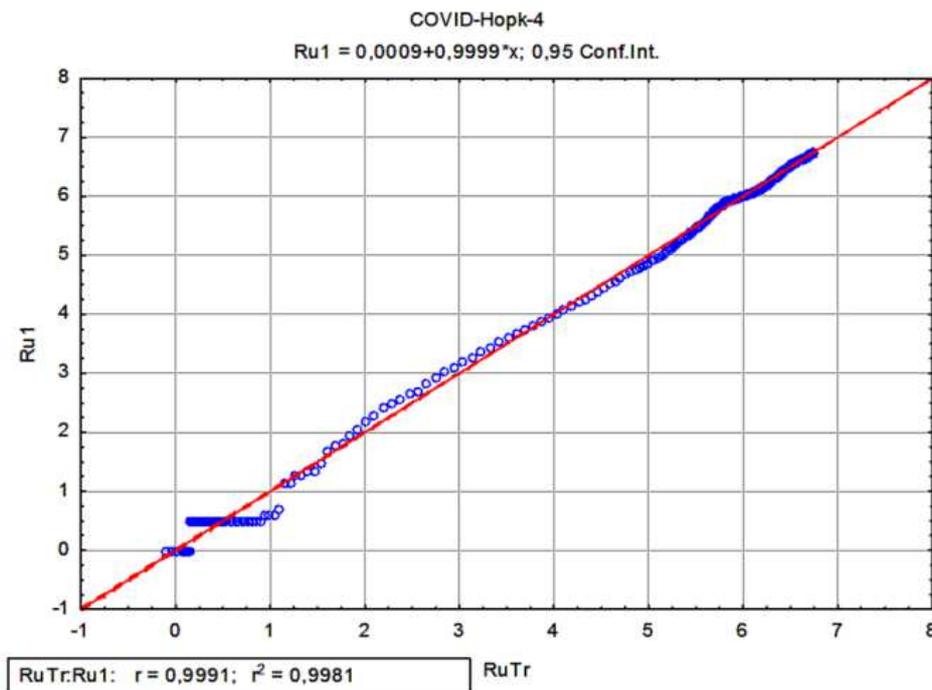
Представленный на рис. 8 график синего цвета – фактические значения поля; график красного цвета – общая модель тренда поля; зелёного – её логистическая составляющая; фиолетового – полиномиальный тренд; графики чёрного и светло-синего цвета – колебательные компоненты (их ось – справа).

На врезке рис. 8 показан фактический и модельный ход величин относительных чисел Р. Вольфа ( $W$ ) и градиента указанного ряда (скорость изменения  $W$ ) в 2020-2021 годах. На основании сопоставления графиков, в первом приближении можно сказать, что минимум колебательной компоненты тренда эпидемиологического процесса с  $T3 = 4,15$  лет, локализованный к району 30.04.2021 года, формально совпал с высоким градиентом увеличения  $W$

вблизи локального максимума величин числе Вольфа в середине – второй половине мая 2021 года. После этого рубежа величины  $W$  начали снижаться, а компонента тренда – возрастать. Максимум компоненты с  $T2 = 2,25$  года пришёлся на 18.02.2021 года, область невысоких значений чисел Вольфа, соответствующих границе 24-го и 25-го солнечных циклов (точнее говоря, первым месяцам 25-го цикла). Какое из этих формальных совпадений отражает реальное положение дел, покажет время и дальнейшие исследования.

Гораздо более существенно, что усложнённая модель тренда «допустила» увеличение общего количества заболевших в РФ до 20 млн человек в весьма близкой перспективе, что не представляется достоверным.

Таким образом, усложнение модели, как это часто бывает в эмпирических исследованиях, снижает эвристические, в т.ч. прогнозные, возможности формального описания изучаемого явления. Хотя, линейная корреляция между фактическими и модельными величинами на отрезке 22.01.2020 год – 04.07.2021 год весьма высока (рис. 9).



**Рис. 9. Линейная корреляция между фактическими значениями и модельными, рассчитанными по сложной модели тренда**

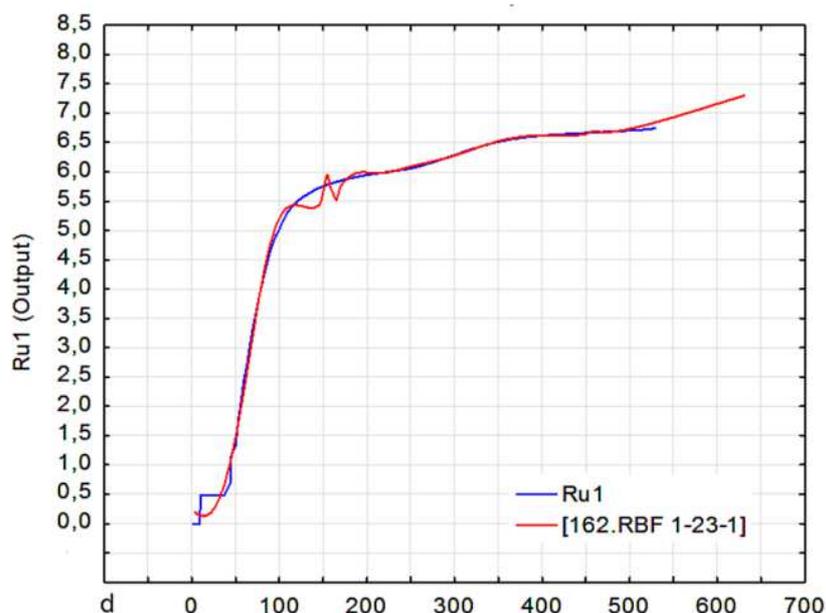
Заключение об ухудшении эвристических (прогностических) возможностей модели при их, видимо, избыточном усложнении в нашем случае подтверждают и результаты *нейросетевого анализа* изучаемого поля (ряда величин  $Ru1$ ).

В частности, важные расчётные характеристики нейросетевой модели тренда изучаемого процесса представлены в табл. 4, а результаты расчёта (прогноза) по данной модели – на рис. 10.

**Таблица 4**

**Характеристики нейросетевой модели тренда  
эпидемиологического процесса в РФ**

Summary of active networks (COVID-Hopk-4)											
Index	Net. name	Training perf.	Test perf.	Validation perf.	Training error	Test error	Validation error	Training algorithm	Error function	Hidden activation	Output activation
162	RBF 1-23-1	0,998084	0,998158	0,855845	0,008979	0,004786	0,434084	RBFT	SOS	Gaussian	Identit



**Рис. 10. Графическое представление нейросетевой модели  
диагностической компоненты эпидемиологического процесса в РФ**

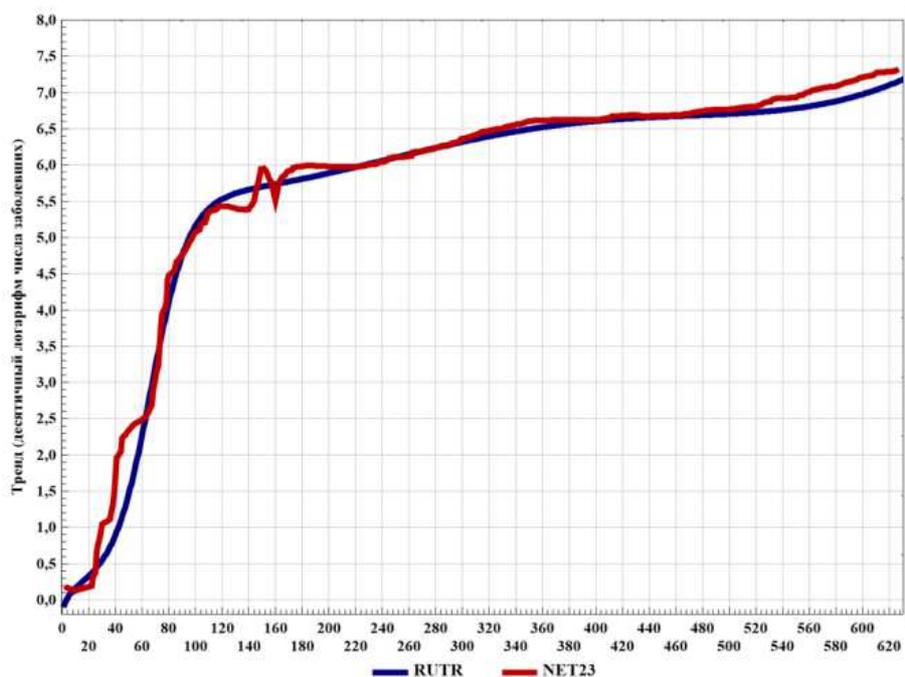
Предварительно скажем, что использование нейросетевых моделей для описания и прогноза особенностей трендовой компоненты поля и флуктуаций его диагностической компоненты, в целом, представляется возможным, как и линейных моделей, разработанных по результатам спектрального анализа поля. Слабой стороной моделей первого типа является сложное представление аргумента ряда в финальной части расчёта: равномерное по оси  $X$  модельное описание поля сменяется «окнами» различной длительности, в границах которых описание отсутствует; рис. 8, позиции 1-6. Не существует и единой формулы вида  $Y = f(X)$ , которая может применяться для интерполяции пропущенных значений ряда и для расчёта прогнозных значений. Кроме того, нейросетевые приближения отличаются слабой повторяемостью даже при одних и тех же параметрах программы, задаваемых для построения нейросетей.

47 d	48 Ru	50 Ru Target	51 Net23-1
386	6,59859673	6,59859673	6,623437
387	6,6002138	6,6002138	6,623473
388	6,60183182	6,60183182	6,623636
389	6,60341927	6,60341927	6,623837
390	6,60492846		
391	6,60643576	6,60643576	6,623971
392	6,60783403	6,60783403	6,624315
393	6,609185	6,609185	6,624778
394	6,61059714	6,61059714	6,625066
395	6,61200461		
396	6,61335812		
397	6,6146856	6,6146856	6,626261
398	6,61599716		
399	6,61722341		
400	6,61843889		
401	6,61959446	6,61959446	6,626833
402	6,62073532	6,62073532	6,627546
403	6,62192028	6,62192028	6,628449
404	6,62308392	6,62308392	6,631109
405	6,62426673	6,62426673	6,633044
406	6,6253425	6,6253425	6,642464
407	6,62641305		
408	6,6275677		
409	6,62868282		
410	6,6297954	6,6297954	6,647067
411	6,63086134	6,63086134	6,658456
412	6,63189092	6,63189092	6,671706
413	6,63283686		
414	6,63374379		
415	6,63466808		
416	6,63564346		
417	6,63662799		
418	6,637628	6,637628	6,678300
419	6,63856203		
420	6,63948988		
421	6,64037648		
422	6,64134093		
423	6,64229324	6,64229324	6,684349

**Рис. 11. Представление фактических и модельных величин десятичного логарифма общего числа заболевших COVID-19 в РФ, отражающее специфику нейросетевого анализа**

Некритическое использование результатов нейросетевого анализа для прогноза временной динамики процесса даёт результат, подобный ранее рассмотренному, полученному при использовании самой сложной линейной модели тренда. Речь идёт о взрывном росте заболевших до уровня 20 млн человек к началу октября 2021 года (с текущего уровня вблизи 5,5 млн человек; на 04.07.21). Поэтому мы соглашаемся с постулатом российского мыслителя А.Г. Дугина, согласно которому аналитические методы познания, не содержащие в своей основе чётко выраженной и осознаваемой познающим философии природы, требуют весьма критического, если не сказать настороженного, к себе отношения. Безусловно, есть области, где подобные методы показывают себя с лучшей стороны.

Совместный ход моделей трендов – наиболее сложной линейной и нейросетевой представлен на рис. 12.



**Рис. 12. Совместный ход линейной и нейросетевой моделей тренда эпидемического процесса**

Подведём итоги данного раздела [1-3].

1. Предварительная модель тренда – во всех ранее рассмотренных её вариантах – описывает свыше 99 % общей дисперсии поля, а т.н. диагностическая компонента – менее 1 % дисперсии. Возможно, это позволяет говорить именно об информационной, а не об энергетической роли обсуждаемой далее диагностической составляющей поля. Подобная ситуация, к примеру, характерна для параметров солнечной активности ( $F_{10,7}$ ;  $W$ ) в их сопоставлении с величиной общего излучения Солнца во всём диапазоне длин волн ( $1361 \text{ Вт/м}^2$ ) [4-8].

2. Часть общей дисперсии поля, которую не смогла отразить модель тренда, приближается моделью его диагностической компоненты. Сумма принятых к обсуждению трендовой и соответствующей ей диагностической компонент поля с большей или меньшей погрешностью отражает временную динамику всего изучаемого поля, а также обеспечивает прогноз изменения поля.

3. Качество приближения фактических значений поля на начальном этапе развития эпидемиологического процесса и на текущем его этапе неодинаково, что, возможно, обусловлено погрешностями сбора и систематизации данных.

4. Каждая компонента единой модели тренда несёт свою долю информации об изучаемом процессе: логистическая компонента, по-видимому, отражает общую динамику развития популяции биологического агента при недостатке ресурсов и практическом отсутствии сопротивления «среды». Колебательные компоненты отражают ритмику взаимодействия агента со всей совокупностью средовых факторов. В частности, ритмы продолжительностью около 2,26 и 4,15 лет могут быть истолкованы как фазы единого 11-летнего солнечного цикла или же сопряжённых с солнечной активности биосферных явлений. Полиномиальный или иной тренд может свидетельствовать о незавершённости эпидемиологического процесса, о наличии предпосылок к его продолжению во времени и/или пространстве.

5. При использовании комбинируемой из различных блоков общей модели тренда для решения прогнозных задач, имеет место неодинаковое по физическому смыслу, но весьма близкое по формальным критериям описание общей дисперсии поля. В частности, модель может содержать слабо отрицательный линейный тренд вида  $-0,0014 \cdot d$ . Поэтому результаты формального приближения поля на каждом шаге расчёта должны не только визуализироваться, но и содержательно поверяться, исходя из всей совокупности представлений об особенностях изучаемого процесса. Последнее обстоятельство связано с принадлежностью рассматриваемой задачи к классу *обратных задач* естествознания, само наличие решения которых, в принципе, подлежит специальному обоснованию. Кроме того, решение обратной задачи не единственно и не устойчиво, то есть небольшие изменения «входных» параметров в итоге могут привести к качественно иному результату.

6. Как следствие из пункта 5, анализ временной динамики эпидемии требует перехода от общей численности заболевших – от интегрального результата процесса, к суточному приросту заболевших (первой производной, или градиенту) и к скорости изменения величины суточного прироста (второй производной). Оперирование третьей производной эмпирически затруднено.

7. Отдельной задачей исследований может выступить межгосударственное сопоставление временного хода соответствующих трендовых компонент полей общей заболеваемости населения, а также диагностических компонент этих полей. В данном исследовании такая задача не решалась.

### Библиографический список

1. Хадарцев А.А., Волков А.В., Кашинцева Л.В. Основания и результаты применения методологии геофизики для разработки моделей социальных полей (на примере заболеваемости COVID-19) в РФ// 17-я Международная конференция по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики «Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики»: материалы конференции. Тула: Изд-во ТулГУ, 2021, 568 с. С. 344-352.

2. Хадарцев А.А., Волков А.В. Математические модели текущего этапа эпидемии COVID-19 в России и их особенности// Приоритетные направления развития науки и технологий: доклады XXIX международной науч.-практич. конф.; под ред. В.М. Панарина. Тула: Инновационные технологии, 2021. 234 с. С. 87-97. URL: <http://www.semikonf.ru>.

3. Хадарцев А.А., Волков А.В. Эвристические возможности результатов декомпозиции эпидемического процесса COVID-19 в России// Современные проблемы экологии: доклады XXVII всероссийской науч.-практич. конф.; под общ. ред. В.М. Панарина. Тула: Инновационные технологии, 2021. URL: <http://www.semikonf.ru>.

4. Волков А.В., Кашинцева Л.В. Неблагоприятные факторы окружающей среды как детерминанты социальных процессов// Современные проблемы экологии: доклады XXV междунар. науч.-практич. конференции под общ. ред. В.М. Панарина. Тула: Инновационные технологии, 2020. 209 с. С. 97-104. URL: <http://www.semikonf.ru>.

5. Волков А.В. Закономерности многолетней динамики солнечной активности и её влияния на социальные процессы// 16-я Международная конференция по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики. «Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики». В 2 т. Т.2: материалы конференции. Тула: Изд-во ТулГУ, 2020. 378 с. С. 144-154.

6. Волков А.В., Кашинцева Л.В. Вероятные особенности структуры историометрического цикла А.Л. Чижевского в 2021-2023 годах// Современные проблемы экологии: доклады XXV междунар. науч.-практич. конференции под общ. ред. В.М. Панарина. Тула: Инновационные технологии, 2020. 209 с. С. 104-112. URL: <http://www.semikonf.ru>.

7. Волков А.В. Принципы и результаты прогнозирования начальных фаз 25-го солнечного цикла// Инновационные наукоёмкие технологии: доклады VIII региональной науч.-практич. конф.; под общ. ред. В.М. Панарина. Тула: Инновационные технологии, 2021. 105 с. С. 84-92. URL: <http://www.semikonf.ru>.

8. Волков А.В. Гелиогеофизическая природа сезонной картины заболеваемости человека вирусной этиологии// Современные проблемы экологии: доклады XXVI всерос. науч.-практич. конференции под общ. ред. В.М. Панарина. Тула: Инновационные технологии, 2021. 161 с. С. 105-117. URL: <http://www.semikonf.ru>.

УДК 316.4.051.2: 316.4.06

А.В. Волков, канд. техн. наук, доц., [wolkow.av@mail.ru](mailto:wolkow.av@mail.ru)  
(Россия, Тула, ТулГУ)

## **НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ ЭПИДЕМИИ COVID-19 В РОССИИ: ДЕТАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СИГНАЛА И ТРЕНДА**

*Представлены результаты анализа наиболее адекватных моделей диагностической компоненты эпидемиологического процесса, динамики суточного прироста заболеваний COVID-19 в России и различных вариантов выражения её скорости, сформулирована и обоснована гипотеза временной структуры фаз эпидемиологического процесса. Установлено, что предложенная модель тренда описывает свыше 99 % общей дисперсии поля, а диагностическая компонента – менее 1 % дисперсии, что свидетельствует об информации*

онной природе последней. Каждая компонента модели несёт свою долю информации о процессе. Логистическая компонента отражает динамику развития популяции агента при достатке ресурсов и практическом отсутствии сопротивления среды. Использование в модели тренда нескольких колебательных компонент обеспечивает более адекватный результат, по сравнению с моделью с линейной частью. Установлено, что анализ временной динамики эпидемии требует перехода от общей численности заболевших к суточному приросту заболевших и скорости его изменения, т.е. к первой и второй производным процесса. Суточный прирост заболевших отмечен быстрым нарастанием дисперсии процесса и медленным её снижением, т.е. асимметрией цикла. Дисперсия минимальных и максимальных фаз ряда возрастает. Видимо, это свидетельствует, что эпидемиологический процесс набирает силу. Сформулированы иные закономерности развития эпидемии COVID-19 в России.

Ключевые слова: COVID-19, эпидемиологический процесс, поле социального поведения, динамика социальных процессов, ритмы, волны, статистические методы обработки данных, ряды наблюдений, спектральный анализ.

### Анализ диагностической компоненты эпидемиологического процесса

Согласно ключевому положению реализуемой методологии (по сути, методологии разведочной геофизики),  $F_{\text{сигнал}}(t) + n(t) = F(t) - F_{\text{фон}}(t)$ . Поэтому вычтем из исходного ряда ( $RuI$ ) значения фоновых компонент, представленных моделями, объединяющими логистический блок, один или два колебательных компонента и простейший линейный тренд. В итоге получим варианты описания диагностической компоненты изучаемого поля, включающей шумовую составляющую.

В графическом виде диагностические компоненты поля показаны на рис. 1.

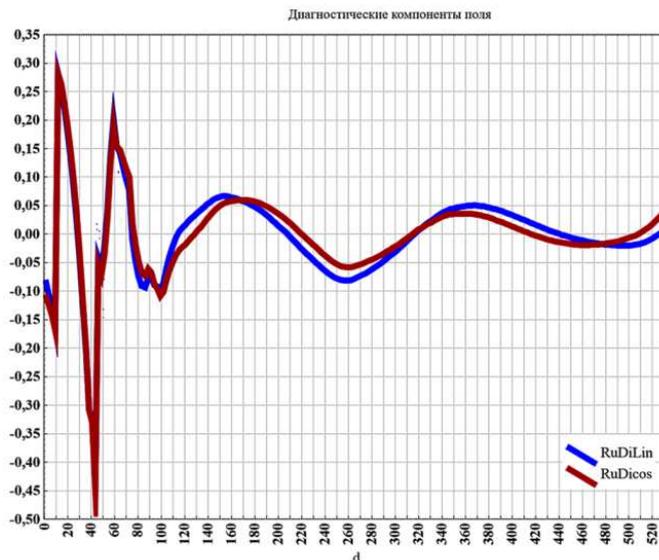
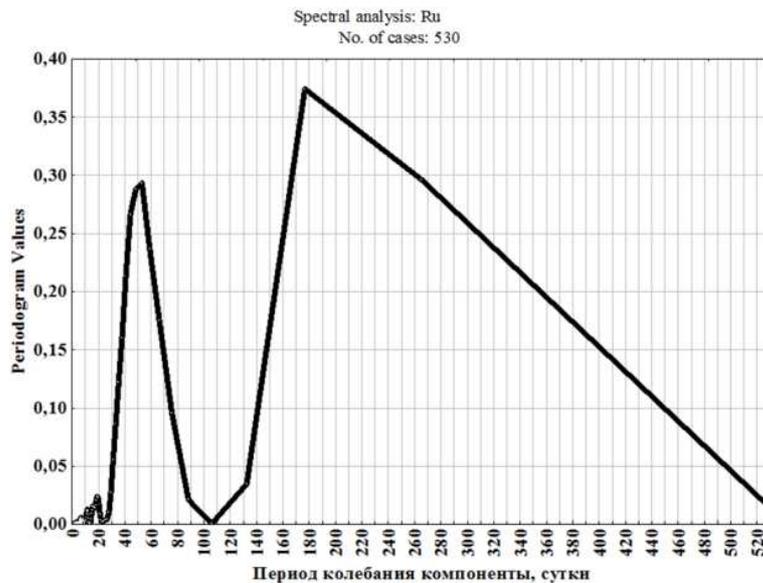


Рис. 1. Временной ход диагностических компонент изучаемого поля

«Сырой» спектр диагностической компоненты, полученной с использованием модели фона с *линейным блоком*, представлен на рис. 2.



**Рис. 2. Периодограмма, или «сырой» спектр, диагностической компоненты ряда десятичных логарифмов общего числа заболевших в РФ**

Этому спектру соответствуют три колебательных моды с периодами (сутки): 18,9286; 53,0; 176,6667.

Опишем данную диагностическую компоненту моделью вида

$$RuDiLin = (A/(B^d + C)) \cdot (\cos(0,035565 \cdot d + B2) + A2 \cdot \cos(0,0403 \cdot d + B3)) + Z,$$

где компонент  $(A/(B^d + C))$  отвечает за общую модуляцию процесса наложения косинусов, а физически, – за затухание импульса с течением времени; включение в обозначение переменной индекса  $Di$  фиксирует, что речь ведётся именно о диагностической компоненте поля.

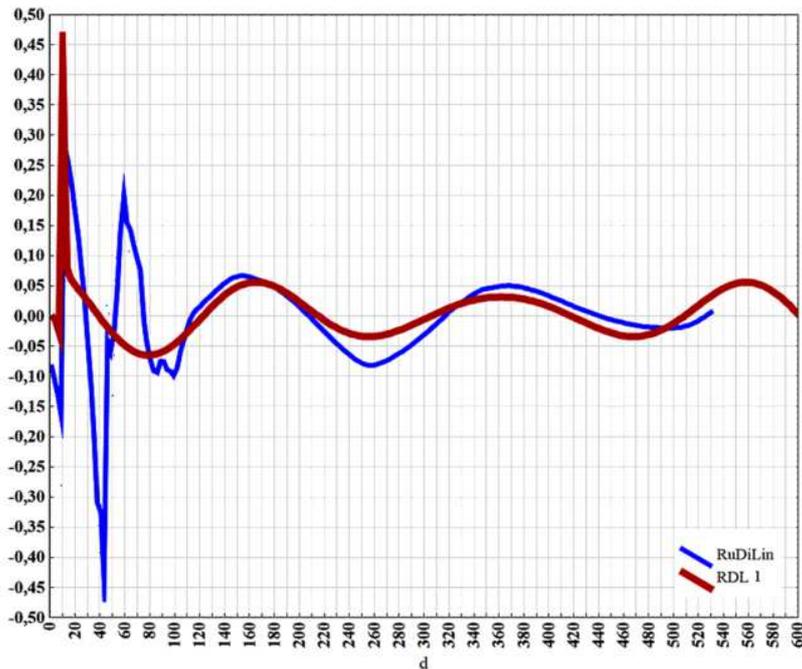
Использование в качестве модулирующей моды экспоненты показало более слабый результат. Период первого косинуса  $T = 176,6667$  суток ( $2\pi/T = 0,035565$ ) принят по результатам спектрального анализа, а период второго косинуса ( $2\pi/T = 0,0403 \pm \Delta$ ) – подбором.

Величины численных коэффициентов модели диагностической компоненты представлены в табл. 1, а её временной ход – на рис. 3.

Таблица 1

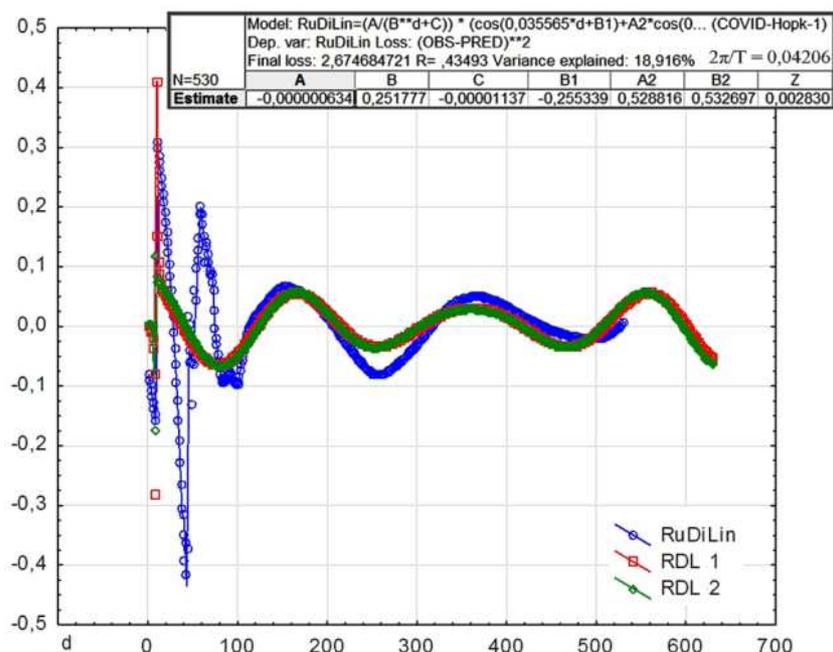
**Численные коэффициенты модели диагностической компоненты поля**

Model: RuDiLin=(A/(B**d+C)) * (cos(0,035565*d+B2)+A2*cos(0... (COVID-Hopk-1)							
Dep. var: RuDiLin Loss: (OBS-PRED)**2							
Final loss: 2,467463174 R= ,50198 Variance explained: 25,198%							
N=530	A	B	C	B2	A2	B3	Z
<b>Estimate</b>	-0,001417	0,668470	-0,021401	-0,305954	0,574222	1,119298	0,003383



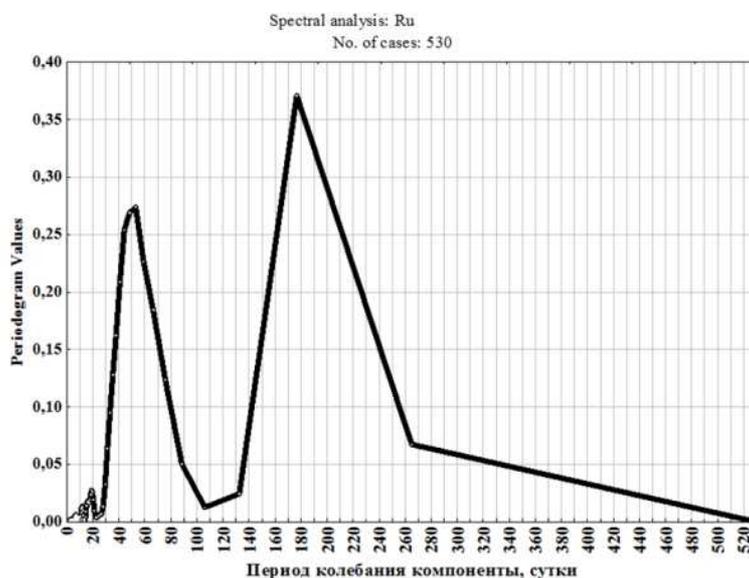
**Рис. 3. Фактические и модельные величины диагностической компоненты изучаемого поля**

По-видимому, варьируя параметр модели ( $2\pi/T = 0,0403 \pm \Delta$ ), возможно улучшить её прогнозные возможности в *финальной* части, но без быстрой визуализации каждого нового результата это – затруднительно (рис. 5).



**Рис. 5. Варианты представления моделей диагностической компоненты изучаемого поля**

«Сырой» спектр диагностической компоненты поля, полученной с использованием модели фона с двумя косинусами, представлен на рис. 6.



**Рис. 6. Периодограмма диагностической компоненты поля, выделенной с помощью модели тренда, включающей два косинуса**

Этому спектру соответствуют те же три, что и в первом случае, колебательных моды с периодами (сутки): 18,9286; 53,0; 176,6667.

Далее рассмотрим две модели диагностической части поля, выделенной с использованием тренда с двумя косинусами. Вторая модель вновь связана с варьированием значения параметра ( $2\pi/T = 0,0403 \pm \Delta$ ):

$$RDC1 = (A/(B^d + C)) \cdot (\cos(0,035565 \cdot d + B1) + A2 \cdot \cos(0,0403 \cdot d + B2)) + Z;$$

$$RDC2 = (A/(B^d + C)) \cdot (\cos(0,035565 \cdot d + B1) + A2 \cdot \cos(0,04206 \cdot d + B2)) + Z.$$

Величины численных коэффициентов данных моделей приведены в табл. 2, а их временной ход – на рис. 7.

Таблица 2

Численные коэффициенты моделей диагностической компоненты поля

Model1: RuDicos=(A/(B**d+C)) * (cos(0,035565*d+B1)+A2*cos(0... (COVID-Hopk-1)							
Dep. var: RuDicos Loss: (OBS-PRED)**2							
Final loss: 2,597632946 R= ,41189 Variance explained: 16,965%							
N=530	A	B	C	B1	A2	B2	Z
Estimate	0,000001146	0,311700	0,00001983	-0,391769	0,441115	0,844504	0,002680
Model2: RuDicos=(A/(B**d+C)) * (cos(0,035565*d+B1)+A2*cos(0... (COVID-Hopk-1)							
Dep. var: RuDicos Loss: (OBS-PRED)**2							
Final loss: 2,393012131 R= ,48483 Variance explained: 23,506%							
N=530	A	B	C	B1	A2	B2	Z
Estimate	-0,002773	0,748203	-0,062760	-0,236752	0,267852	0,362691	0,001784

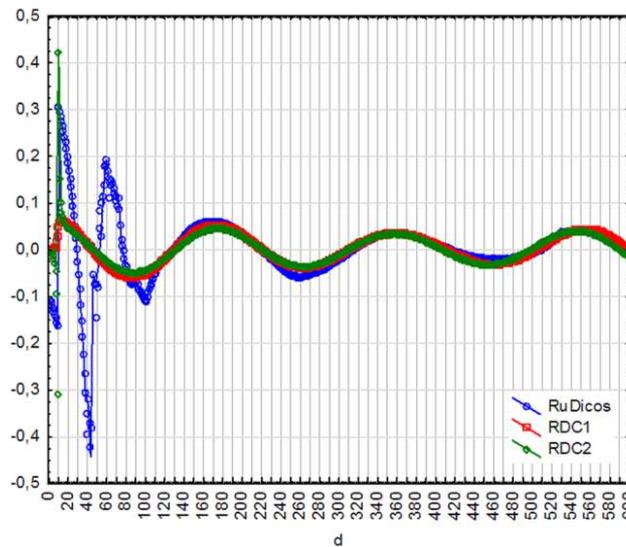
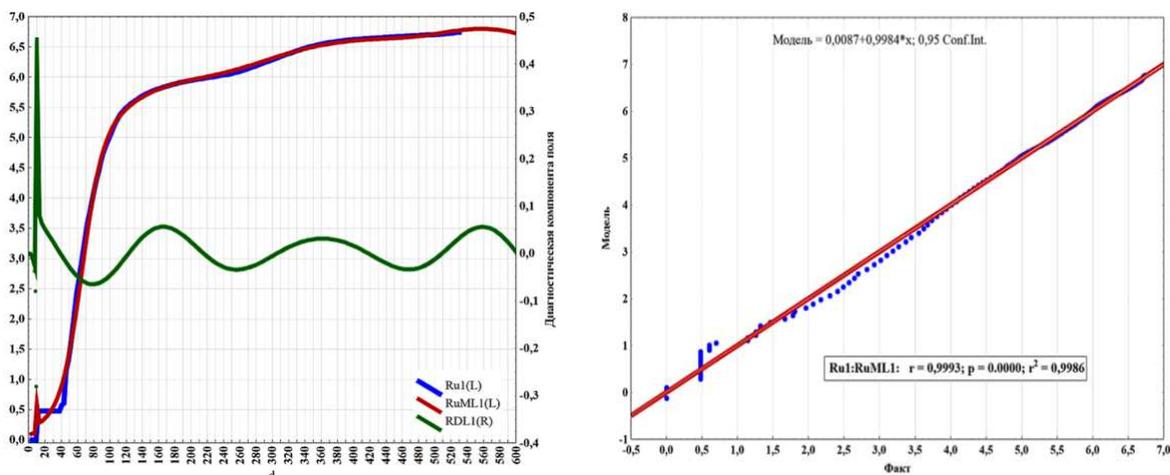


Рис. 7. Временной ход моделей диагностической компоненты изучаемого поля

Согласно рис. 7, можно предположить, что первая модель лучше описала текущий этап развития процесса и потому её использование для целей прогноза предпочтительно, а вторая модель – начальный этап процесса.

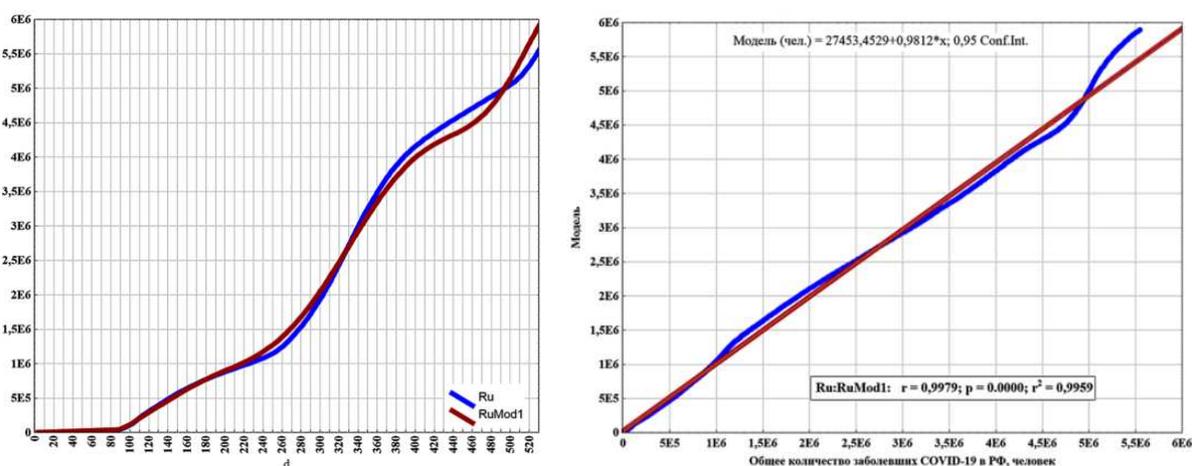
Сложим трендовые компоненты моделей (напомним, что их – два варианта: с линейной частью и с двумя косинусами) и соответствующие им диагностические компоненты. Получим варианты представления общей модели изучаемого эпидемиологического процесса – вариант с использованием линейного компонента в тренде (*RuML1*) и вариант с использованием двух косинусов в трендовой части поля (*RuMC1*).

В графическом виде модель *RuML1* и соответствующая линейная регрессия фактических и модельных значений представлены на рис. 8.



**Рис. 8. Временной ход и линейная регрессия (справа) десятичных логарифмов фактических и модельных значений изучаемого поля**

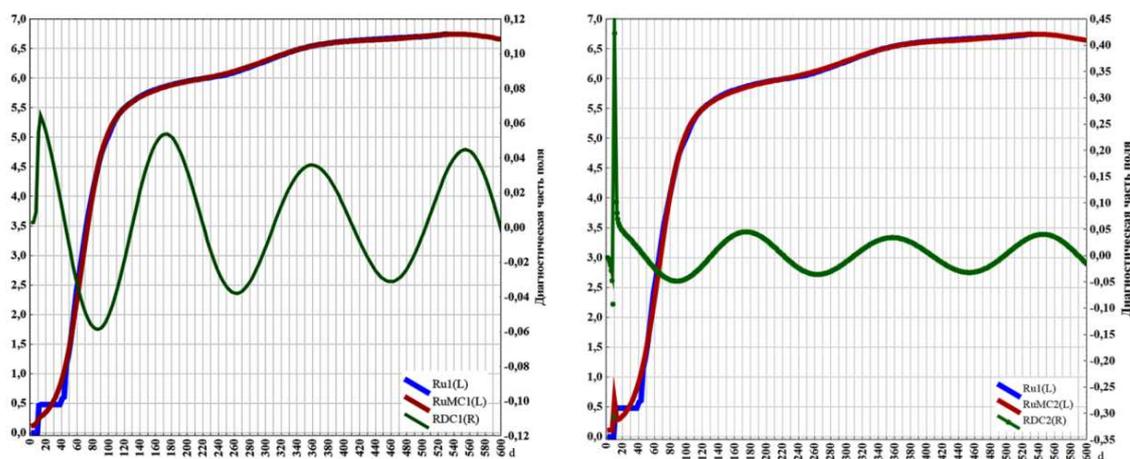
Перейдём от логарифмов величин общего числа заболевших *SARS-CoV-2* (*COVID-19*) в России к их исходным размерностям и вновь сравним модельные и фактические значения, а также линейную регрессию последних (рис. 9).



**Рис. 9. Временной ход и линейная регрессия (справа) фактических и модельных значений изучаемого поля**

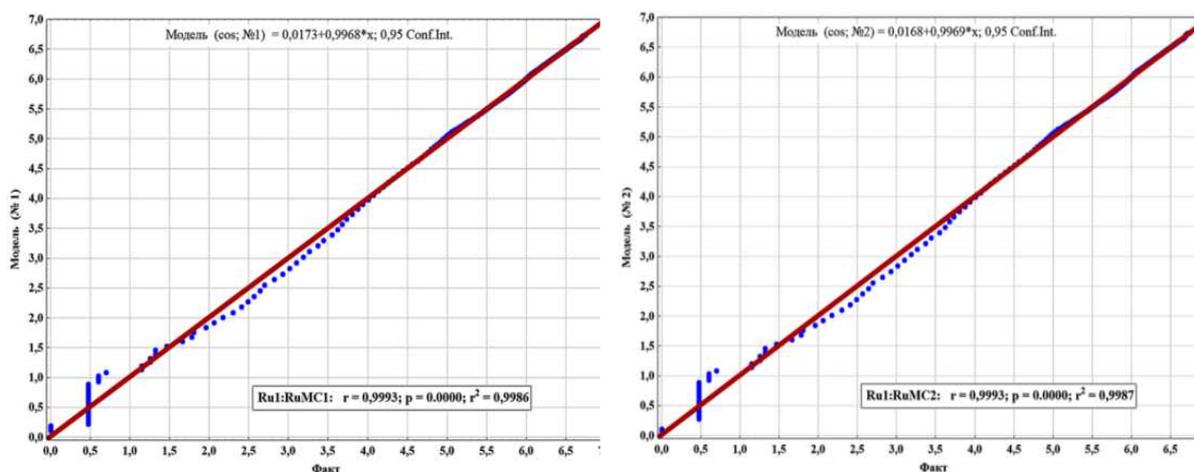
Мы говорили о моделях эпидемиологического процесса, построенных с использованием линейного компонента в трендовой части поля. По-видимому, использование линейного тренда не позволяет в необходимой степени отразить колебательную составляющую эпидемиологического процесса, а главное, обеспечивает существенную погрешность описания в текущей фазе процесса (04.07.2021).

Далее рассмотрим модели, имеющие два косинуса в трендовой части поля. Как предполагалось, *первая модель* лучше описывает процесс в его *финальной* части, а вторая модель – в начальной фазе (рис. 10).



**Рис. 10. Временной ход десятичных логарифмов фактических и модельных значений изучаемого поля с использованием двух моделей**

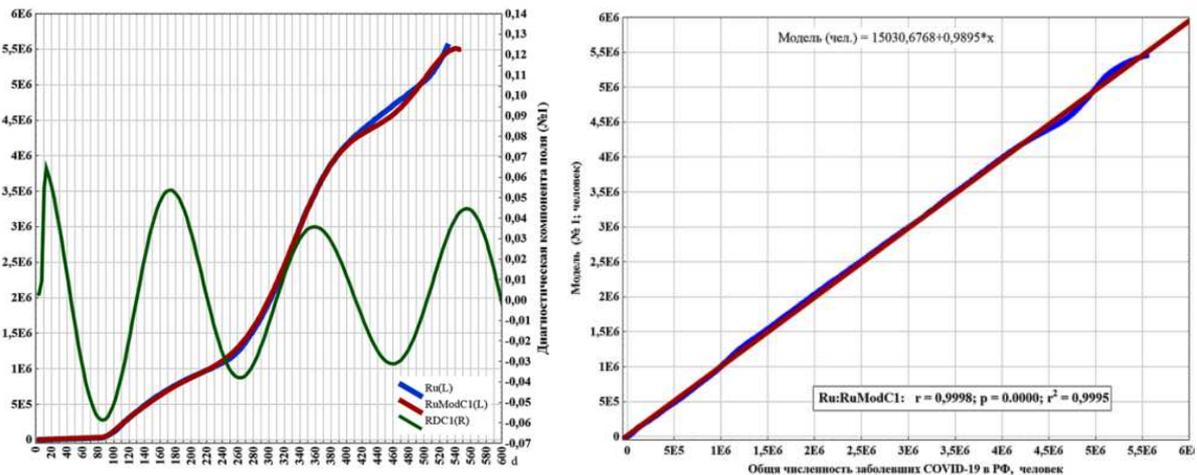
Соответствующие рассмотренным вариантам формального описания поля линейные регрессии фактических и модельных значений приведены на рис. 11.



**Рис. 11. Линейная регрессия фактических и модельных значений изучаемого поля с использованием двух моделей**

Итак, рассмотрена линейная регрессия между фактическими и модельными значениями (на данном этапе речь велась о десятичных логарифмах общей численности заболевшего населения РФ).

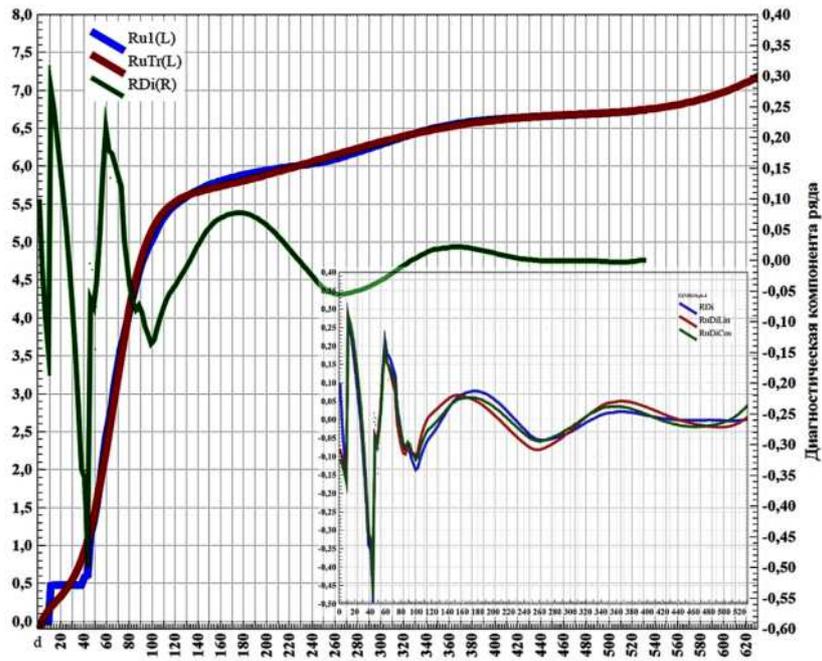
Вновь выполним переход от величин десятичных логарифмов к общей численности заболевшего населения РФ и сравним фактические данные с модельными величинами (рис. 12).



**Рис. 12. Временной ход десятичных логарифмов фактических и модельных значений изучаемого поля, а также их линейной регрессии (справа) с использованием модели диагностической компоненты  $RDC1$**

Согласно рис. 12, использованию для построения тендовой части поля нескольких колебательных компонент обеспечивает более адекватный – с формальной позиции – результат, по сравнению с моделью тренда с линейной частью. Тем не менее, сокращение общего числа заболевших в РФ не представляется правдоподобным. Поэтому следует заключить, что использование последней модели допустимо для решения задач интерполяции и анализа пройденного этапа эпидемиологического процесса. Прогноз динамики процесса по ряду общей численности заболевших требует *изменения методологии* обработки данных: формирование модели диагностической части следует вести не по всему ряду, а лишь по последним 30-40 его позициям. При этом глубина прогноза обычно не превышает 7-10 шагов по ряду. Нам эти аспекты известны. Но наша задача заключалась даже не в прогнозе, а в анализе эпидемиологического процесса в целом (в интервале  $d = 1...530$ ;  $d = 530$  соответствует 04.07.2021).

Теперь вернёмся к наиболее сложной модели тренда, включающей в свою композицию степенной тренд ( $RuTr$ ), и к выделенной с её помощью диагностической части ряда общего числа заболевших ( $RDi$ ; рис. 13).



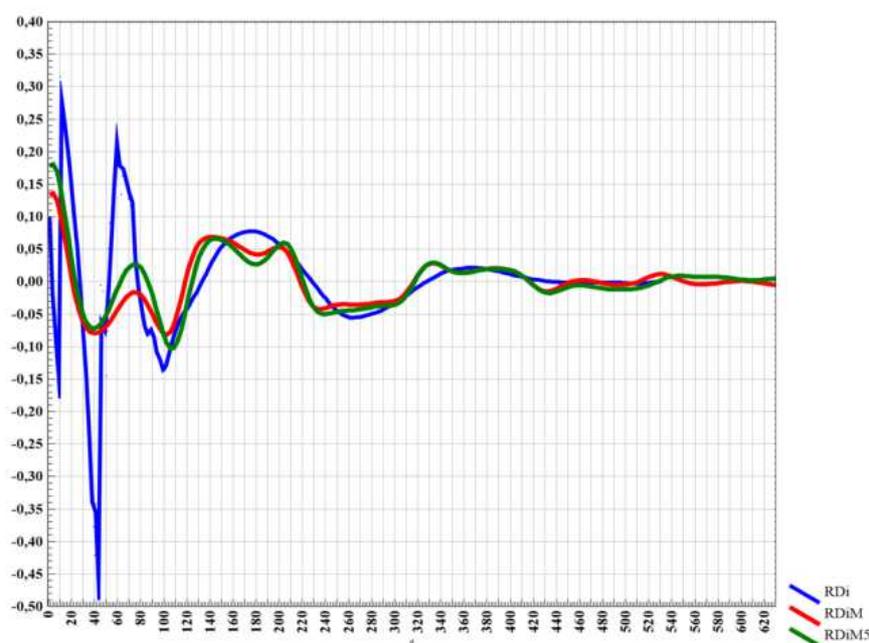
**Рис. 13. Временной ход десятичных логарифмов фактических и модельных значений изучаемого поля с использованием модели тренда с нелинейным блоком**

На врезке рис. 13 дополнительно показан временной ход модели  $RD_i$  и ранее рассмотренных моделей диагностической части изучаемого поля.

Согласно рис. 13, модель  $RD_i$  наиболее выражено иллюстрирует диссипацию первичного импульса в среде, оказывающей сопротивление прохождению «сигнала». При этом модели, рассмотренные ранее, дают основания говорить об автоколебательном характере развития процесса, например, в аспекте появления нового типа биологического агента, для быстрого распространения которого социальная «среда» вновь вполне подходит (как не способная оказывать существенное сопротивление расширению популяции агента). В случае использования модели  $RD_i$ , можно заметить, что в результате диссипации энергии начального импульса в колебательном режиме уменьшается его амплитуда (практически до нуля на финальном этапе), а также увеличивается период колебания (уменьшается частота). Согласно закона немецкого физика, лауреата Нобелевской премии Вильгельма Вина (1864 – 1928), сокращение частоты сигнала как раз связано с уменьшением энергии, которая в текущее время определяет динамику изучаемого процесса.

Действительно, согласно теории излучения абсолютно чёрного тела, с повышением температуры тела наибольшая мощность, излучаемая единицей площади поверхности тела, приходится на всё большие частоты спектра, а при снижении температуры – на меньшие частоты (Яворский Б.М., Селезнёв Ю.А.

Справочное руководство по физике для поступающих в вузы и самообразования. М: Наука, 1984). Однако приблизить подобным образом выделенную диагностическую часть ряда адекватной формальной моделью нам не удалось, даже с учётом известного типа подходящей модели (рис. 14). Кроме того, усложнённая фоновая компонента не отражает адекватно свою долю общей дисперсии процесса. Поэтому данную комбинацию моделей далее мы не рассматриваем.



**Рис. 14. Опыт моделирования динамики диагностической компоненты изучаемого поля, выделенной с использованием усложнённой модели тренда**

Согласно рис. 14, формальное описание компоненты поля  $RD_i$  линейной моделью затруднено, по сравнению с простыми моделями трендов и соответствующими им диагностическими компонентами, возможно, как ещё более далёкой от колебательного процесса с выраженной регулярной составляющей. Кроме того, компонент модели вида  $A/(d^B + C)$  позволяет описать начальные – наиболее значительные по амплитуде и частоте – колебания поля, а в середине ряда и его текущей фазе быстро снижает значения компоненты до нуля (без каких либо флуктуаций, которые можно рассматривать как диагностический признак). Поэтому при разработке моделей  $RD_iM$  и  $RD_iM5$  в качестве соответствующей моды использована экспонента.

Подобно логике раздела, посвященного специфике трендовой компоненты эпидемиологического процесса, в заключении текущего раздела вернёмся к нейросетевым моделям диагностических компонент поля.

Следует констатировать, что применительно к задаче формального описания *высокочастотного* блока поля, нейросетевой анализ вполне демонстрирует свои сильные стороны. Временной ход диагностической компоненты, выделенной с помощью наиболее сложной модели тренда (*RD<sub>i</sub>* или *Ru<sub>dia</sub>*), а также двух вариантов её нейросетевых моделей представлен на рис. 15, а основные параметры модели *NET49-1* – в табл. 3 (характеристики *NET21-1* весьма близки к первой).

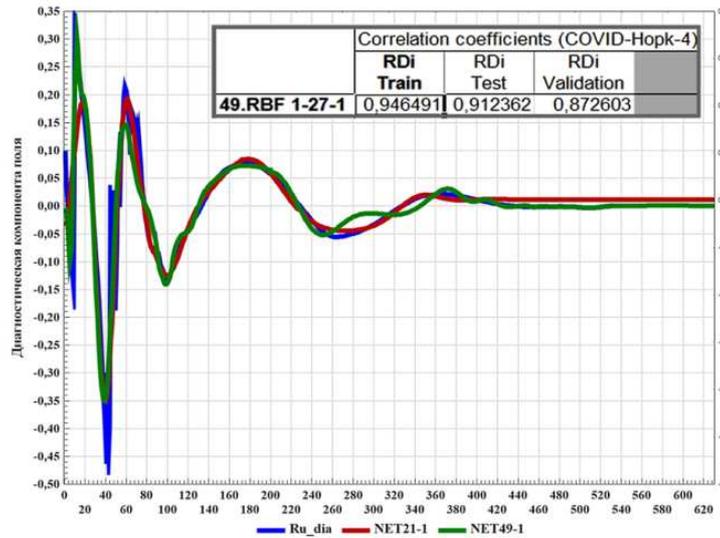


Рис. 15. Нейросетевые модели диагностической компоненты поля

Таблица 3

Основные характеристики нейросетевой модели диагностической компоненты поля

Summary of active networks (COVID-Hopk-4)											
Index	Net. name	Training perf.	Test perf.	Validation perf.	Training error	Test error	Validation error	Training algorithm	Error function	Hidden activation	Output activation
49	RBF 1-27-1	0,946491	0,912362	0,872603	0,000306	0,000389	0,000591	RBFT	SOS	Gaussian	Identif

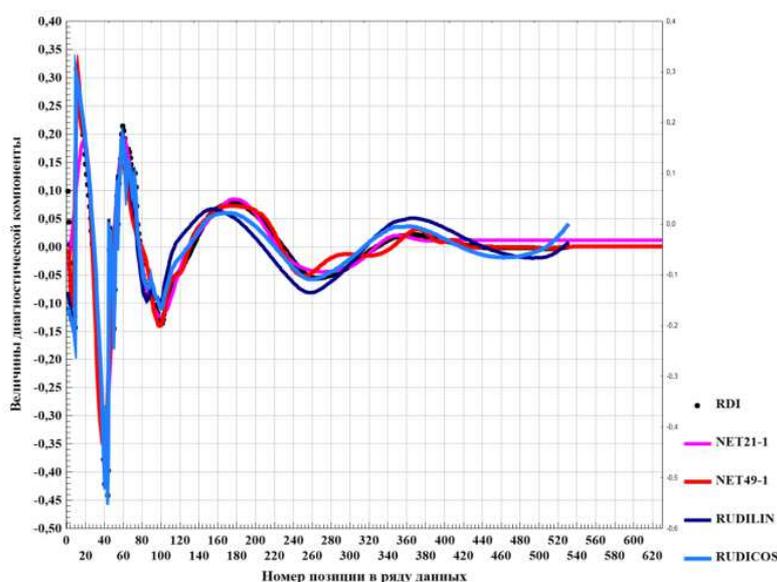
Модель *NET49-1*, пожалуй, обладает наилучшими расчётными характеристиками из всех протестированных нами в ходе исследований. В целом, большинство вариантов нейросетевых моделей обеспечивает близкое – по отражаемой физической сути процесса – описание: флуктуации компоненты близки к нулевым значениям с меньшей или большей амплитудой.

Наличие выраженных высокочастотных «биений» в модели *NET49-1*, по сравнению с моделью *NET21-1*, обусловлено большим числом нейронов, задействованных в передаче сигнала. В этом случае правомочна аналогия между общим количеством нейронов и общим количеством гармоник, используемых при формировании моделей: чем больше подобных элементов вклю-

чает модель, тем более выражены в ней высокочастотные «биения», воспроизводящие некоторые детали поля. Часто увеличение данного параметра лишь снижает качество финального приближения поля.

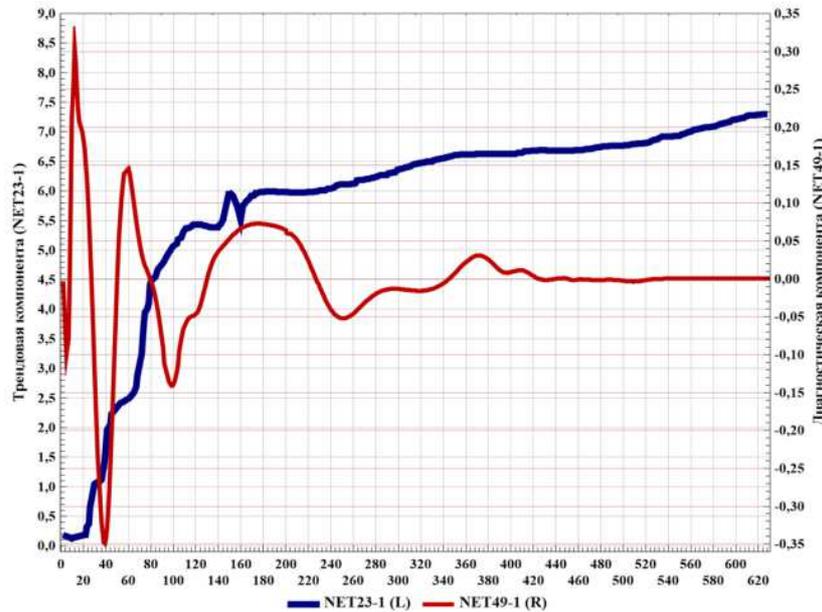
Итак, использование нейросетевых моделей для описания и прогноза флуктуаций диагностической компоненты поля представляется вполне целесообразным, как и линейных моделей, разработанных по результатам его спектрального анализа. Как уже отмечалось, слабой стороной первых моделей является сложное представление аргумента ряда в финальной части расчёта, а также отсутствие единой формулы вида  $Y = f(X)$ , которая находит применение для интерполяции пропущенных значений ряда и для расчёта его прогнозных значений. Кроме того, нейросетевые приближения отличаются слабой повторяемостью даже при одних и тех же параметрах программы, задаваемых для построения нейросетей.

На рис. 16 представлен ход всех рассмотренных в работе вариантов описания диагностической части социального поля. Пожалуй, наиболее существенные отличия вариантов моделей проявляются именно в текущей фазе развития процесса (04.07.21;  $d = 530$ ). В аспекте прогноза, *линейные* модели продолжают воспроизводить *колебательный характер* изменения диагностической компоненты ряда. При этом *нейросетевые* модели показывают существенное снижение амплитуды флуктуаций и невыраженные колебания компоненты близко к нулевым значениям (с учётом той незначительной доли суммарной дисперсии, которая вообще передаётся диагностической компонентой).



**Рис. 16. Временной ход различных вариантов моделей диагностической компоненты изучаемого поля**

Результаты приближения временного хода трендовой и диагностической компонент ряда десятичных логарифмов общей численности заболевших в РФ за период 22.01.20–04.07.21 нейросетевыми моделями представлен на рис. 17.



**Рис. 17. Описание эпидемиологического процесса нейросетевыми моделями**

Следует подчеркнуть, что в силу особенностей организации аргумента результатов нейросетевого анализа, визуализация этих результатов имеет отличия от, возможно, наиболее корректного варианта построения графиков. Одно это обстоятельство существенно затрудняет использование данной процедуры в системе обработки данных. В частности, мы согласны, что линейные полигармонические модели обладают, как правило, более скромными возможностями в аспекте подгонки модельных данных к фактическим, однако, оперировать ими гораздо удобнее. Кроме того, одна модель тренда *NET23-1* смещает характеристику поля с уровня 5,5 млн человек на уровень 20 млн человек, что вызывает большие сомнения. Отметим повторно: аналитические методы, не содержащими в своей основе чётко выраженной философии природы, требуют критического к себе отношения.

Поэтому дальнейший анализ эпидемиологического процесса базируется на устойчивых и физически довольно адекватных линейных моделях фоновой и диагностической компонент изучаемого поля, имеющих в своей композиции сумму двух косинусов [1-4].

### Библиографический список

1. Хадарцев А.А., Волков А.В., Кашинцева Л.В. Основания и результаты применения методологии геофизики для разработки моделей социальных полей (на примере заболеваемости COVID-19) в РФ// 17-я Международная конференция по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики «Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики»: материалы конференции. Тула: Изд-во ТулГУ, 2021, 568 с. С. 344-352.

2. Хадарцев А.А., Волков А.В., Кашинцева Л.В. Прогноз уровней и временной структуры фаз эпидемиологического процесса COVID-19 в РФ// 17-я Международная конференция по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики «Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики»: материалы конференции. Тула: Изд-во ТулГУ, 2021, 568 с. С. 353-364.

3. Хадарцев А.А., Волков А.В. Математические модели текущего этапа эпидемии COVID-19 в России и их особенности// Приоритетные направления развития науки и технологий: доклады XXIX международной науч.-практич. конф.; под ред. В.М. Панарина. Тула: Инновационные технологии, 2021. 234 с. С. 87-97. URL: <http://www.semikonf.ru>.

4. Хадарцев А.А., Волков А.В. Эвристические возможности результатов декомпозиции эпидемического процесса COVID-19 в России// Современные проблемы экологии: доклады XXVII всероссийской науч.-практич. конф.; под общ. ред. В.М. Панарина. Тула: Инновационные технологии, 2021. URL: <http://www.semikonf.ru>.

УДК 316.4.051.2: 316.4.06

А.В. Волков, канд. техн. наук, доц., [wolkow.av@mail.ru](mailto:wolkow.av@mail.ru)  
(Россия, Тула, ТулГУ)

## НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ ЭПИДЕМИИ COVID-19 В РОССИИ: АНАЛИЗ ДИНАМИКИ СУТОЧНОГО ПРИРОСТА ЗАБОЛЕВШИХ

*Представлены результаты анализа наиболее адекватных моделей динамики суточного прироста заболевших COVID-19 в России и различных вариантов выражения её скорости, сформулирована и обоснована гипотеза временной структуры фаз эпидемиологического процесса. Установлено, что предложенная модель тренда описывает свыше 99 % общей дисперсии поля, а диагностическая компонента – менее 1 % дисперсии, что свидетельствует об информационной природе последней. Каждая компонента модели несёт свою долю информации о процессе. Логистическая компонента отражает динамику развития популяции агента при достатке ресурсов и практическом отсутствии сопротивления среды. Использование в модели тренда нескольких колебательных компонент обеспечивает более адекватный результат, по сравнению с моделью с линейной частью. Установлено, что анализ временной динамики эпидемии требует перехода от общей численности заболевших к суточному приросту заболевших и скорости его изменения, т.е. к первой и второй производным процесса. Суточный прирост заболевших отмечен быстрым нарастанием дисперсии процесса и медленным её снижением, т.е. асимметрией цикла.*

Дисперсия минимальных и максимальных фаз ряда возрастает. Видимо, это свидетельствует, что эпидемиологический процесс набирает силу. Сформулированы иные закономерности развития эпидемии COVID-19 в России.

Ключевые слова: COVID-19, эпидемиологический процесс, поле социального поведения, динамика социальных процессов, ритмы, волны, статистические методы обработки данных, ряды наблюдений, спектральный анализ.

### Анализ динамики суточного прироста заболевших SARS-CoV-2 (COVID-19) в России и различных вариантов формального исчисления данного процесса

Рассмотрим суточный прирост числа заболевших в РФ по базе данных JHU, с тем, чтобы в дальнейшем сопоставить результаты этого расчёта с индикаторами других государств – Румынии, Польши и Украины (рис. 1).

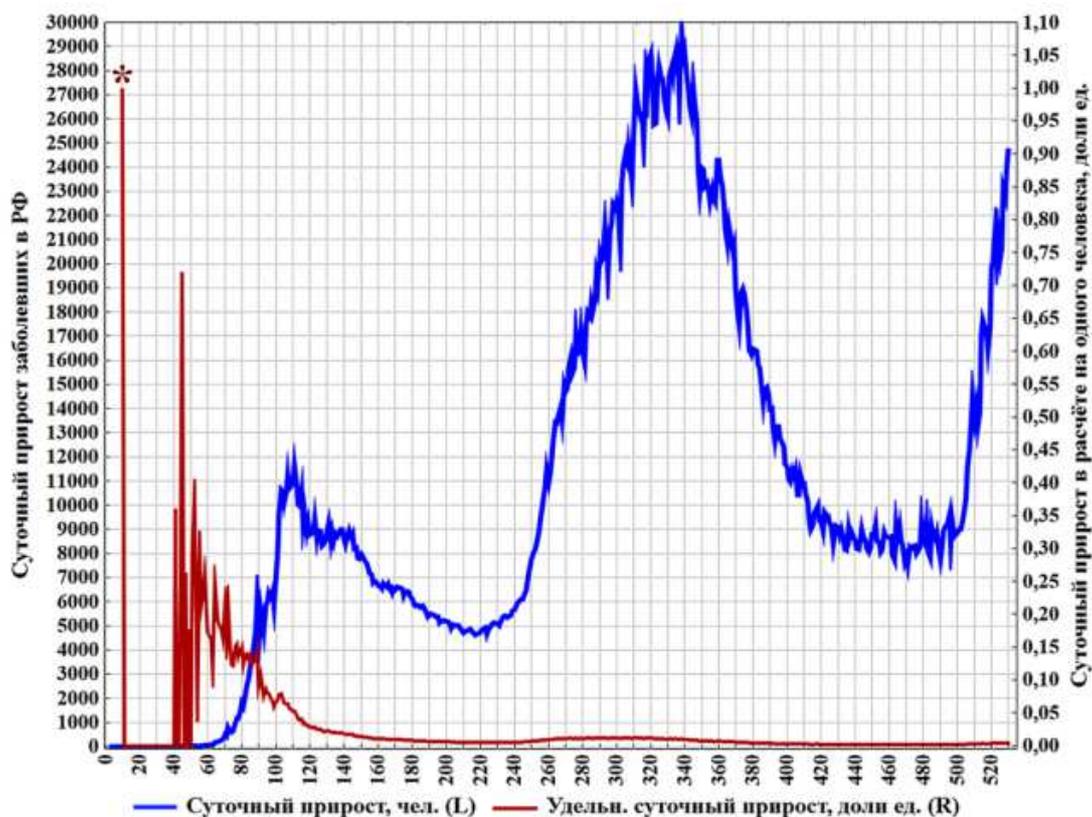
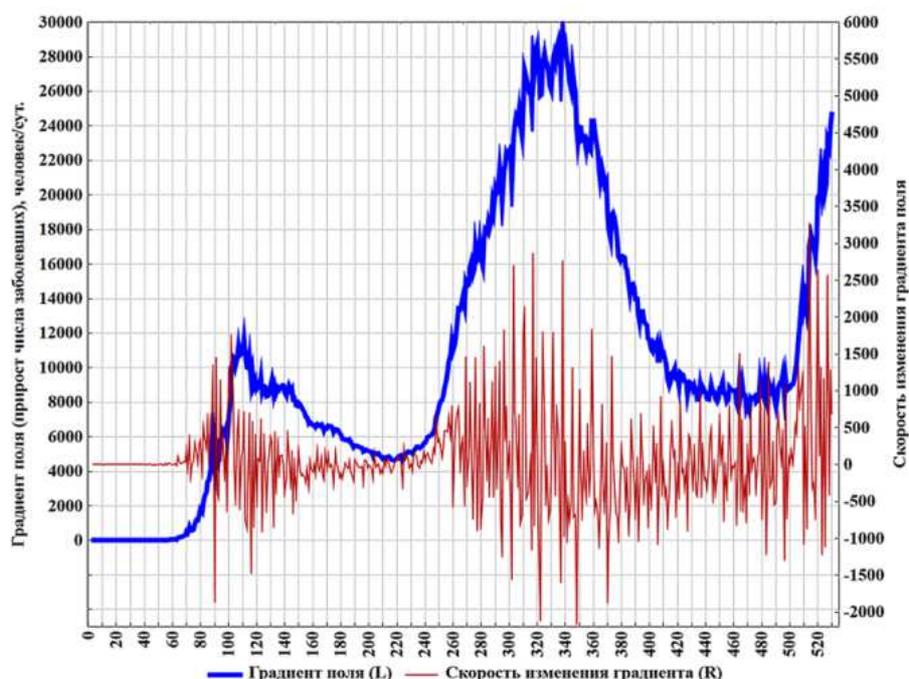


Рис. 1. Временной ход величин суточного прироста числа заболевших в РФ и удельных – в расчёта на одного заболевшего – величин суточного прироста

Укажем, что первый максимум графика удельного суточного прироста (\*), по-видимому, обусловлен погрешностью сбора данных на начальном этапе эпидемиологического процесса. Поэтому он интерпретируется как «ураганный выброс» и в дальнейшем анализе не учитывается.

На рис. 2 показан график *скорости* изменения суточного прироста числа заболевших в РФ, а, по сути, – второй производной динамики изучаемого поля.



**Рис. 2. Временной ход первой и второй производных динамики эпидемиологического процесса**

Анализ этих графиков позволяет сформулировать ряд предварительных заключений.

1. Центральная позиция области/облака максимальной дисперсии ( $SD$ , среднее квадратическое отклонение выборки) второй производной формально совпадает по времени с максимумом суточного прироста заболевших.

2. Интервалы минимальной дисперсии ряда чередуются с интервалами максимальной дисперсии.

3. Средняя по области – как минимальной, так и максимальной дисперсии – величина параметра  $SD$  увеличивается.

4. Текущая фаза процесса (04.07.2021) уже отмечена значительной по величине и достигаемым в пике амплитудам параметра дисперсии ( $SD$ ), но повторит ли текущая ситуация предыдущую, сказать на данный момент сложно.

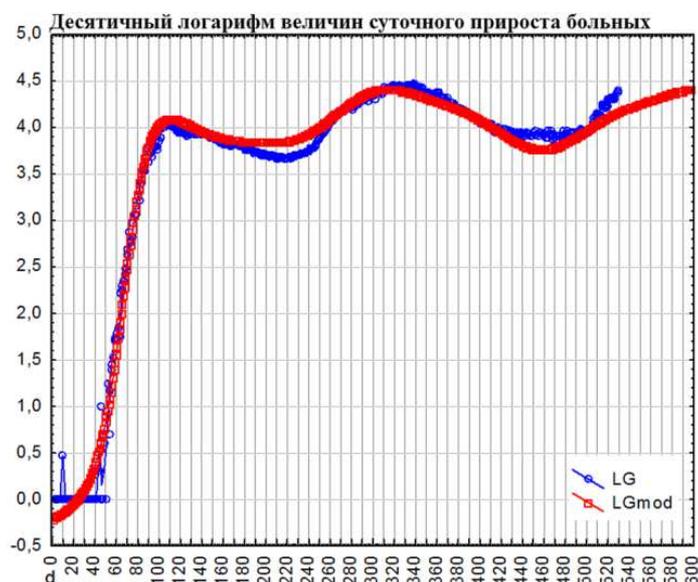
5. Суточный прирост заболевших отмечен быстрым нарастанием параметра  $SD$  и более медленным снижением его величин, то есть асимметрией цикла.

6. По-видимому, присутствует квазилинейный *тренд* изучаемого параметра.

Рассмотрим *трендовую компоненту* ряда суточного прироста заболевших ( $LG$ ). Для этого от исходных величин ряда перейдём к их десятичным логарифмам и воспользуемся моделью тренда, которая уже обсуждалась, – суммой логистической компоненты и двух косинусов:

$$LG = A1/(1 + \exp(B1 - d \cdot C1)) + B2 \cdot \cos(d \cdot T1 + C2) + B3 \cdot \cos(d \cdot T2 + C3) + Z.$$

В графическом виде данная модель показана на рис. 3, а значения её численных коэффициентов приведены в табл. 1.



**Рис. 3.** Временной ход величин логарифмов суточного прироста заболевших в РФ и модели её трендовой компоненты

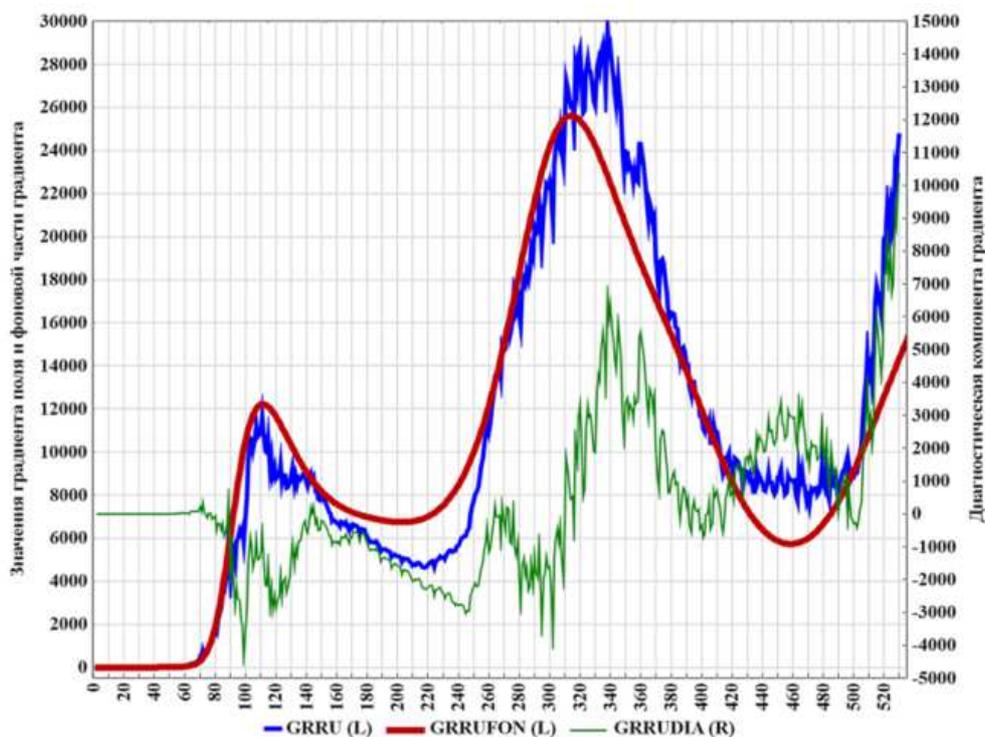
**Таблица 1**  
**Величины численных коэффициентов модели трендовой компоненты**

Model: $LG = A1/(1 + \exp(B1 - d \cdot C1)) + B2 \cdot \cos(d \cdot T1 + C2) + B3 \cdot \cos(d \cdot T2 + C3) + Z$ (COVID-Hopk-1)										
Dep. var: LG Loss: (OBS-PRED)**2										
Final loss: 9,075355614 R= ,99427 Variance explained: 98,857%										
N=529	A1	B1	C1	B2	T1	C2	B3	T2	C3	Z
Estimate	4,372716	5,680391	0,084078	-0,037983	-0,058048	20,33346	0,302075	0,023678	-7,70967	-0,27461

На следующем шаге от модельных значений тренда (десятичные логарифмы величин) вернёмся к исходной размерности параметра; получим фоно-

вую компоненту поля ( $GrRU_{fon}$ ; человек/сутки). Вычтем из ряда исходных величин градиента соответствующие значения фона ( $GrRU - GrRU_{fon}$ ); получим *диагностическую* компоненту изучаемого поля – величин суточного прироста заболевших COVID-19 в РФ ( $GrRU_{dia}$ ;  $min = -4340,75$ ;  $max = 10346,82$ ; средняя величина – 342,4821 человек/сутки).

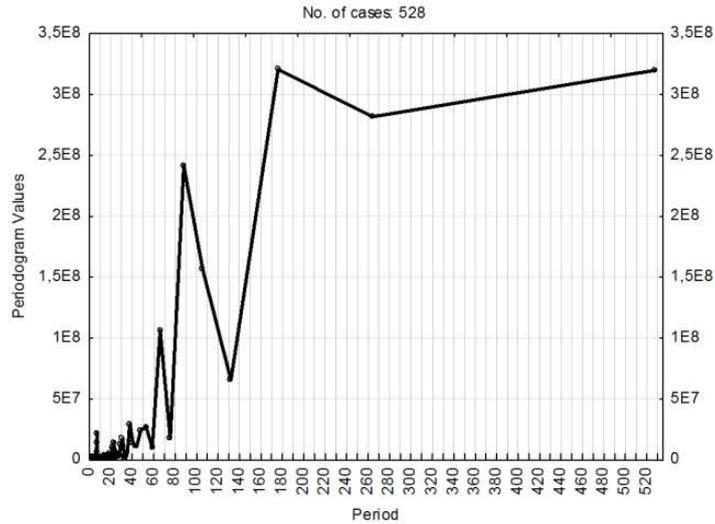
Временная динамика собственно суточного прироста числа заболевших, его трендовой и диагностической составляющих представлен на рис. 4.



**Рис. 4. Ход суточного прироста числа заболевших в РФ и его компонентов**

Применительно к анализу диагностической компоненты, следует повторить, что только в сумме с трендовой частью она приближает исходное поле  $GRRU$ .

«Сырой» спектр диагностической компоненты представлен на рис. 5.

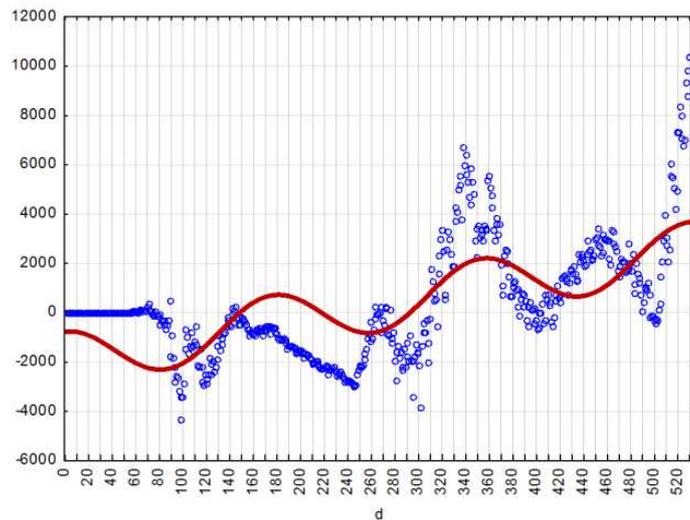


**Рис. 5. Периодограмма, или «сырой спектр», диагностической компоненты ряда суточного прироста заболевших**

Согласно предварительного анализа спектральной картины ряда (см. рис. 5), представляется целесообразным удаление, или режекция (англ. *reject* – отвергать), компоненты с периодом  $T = 176,6667$  суток ( $0,035565$ ), на которую приходится *основная доля дисперсии* изучаемого ряда:

$$GrRufon = A \cdot \cos(0,035565 \cdot d + B) + C \cdot d + Z.$$

В графическом виде ход моды с  $T = 176,67$  суток показан на рис. 6, а значения численных коэффициентов, используемой для её построения модели, – в табл. 2.



**Рис. 2. Временной ход моды  $T = 176,67$  суток с добавленным линейным трендом**

Таблица 2

Значения численных коэффициентов модели

Model: GrRUdia=A*cos(0,035565*d+B)+C*d+Z (COVID-Hopk-1)				
Dep. var: GrRUdia Loss: (OBS-PRED)**2				
Final loss: 1587888328,8 R= ,66017 Variance explained: 43,582%				
N=529	A	B	C	Z
Estimate	1120,778157	6,340272	8,393358	-1888,035350

Анализ спектра ряда с удалённой модой  $T = 176,67$  суток показал, что выполненной трансформации ещё недостаточно для адекватной оценки спектральной картины. Необходима режекция двух мод –  $T = 176,67$  и  $T = 264,0$  суток (рис. 7):

$$GrRUdia=A1\cdot\cos(0,035565\cdot d+B1)+A2\cdot\cos(0,0237999\cdot d+B2)+C\cdot d+Z.$$

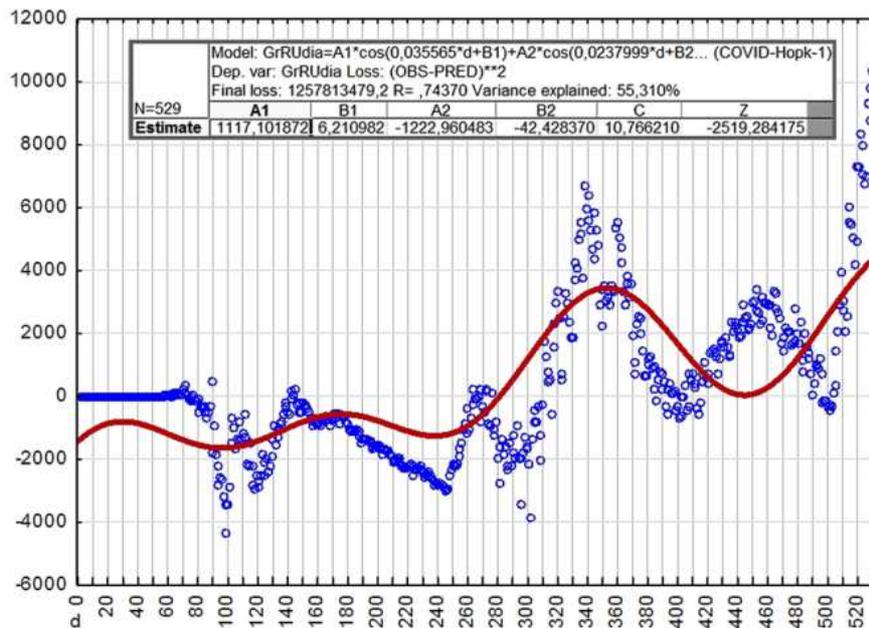
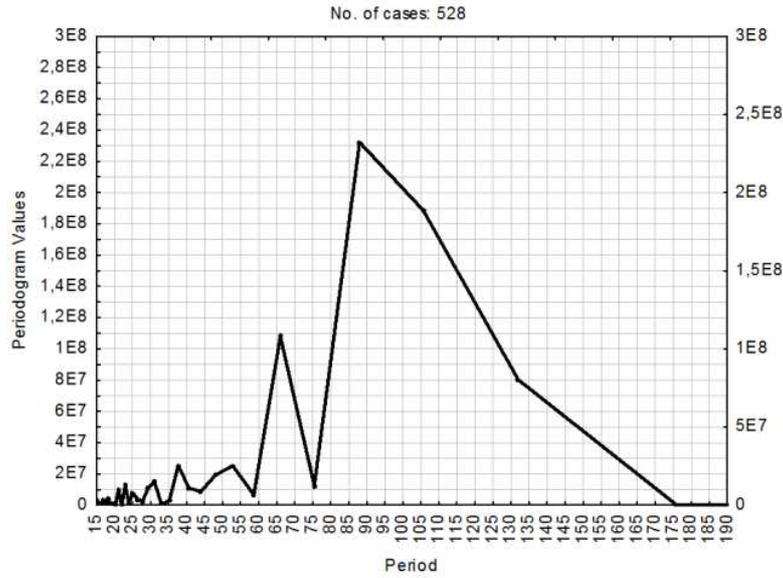


Рис. 7. Временной ход сложной колебательной моды, подлежащей удалению из исходного ряда

«Сырой» спектр диагностической части ряда после режекции указанных мод представлен на рис. 8, а его расчётный эквивалент – в табл. 3.



*Рис. 8. Периодограмма, или «сырой» спектр, трансформированного ряда диагностической компоненты суточного прироста заболевших*

*Таблица 3*

*Расчётные величины периодов колебательных мод*

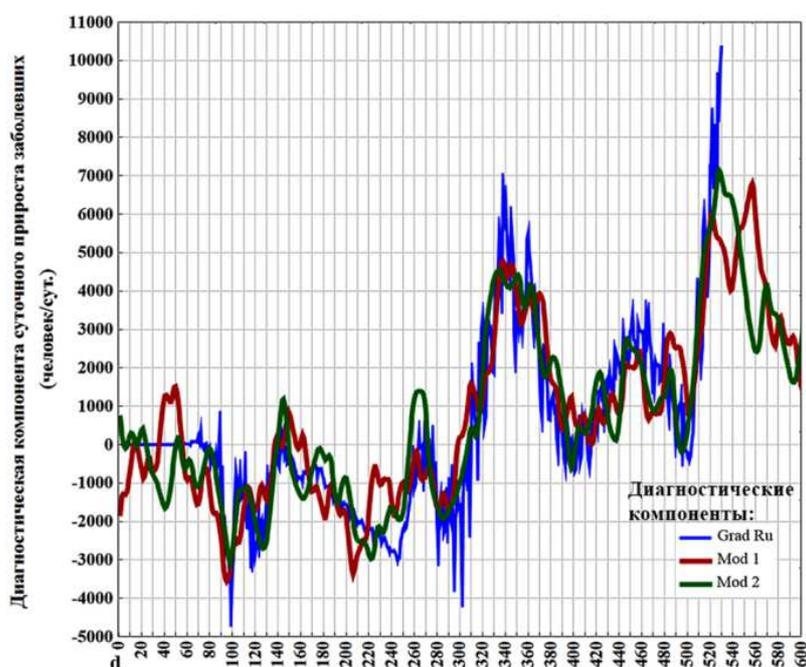
Spectral analysis: GRRUDIA3: =GrRUdia-2Md				
No. of cases: 528 (COVID-Hopk-1)				
	Frequency	Period	Periodogram	Density
0	0,000000		136740	139641128
1	0,001894	528,0000	289479182	139637989
2	0,003788	264,0000	136682	72730491
3	0,005682	176,0000	49144	36490287
4	0,007576	132,0000	80292293	89653542
5	0,009470	105,6000	188738974	160039192
6	0,011364	88,0000	232189038	158906151
7	0,013258	75,4286	12562080	94577989
8	0,015152	66,0000	107934857	61994926
9	0,017045	58,6667	6582439	36184696
10	0,018939	52,8000	25257682	21679549
11	0,020833	48,0000	19279298	17443505
12	0,022727	44,0000	8804761	13022916
13	0,024621	40,6154	10922992	13927124
14	0,026515	37,7143	25458983	15030213
15	0,028409	35,2000	2862515	8528975
16	0,030303	33,0000	751753	5984581
17	0,032197	31,0588	15184390	9783307
18	0,034091	29,3333	10895749	9325336
19	0,035985	27,7895	2644579	5547297
20	0,037879	26,4000	3815263	4655306
21	0,039773	25,1429	7783339	5275089
22	0,041667	24,0000	1373583	5698798
23	0,043561	22,9565	12741472	6656867
24	0,045455	22,0000	38814	5508836

Итак, к дальнейшему обсуждению принимаются следующие периоды колебательных мод (сутки): 264 ( $2\pi/T = 0,0238$ ); 176 ( $2\pi/T = 0,0357$ ); 88 ( $2\pi/T = 0,0714$ ); 66 ( $2\pi/T = 0,0952$ ); 52,8 ( $2\pi/T = 0,1190$ ); 37,7143 ( $2\pi/T = 0,1666$ ) и 31,0588 ( $2\pi/T = 0,2023$ ; плюс линейный тренд).

При формировании линейной модели диагностической компоненты ряда по указанному набору периодов, взятых из табл. 3, на которые приходится *максимальная доля* общей дисперсии ряда, для каждой колебательной моды тестировалась эффективность применения процедуры её амплитудной (АМ) и/или фазовой (ФМ) модуляции – повышают ли эти трансформации качество подгонки модельных значений к фактическим или нет.

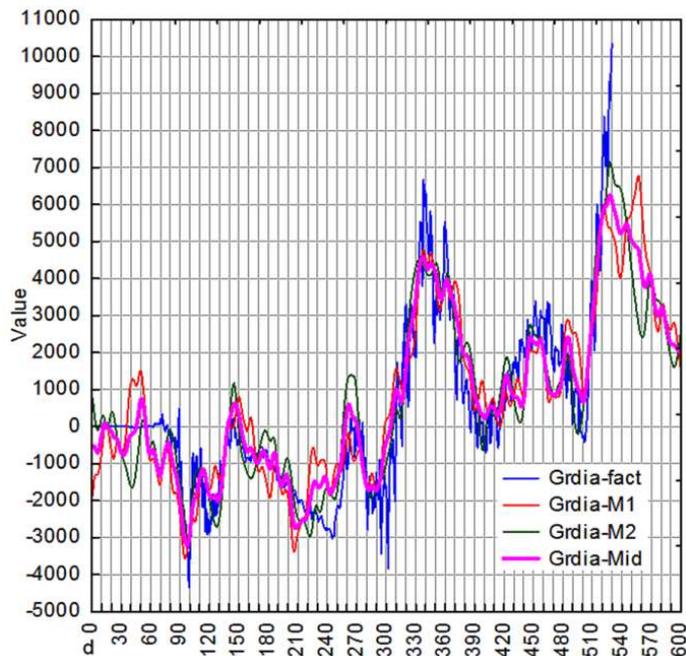
Результатом расчёта являются две модели: *GrRuMo1* ( $R = 0,873$ ) и *GrRuMo2* (без использования  $T = 31,06$  суток;  $R = 0,917$ ). Их формальное математическое выражение в данном отчёте не приводится (для экономии ресурса).

В графическом виде модели *GrRuMo1* и *GrRuMo2* представлены на рис. 9.



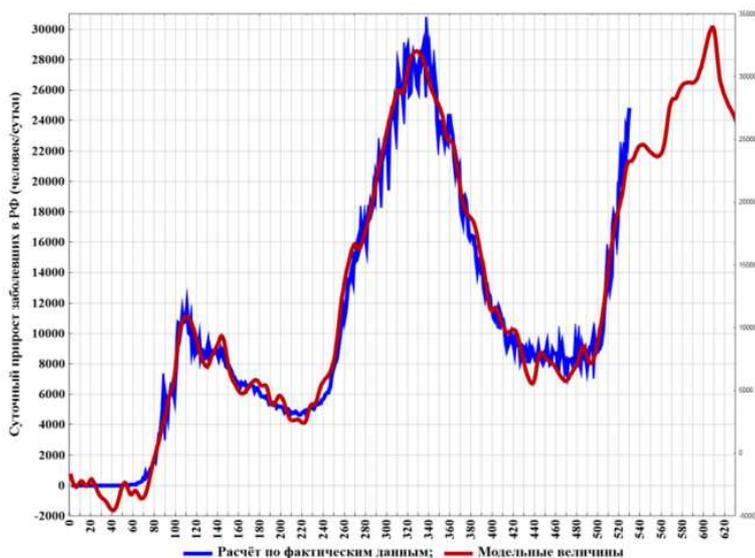
**Рис. 9. Временной ход моделей диагностической компоненты поля модели *GrRuMo1* и *GrRuMo2***

Вариант представления хода диагностической компоненты, как усреднения по двум рассмотренным моделям ( $[GrRuMo1 + GrRuMo2]/2$ ), показан на рис. 10.



**Рис. 10. Временной ход различных моделей диагностической компоненты ряда суточного прироста заболевших**

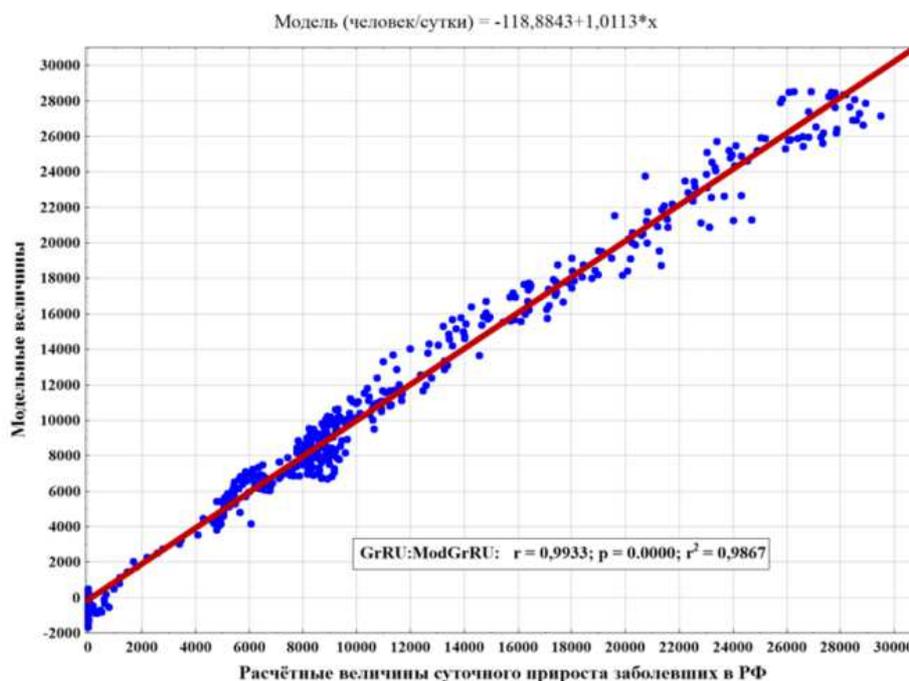
Возможно, «средняя» модель обладает своими преимуществами, но к дальнейшему обсуждению в работе принята модель *GrRuMo2* ( $R = 0,917$ ). Укажем вновь: для получения оценок суточного прироста заболевших любую подобную модель необходимо использовать вместе (в сумме) с моделью трендовой компоненты поля (рис. 11).



**Рис. 11. Временной ход фактических и модельных величин суточного прироста заболевших в РФ, а также вариант прогноза показателя**

Верификация данного прогноза требует привлечения фактических данных, которыми 04.07.2021 года мы, разумеется, не обладали.

Линейная регрессия фактических и модельных значений ( $d = 1...530$ ) представлена на рис. 12.



**Рис. 12. Линейная регрессия фактических и модельных величин суточного прироста заболевших в РФ**

Рис. 12 иллюстрирует следующую эмпирическую закономерность: *линейная модель плохо описывает/приближает экстремальные значения поля*. Например, в области *максимальных* значений «облако» точек отклоняется от линейной регрессии и, фактически, ориентировано горизонтально. Именно это свидетельствует, что модель не смогла адекватно приблизить величины поля данного диапазона.

Общая модель суточного прироста заболевших, включающая «среднюю» диагностическую компоненту, обладает характеристиками, близкие к рассмотренным.

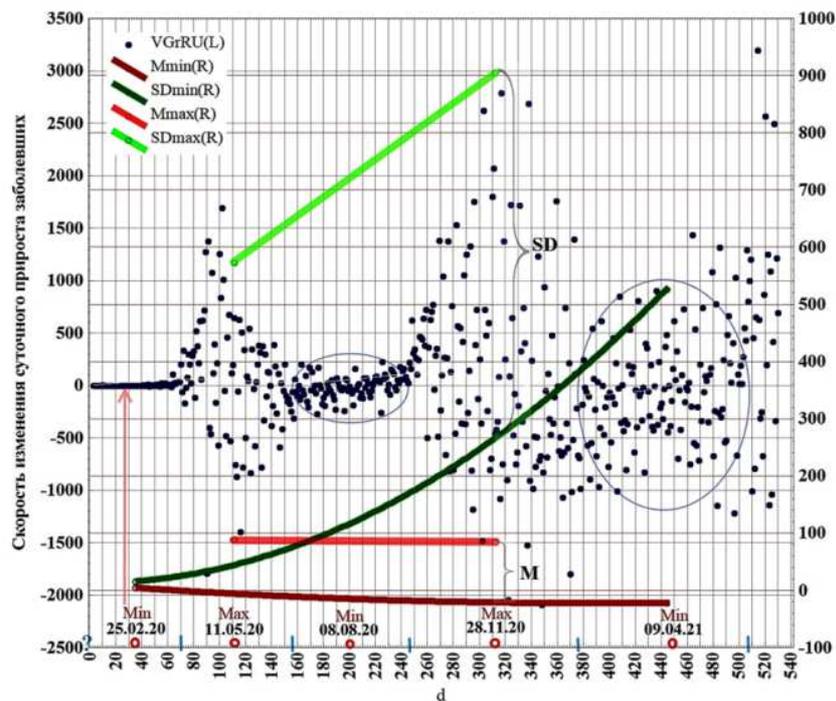
Далее обратимся к анализу *второй производной* общей численности заболевших *COVID-19* в РФ (до 04.07.2021 года;  $VGrRU$ ) и её статистическим характеристикам (табл. 4; рис.13).

Таблица 4

**Величины необходимых для анализа статистик интервалов минимальной и максимальной дисперсии, или изменчивости, изучаемого показателя**

Фазы минимальной дисперсии скорости суточного прироста больных				Фазы максимальной дисперсии скорости суточного прироста больных			
Интервал, $d$	$M$	$SD$	Оценка/ т-ка записи ( $d$ ; её дата)	Интервал, $d$	$M$	$SD$	Оценка/ т-ка записи ( $d$ ; её дата)
1-69	4,507	15,594	68 / 35 (25.02.20)	70-152	89,337	572,757	82 / 111 (11.05.20)
153-246	-14,755	116,340	93 / 200 (08.08.20)	247-377	84,435	904,916	130 / 312 (28.11.20)
378-509	-21,439	526,364	131 / 444 (09.04.21)	Фаза процесса не завершена			

Повторим, что на рис. 13 вынесены графики изменения величин  $M$  и величин  $SD$ , рассчитанные отдельно для фаз минимальной и фаз максимальной дисперсии параметра, приведённые в табл. 4 (соответственно,  $M_{min}$  и  $SD_{min}$ ;  $M_{max}$  и  $SD_{max}$ ).



**Рис. 13. Временная динамика переменной  $VGrRU$  (в виде точек), величин математического ожидания ( $M$ ) и среднего квадратического отклонения ( $SD$ ) ряда ( $d = 1$  соответствует 22.01.2020 года;  $d = 530$  соответствует 04.07.2021 года)**

На рис. 13 границы минимальных и максимальных фаз показаны вертикальными штрихами светло-синего цвета; даты середины каждой фазы (точки записи расчётных характеристик) также вынесены на рисунок. Фазы минимальной дисперсии поля, оцениваемой по сравнению с фазами максимальной дисперсии, показаны эллипсами.

Итак, следует заключить, что эпидемический процесс лишь набирает силу: суточный прирост заболевших увеличивается на фоне возрастающего тренда. При этом *скорость* прироста заболевших медленно снижается: величины  $M$  минимальных и максимальных фаз незначительно уменьшаются (см. рис. 13;  $M$ ). Одновременно общая дисперсия минимальных и максимальных фаз *существенно* возрастает (см. рис. 13;  $SD$ ). В естествознании возрастание дисперсии обычно связывают с «переходным» характером процесса, т.е. с трансформацией одной качественно определённой ситуации в другую.

В целом, с учётом предполагаемой продолжительности фаз (интервал  $d$ , ограниченный вертикальными штрихами на рис. 13), области максимальной дисперсии поля локализованы в окрестности *мая* и ближе к завершению *ноября* – началу *декабря*, то есть весной и во второй половине осени – начале зимы. Однако общий тренд развития эпидемического процесса – восходящий.

### **Эмпирическое обоснование гипотезы о временной структуре фаз эпидемического процесса**

В данном исследовании, как и в ряде предыдущих работ, мы допускаем, что, в среднем за продолжительное время, каждая подфаза выраженного роста и области локального максимума (фазы 1, 3, 5; рис. 14), а также выраженного спада и области локального минимума (фазы 0, 2, 4) суточного числа заболевших (рис. 14; кривая синего цвета) соотносятся в пропорции  $a/b \approx (1 + \sqrt{5})/2 \approx 1,618$ . В частности, такое соотношение выявлено нами для фаз экономического развития.

В качестве опорных позиций данного расчёта принимаются даты левой (ЛГ) и правой (ПГ) границы каждого временного интервала, заключающего в себе области минимальной и максимальной дисперсии величины скорости изменения суточного прироста заболевших (по сути, величины дисперсии *второй* производной изучаемого «поля»; рис. 13,  $SD$ , выделение «эллипс»). На данном рисунке области минимальной и максимальной дисперсии обозначены индексами фаза-0, фаза-1, фаза-2 и т.д. Границы каждой подобной фазы выделены вертикальными линиями светло-синего цвета и могут быть исчислены в тех или иных подходящих единицах. Например, на данном рисунке единицей исчисления дат служит номер в упорядоченном ряду ( $d$ ), причём  $d = 1$  соответствует 22.01.2020 году, а  $d = 530$  – 04.07.2021 году. Расчёт сводится к оценке длительности временных интервалов, разделяющих/закрепляющих дату экстремума – как минимума, так и максимума – величины суточного прироста

заболевших (вертикальные линии розового цвета; см. рис. 14). Результаты расчёта представлены в табл. 5.

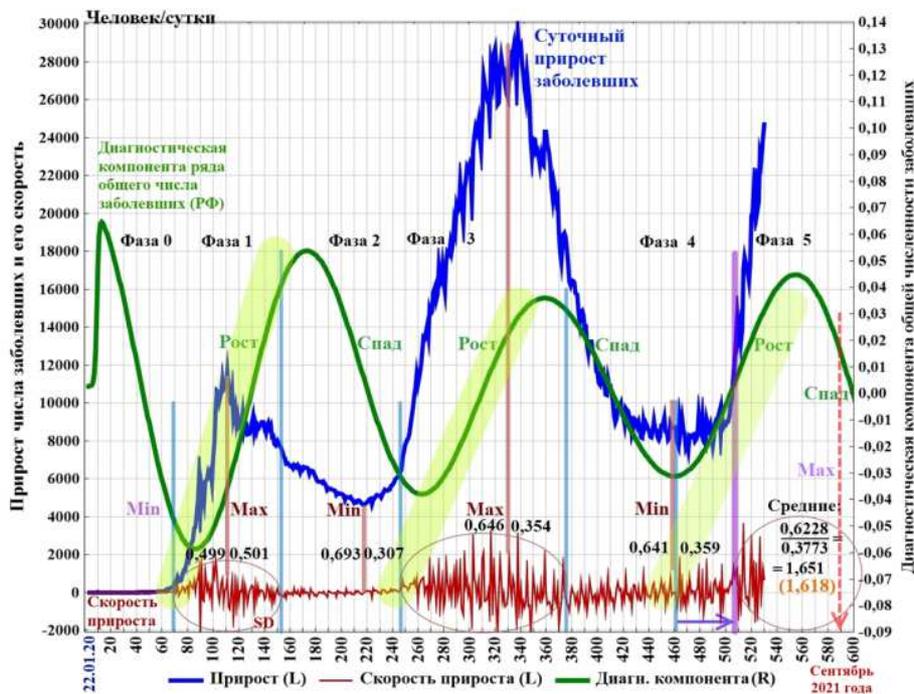
Таблица 5

**Временные характеристики фаз роста и спада  
общего числа заболевших в РФ**

№ фазы	Условные единицы исчисления дат (1 у.е. = 18,0832 дней)						$\Delta_1 / \Delta_{\Phi}$ , <i>a</i>	$\Delta_2 / \Delta_{\Phi}$ , <i>b</i>
	ЛГ	$\Delta_1 =$ (М-ЛГ)	Max/Min, М	$\Delta_2 =$ (ПГ-М)	ПГ	$\Delta_{\Phi} =$ ПГ-ЛГ, у.е. / дни		
0	?	–	Min	–	7,38	–	–	
1	7,38	2,33	Max, 9,71	2,33	12,04	4,66/84,268	0,500	
2	12,04	3,57	Min, 15,61	1,56	17,17	5,13/92,767	0,696	
3	17,17	4,66	Max, 21,83	2,54	24,37	7,20/130,199	0,647	
4	24,37	4,71	Min, 29,08	2,56	31,64	7,27/131,465	0,648	
5	31,64	–	Max	–	–	–	–	
Среднее:		3,818		2,248		6,065/109,675	0,623	0,377

$a/b = 1,651$  (+2,04 % к величине 1,618);  $a + b = 1$ ; 1 у.е. = 18,0832 дней.  
 С учётом средней величины  $a = 0,6228$ , получаем оценку положения максимума фазы № 5:  
 $d = 507 + (0,6228 \times 131 \text{ день}) = 589$ , что формально соответствует 01.09.2021 года.  
 Положение ЛГ<sub>5</sub> :  $31,64 - 3,60$  (начало ряда) =  $28,04 \times 18,0832 = 507$ .  
 Общая продолжительность фаз 1-4:  $(31,64 - 7,38) \times 18,0832 = 438,698$  дней.

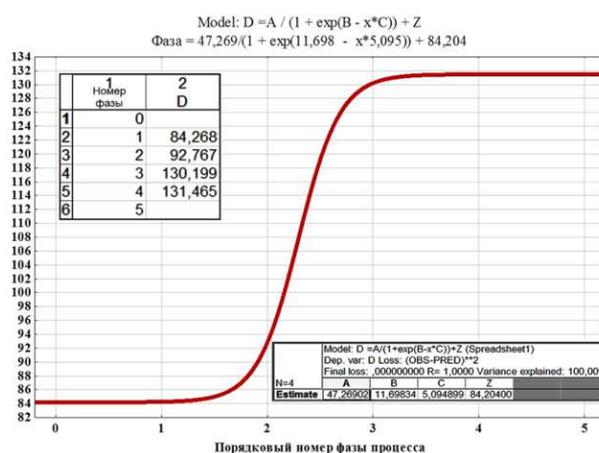
Результаты расчёта вынесены на рис. 14.



**Рис. 14. Анализ и прогноз временной структуры фаз  
эпидемиологического процесса**

Горизонтальной стрелкой показана необходимость коррекции ранее принятой границы интервала с тем, чтобы система подчинялась общей закономерности.

Добавим, что указанный расчёт предполагал оценку гипотетической продолжительности 5-й фазы эпидемического процесса (см. табл. 5), которая получена сугубо *формально* – по данным о длительности предыдущих фаз (рис. 15).



**Рис. 15. Оценка продолжительности 5-й фазы эпидемического процесса (в принятых в данной работе категориях)**

Итак, в исследовании выполнен анализ и сформулирован прогноз временной структуры фаз эпидемиологического процесса (на текущем этапе его развития). Возникает вопрос: как соотносится этот анализ с ходом тех компонент изучаемого поля, которые интерпретируются как диагностические? Другими словами, если данные компоненты поля считаются диагностическими, то каковы их эвристические возможности?

Согласно рис. 16 (кривая зелёного цвета), *точки экстремумов* диагностической компоненты ряда *общей численности заболевших*, в целом, локализованы между последовательными позициями минимального и максимального прироста числа заболевших (кривая синего цвета) и, соответственно, между последовательными позициями минимальной и максимальной скорости изменения величины прироста заболевших (приблизительно середины каждого интервала; кривая тёмно-красного цвета). Тогда наша *рабочая гипотеза* состоит в том, что *середина области экстремума* диагностической компоненты поля (на рис. 16 для позиции  $d = 79$  и других позиций показана вертикальной *пунктирной стрелкой* красного цвета, а также выделением «эллипс») определяется как полусумма исчисленных в тех или иных единицах дат *последовательных экстремумов* первой и второй производных поля (на

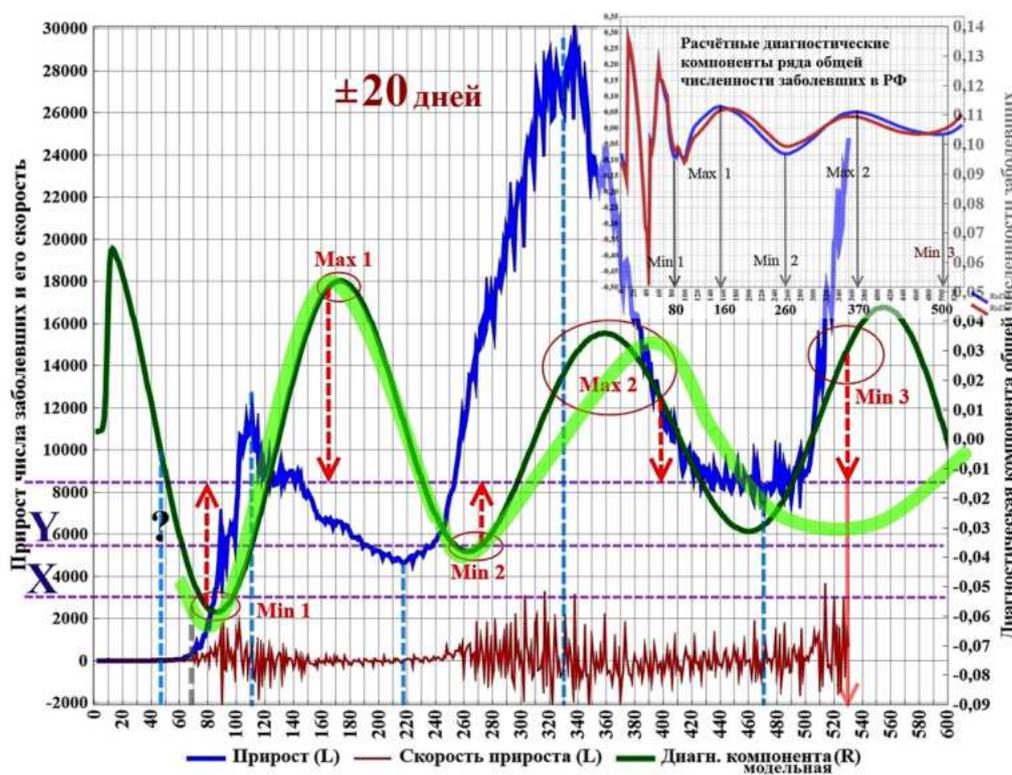
рис. 16 показаны вертикальными пунктирами голубого цвета). А расчёт последних по фактическим данным не представляет затруднения и может быть выполнен для нескольких территориальных образований (государств).

Вначале приведём расчёт для ряда общей численности заболевших (на 04.07.2021), по результатам обработки которых получен рис. 16 (табл. 6).

**Таблица 6**  
**Результаты расчёта точек вероятной локализации экстремумов**  
**диагностической компоненты поля общей численности**  
**заболевших в РФ**

Max / Min диагностической части поля	Условные единицы исчисления дат			Дата (№ позиции в ряду данных*)
	Левая граница интервала, X	Правая граница интервала, Y	$(X + Y) / 2$	
Min 1	6,19	9,71	7,95	79
Max 1	9,71	15,61	12,66	164
Min 2	15,61	21,83	18,72	273
Max 2	21,83	29,08	25,46	395
Min 3	29,08	36,12 (?)	32,6	523

\* Первый номер ряда данных ( $d = 1$ ) соответствует 22.01.2020 году



**Рис. 16. Оценка эвристических возможностей диагностической**  
**компоненты ряда общей численности заболевших**

Следует подчеркнуть, что на рис. 16 вынесена одна из *модельных* кривых (линия зелёного цвета меньшей толщины), с известной адекватностью отражающая динамику исходных *расчётных* диагностических компонент, выделенных ранее с использованием линейного компонента в трендовой части изучаемого поля (в сочетании с логистическим компонентом), а также с использованием двух колебательных компонентов. По-видимому, предложенный алгоритм диагностики и прогноза интервалов экстремальных значений ряда общей заболеваемости функционален как раз **для первичных («сырых») данных** (линия светло-зелёного цвета большей толщины, а также врезка) и устанавливает дату экстремума с точностью около  $\pm 20$  дней (в текущей фазе развития процесса). Причём использование в композиции модели тренда линейного компонента, в данном случае, похоже, более целесообразно [1-4].

Позиция, отмеченная в табл. 6 символом «?», является гипотетической и принята по результатам применения предыдущего алгоритма, основанного на гипотезе сохранения на протяжении значительного времени среднего соотношения – в долях единицы – более продолжительного (*a*) и более короткого (*b*) отрезков внутри каждой фазы общей длительностью около трёх месяцев, определяющих локализацию экстремума суточного прироста заболевших. Возможно, это отношение близко к величине  $a/b \approx (1 + \sqrt{5})/2 \approx 1,618033$ .

Дальнейший анализ – межрегиональные сопоставления – опирается на оценки суточного прироста числа заболевших и величины скорости прироста по рядам данных, отражающих динамику распространения эпидемии в Румынии, Польше и Украине.

### Библиографический список

1. Хадарцев А.А., Волков А.В., Кашинцева Л.В. Основания и результаты применения методологии геофизики для разработки моделей социальных полей (на примере заболеваемости COVID-19) в РФ// 17-я Международная конференция по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики «Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики»: материалы конференции. Тула: Изд-во ТулГУ, 2021, 568 с. С. 344-352.
2. Хадарцев А.А., Волков А.В., Кашинцева Л.В. Прогноз уровней и временной структуры фаз эпидемиологического процесса COVID-19 в РФ// 17-я Международная конференция по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики «Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики»: материалы конференции. Тула: Изд-во ТулГУ, 2021, 568 с. С. 353-364.
3. Хадарцев А.А., Волков А.В. Математические модели текущего этапа эпидемии COVID-19 в России и их особенности// Приоритетные направления развития науки и технологий: доклады XXIX международной науч.-практич. конф.; под ред. В.М. Панарина. Тула: Инновационные технологии, 2021. 234 с. С. 87-97. URL: <http://www.semikonf.ru>.
4. Хадарцев А.А., Волков А.В. Эвристические возможности результатов декомпозиции эпидемического процесса COVID-19 в России// Современные проблемы экологии: доклады XXVII всероссийской науч.-практич. конф.; под общ. ред. В.М. Панарина. Тула: Инновационные технологии, 2021. URL: <http://www.semikonf.ru>.

УДК 316.4.051.2: 316.4.06

А.В. Волков, канд. техн. наук, доц., [wolkow.av@mail.ru](mailto:wolkow.av@mail.ru)  
(Россия, Тула, ТулГУ)

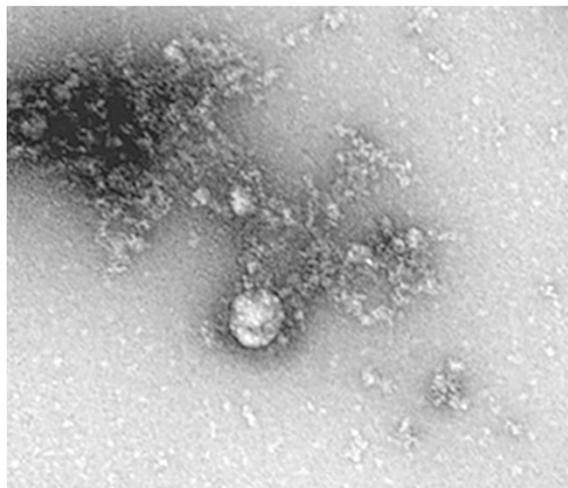
## ВЕРИФИКАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ДЕКОМПОЗИЦИИ ЭПИДЕМИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА COVID-19 В РОССИИ

*Рассмотрены особенности современной фазы развития пандемии COVID-19; некоторые представления научного сообщества о природе и чертах временной организации данного процесса; результаты его формального описания линейными полициклическими моделями, отражающими влияние на заболеваемость сезонных факторов пандемии; выполнена верификация декомпозиции эпидемического процесса и результатов его прогноза по новым фактическим данным.*

*Ключевые слова: COVID-19, эпидемиологический процесс, поле социального поведения, динамика социальных процессов, ритмы, волны, статистические методы обработки данных, ряды наблюдений, спектральный анализ.*

Согласно публикации *New York Daily News*, в 2021 году в США «COVID-19 уже убил больше людей, чем в 2020 году. По данным Университета Джона Хопкинса, с 1 января в стране зарегистрировано более 353 тысяч смертей, что примерно на тысячу больше, чем за первые 10 месяцев прошлого года. <...> По мнению экспертов, между этими годами есть ключевые различия, которые объясняют тенденцию. Количество случаев заболевания и смертей увеличил более заразный дельта-штамм вируса. Ситуацию усугубляет отсутствие коллективного иммунитета из-за низкого уровня вакцинации». По словам доцента эпидемиологии Школы общественного здравоохранения Университета Джона Хопкинса Дэвида Дауди, «коронавирус не знает, какой сейчас год, и смерть, в основном, приходит волнами. <...> Чем больше случаев заболевания, тем больше смертей, хотя это также зависит от того, кто заболевает. Пожилые или уязвимые... люди имеют более высокий шанс тяжёлого течения заболевания и более высокий уровень смертности». Кроме того, «дельта-штамм изменил уровень вакцинации, необходимый для коллективного иммунитета, который зависит от вида патогена. Когда он очень заразен, необходимо вакцинировать больший процент населения, чтобы получить коллективный иммунитет». Поэтому, по мнению специалистов, увеличение количества вакцинаций имеет решающее значение для предотвращения разрушительных последствий смертоносных волн» (<https://www.inopressa.ru/article/07Oct2021/nydailynews/usa.html>).

Фотографию дельта-штамма коронавируса *COVID-19* опубликовал научный центр «Вектор» Роспотребнадзора 25 октября 2021 года (рис. 1).



**Рис. 1. Дельта-штамм *COVID-19* (Роспотребнадзор, центр «Вектор»)**

Российские учёные отмечают, что дельта-штамм обеспечивает более высокую вирусную нагрузку на организм. Поэтому инфицированные им люди могут заражать других, даже не зная, что заражены сами. Допускается вероятность вытеснения дельта-штамма новым вариантом патогена *AУ.4.2* (<https://lenta.ru/news/2021/10/25/deltafirst/>).

Согласно информации РИА «Новости», заместитель генерального директора по научной работе центра «Вектор» А. Агафонов указал, что коронавирус делает человека более восприимчивым к другим вирусам. «Мы исследуем влияние вирусов на взаимную патогенность. <...> Можно допустить такой вариант развития событий, при котором человек, встретившись с коронавирусом и гриппом, может более тяжело переболеть гриппом». По мнению учёного, «это означает, что коронавирус способен модифицировать иммунную систему и позволять вирусу гриппа размножаться в больших количествах. Не исключена вероятность, что другие, уже хорошо изученные, вирусы, которые раньше вызывали легкие заболевания, под действием *COVID-19* приведут к тяжёлым патологиям». Научный сотрудник лаборатории функциональной геномики Медико-генетического научного центра РАН Анча Баранова допустила, что коронавирусная инфекция сокращает среднюю продолжительность жизни на 10 лет ([https://www.gazeta.ru/social/news/2021/10/01/n\\_16621489.shtml](https://www.gazeta.ru/social/news/2021/10/01/n_16621489.shtml)).

Проблеме появления новых мутаций патогенов посвящён обзор французского издания *Le Figaro*. В частности, издание констатирует, что «вирусы, как и все живые существа, эволюционируют. Попадая в организм, они воспроизводятся, и с каждой копией в их генетической структуре могут появляться

небольшие ошибки... Большинство из них остаются без последствий, но некоторые позволяют вирусу приобрести новую функцию, например, преодолеть межвидовой барьер». *Le Figaro* напоминает читателям, что в августе 2011 года «две группы голландских и японских ученых предложили взять на себя инициативу: вместо того, чтобы ждать, пока... вирусы гриппа станут патогенными для человека, предвосхитить процесс естественного отбора, нацелившись на мутации, которые способны преодолеть межвидовые барьеры, то есть на искусственное формирование у вируса новых функций. По мнению биолога Университета Экс-Марсель Жака ван Хелдена, «одна из главных трудностей заключается в том, что усиление функции – нечто довольно широкое и плохо определенное... Кто должен контролировать <подобные эксперименты>?». С этим согласны другие специалисты: «Не нужно поощрять финансирование или публикацию экспериментов с опасными вирусами, – указывает Жан-Клод Манугуэрра. – Мир исследований очень взаимосвязан, и коллегиальный контроль должен поднять тревогу, если пересекаются красные линии... В определении критериев контроля должны участвовать молекулярные вирусологи... Но в принятие таких решений нужно обязательно включать иные научные дисциплины и компоненты общества» (<https://www.inopressa.ru/article/04Oct2021/lefigaro/supervirus.html>).

Широкая дискуссия о природе патогена, вызвавшего пандемию *COVID-19*, и этике проведения научных исследований с подобными агентами, безусловно, важна, учитывая демографические, экологические, геополитические и другие последствия ситуации. Только в России в этой фазе пандемии ежедневно регистрировалось около 40 тысяч новых случаев заболевания *COVID-19*, а также аномально высокие уровни смертности (<https://lenta.ru/news/2021/10/25/newcorona/>).

Французское издание *Libération* замечает, что «столкнувшись со стремительно растущими цифрами заражений и смертей от *COVID-19*, российские власти объявили целый ряд мер. Но этого слишком мало и слишком поздно для страны с низким уровнем вакцинации. <...> На сегодняшний день лишь около 35% населения получили хотя бы одну дозу вакцины... При этом четверть россиян полагают, что статистика смертей от *COVID-19* не соответствует действительности. При этом властями государства данные недооцениваются, а переоцениваются» (<https://www.inopressa.ru/article/22Oct2021/liberation/russia.html>).

По мнению к.м.н., инфекциониста И. Коновалова, рост числа выявленных в России случаев заболевания и смертей – лишь верхушкой айсберга, поскольку показатели зависят от методов оценки и подсчетов, из-за чего могут меняться: «Это звучит, наверное, цинично..., но нередко причина смерти определяется по очень сложным критериям». Врач указал, что в 2021 году «вышли обновленные рекомендации Роспотребнадзора о том, как регистрировать случаи заболеваний и, в том числе, как подсчитывать летальность. В частности,

человек может скончаться как непосредственно от коронавирусной инфекции, так и от осложнений, связанных с заболеванием. Кроме того..., видимые причины могут отличаться от реальных». По словам эксперта, изменения в методике, на основе которой появляются цифры статистики, видны по проценту бессимптомных пациентов (<https://lenta.ru/news/2021/10/01/iceberg/>).

Согласно публикации издания *Le Monde*, «цифры <смертности от COVID-19>, предоставленные санитарно-эпидемиологической службой Роспотребнадзор и используемые Всемирной организацией здравоохранения для глобальных сравнений, вызывают сомнения. Подсчет производится в соответствии с минималистской методикой расчёта и систематически пересматривается в сторону увеличения, апостериори, другим официальным источником – статистической службой Росстат». Издание допускает и «некое статистическое намерстывание <данных>: с середины июля до выборов в Госдуму 19 сентября цифры оставались на удивление стабильными... В результате, четвертая российская волна разбилась о почти полное молчание политиков и СМИ. <...> Пришлось дожидаться последних нескольких дней <сентября>, чтобы увидеть, как COVID-19 и его санитарные последствия вновь вернулись в официальный дискурс. В среду, 29 сентября, официальный представитель Кремля Дмитрий Песков упомянул «очень печальные антирекорды в плане смертности» и «серьезный повод для обеспокоенности» (<https://www.inopressa.ru/article/01Oct2021/lemonde/russia.html>).

По информации немецкого издания *Süddeutsche Zeitung*, «на сегодняшний день только треть населения России полностью вакцинирована... Поэтому Россия стоит на месте, а показатели заражения снова растут. Каждый день в стране из-за заражения COVID-19 умирает более тысячи человек. <...> Гражданам России придётся снова уйти в отпуск. Правда, эксперты полагают, что одной недели будет недостаточно. Но денег на более длительный локдаун в бюджете нет» (<https://www.inopressa.ru/article/22Oct2021/sueddeutsche/covid.html>).

Действительно, по сообщению Министра финансов РФ А. Силуанова, ежедневно «коронавирус обходится российскому бюджету в 3,6 миллиардов рублей». «В среднем, у нас на ковид в день тратилось, при обычной обстановке, около 2 млрд рублей в день, – заявил министр на встрече с членами Совета Федерации в формате открытого диалога. – Сейчас, при особой ситуации, при всплеске заболеваний – 3,6 млрд рублей в день. <...> Мы вместе с Минздравом просчитали необходимые объёмы и готовим первые предложения в правительство на сумму свыше 50 миллиардов рублей» ([https://zavtra.ru/events/siluanov\\_rasskazal\\_skol\\_ko\\_rossiya\\_ezhednevno\\_tratit\\_na\\_bor\\_bu\\_s\\_covid-19](https://zavtra.ru/events/siluanov_rasskazal_skol_ko_rossiya_ezhednevno_tratit_na_bor_bu_s_covid-19)).

В конце 2021 года в интервью каналу «Россия-24» мэр Москвы С.С. Собянин заявил, что столица за 2 года борьбы с эпидемией потратила 800 млрд рублей: «Очень много разных направлений трат – это и компенсации жителям,

и бизнесу, дополнительные льготы, это прямые расходы на создание... резервных госпиталей..., это дополнительные выплаты врачам, и, конечно, немалую проблему создало, особенно в 2020 году, падение доходов бюджета. Если всё это вместе посчитать, думаю где-то порядка 800 млрд рублей <получается>, включая траты фонда обязательного медицинского страхования. Из них миллиардов 200 – это недополученные доходы города». Лечение одного госпитализированного пациента обходится Москве, в среднем, в 240 тысяч рублей. Это большие расходы для города: почти треть бюджета. «Слышал, в Европе затрачивается до 100 тысяч долларов на одного больного в реанимации, т.е. это совсем другие цифры», добавил мэр ([https:// www.vesti.ru/finance/article/2654912](https://www.vesti.ru/finance/article/2654912); [https:// www.interfax.ru/moscow/ 810422](https://www.interfax.ru/moscow/810422); [https://www.kommer-sant.ru/doc/ 5140624?utm\\_source = yxnews& utm\\_medium =desktop](https://www.kommer-sant.ru/doc/5140624?utm_source=yxnews&utm_medium=desktop)).

Однако уже в середине октября *Newsweek* допустил, что «Россия вполне может ввести ещё один локдаун, если региональные системы здравоохранения достигнут критической точки, т.е. рекордного суточного количества инфекций и смертей от *COVID-19*». Издание приводило слова Министра здравоохранения РФ М. Мурашко, который указал, что если не принять меры по ограничению социальных коммуникаций, это приведёт к резкому росту числа инфекций. <...> Согласно официальным данным, ныне Россия занимает пятое место в мире по количеству пострадавших от *COVID-19*, после США, Бразилии, Индии и Мексики» ([https:// www. inopressa.ru/article/ 15Oct 2021/ newsweek/russia.html](https://www.inopressa.ru/article/15Oct2021/newsweek/russia.html)).

При этом в начале месяца вице-премьер Татьяна Голикова заявляла, что в стране, на фоне увеличения случаев заражения коронавирусом, локдаун вводится не будет. Хотя, по словам премьер-министра Михаила Мишустина, «ситуация с распространением коронавируса... в настоящее время напряжённая» ([https:// www. gazeta.ru/social/news/2021/10/ 01/n\\_ 16622419.shtml](https://www.gazeta.ru/social/news/2021/10/01/n_16622419.shtml)).

По мнению начальника лаборатории особо опасных инфекций центра Фундаментальной трансляционной медицины, профессора А. Чепурнова и руководителя лаборатории геномной инженерии МФТИ П. Волчкова, на спад купируемая локдауном четвёртая волна *COVID-19* пойдёт к январю. На динамику эпидемической ситуации могут повлиять ускорение темпов вакцинации и формирование коллективного иммунитета. Согласно же оценке иммунолога Н. Крючкова, страна столкнётся с затяжной волной коронавируса: после некоторой стабилизации ситуации с *COVID-19* в ноябре россиян ждёт очередной подъем заболеваемости в январе, а затем стоит ждать весеннюю волну ([https://lenta.ru/news/2021/ 10/ 19/ virus/](https://lenta.ru/news/2021/10/19/virus/)).

Согласно оценкам экспертов Минздрава РФ, во второй половине октября в стране действительно не был достигнут пик четвёртой волны коронавируса. Ранее врач-инфекционист Е. Тимаков допустил, что данная волна пандемии *COVID-19* станет для россиян самой тяжёлой, причём стабилизируется ситуация только к середине декабря. Тем не менее, новые волны коронавируса

будут переноситься вакцинированными людьми легче (<https://lenta.ru/news/2021/10/25/pikkk/>).

Возможно, через полтора-два года население может снизиться восприимчивость к COVID-19. Поколение, которому предстоит расти с COVID-19, будет воспринимать его как обычный сезонный коронавирус (<https://lenta.ru/news/2021/10/22/sezon/>).

Согласно публикации в *Nature Computational Science*, признаки сезонности в распространении COVID-19 выявили специалисты Барселонского института глобального здравоохранения (*ISGlobal*, Испания). «Инструментами математического моделирования учёные изучили связь между климатом и заболеваемостью на ранней стадии пандемии в разных точках планеты. Установлено, что более высокие темпы передачи вируса характерны для регионов с более низкими температурами и влажностью. По мере их повышения, скорость распространения волн пандемии снижается. <...> Специалисты уверены, что COVID-19 демонстрирует характерные свойства сезонных инфекций, таких как грипп. Исследование подтвердило, что, в основном, коронавирус передаётся по воздуху, и в этом механизме сезонность играет важную роль. В частности, при низкой влажности воздуха размер частиц аэрозолей уменьшается и вирус распространяется быстрее» (<https://lenta.ru/news/2021/10/22/sezon/>).

По информации издания *The New York Times*, со ссылкой на исследование Национального института аллергии и инфекционных заболеваний США, «COVID-19 эволюционирует и приспосабливается для лучшей передачи именно воздушно-капельным путем. Установлено, что новые альфа-штамм и дельта-штамм коронавируса способны перемещаться на большие расстояния и оседать прямо в легких, что крайне опасно для человека. <...> Директор Европейского бюро Всемирной организации здравоохранения Ханс К्लюге допустил, что вероятность мутации вируса вырастает в том случае, если он широко циркулирует в популяции и приводит к росту заражений» (<https://lenta.ru/news/2021/10/02/cel/>).

В связи с напряжённостью эпидемической ситуации, генеральный директор Всемирной организации здравоохранения Тедрос Аданом Гебрейесус, выступая на проходящем в октябре в Берлине Всемирном саммите здравоохранения (*World Health Summit*) заявил: «Мне очень часто задают вопрос о том, когда завершится пандемия. Мой ответ: пандемия закончится тогда, когда мир решит её завершить. Это в наших руках». Для этого «имеются все необходимые инструменты..., но мир не использовал эти инструменты хорошо. <...> В целом, пандемия далеко не закончена» ([https://zavtra.ru/events/glava\\_voz\\_mne\\_ochen\\_chasto\\_zadayut\\_vopros\\_o\\_tom\\_kogda\\_zavershitsya\\_pandemiya](https://zavtra.ru/events/glava_voz_mne_ochen_chasto_zadayut_vopros_o_tom_kogda_zavershitsya_pandemiya)).

Итак, теоретические и прикладные исследования, ориентированные на выделение и анализ некоторых элементов временной организации эпидемиче-

ского процесса *COVID-19* в России, на верификацию результатов его декомпозиции, то есть результатов описания динамики процесса математическими моделями, – актуальны и практически значимы.

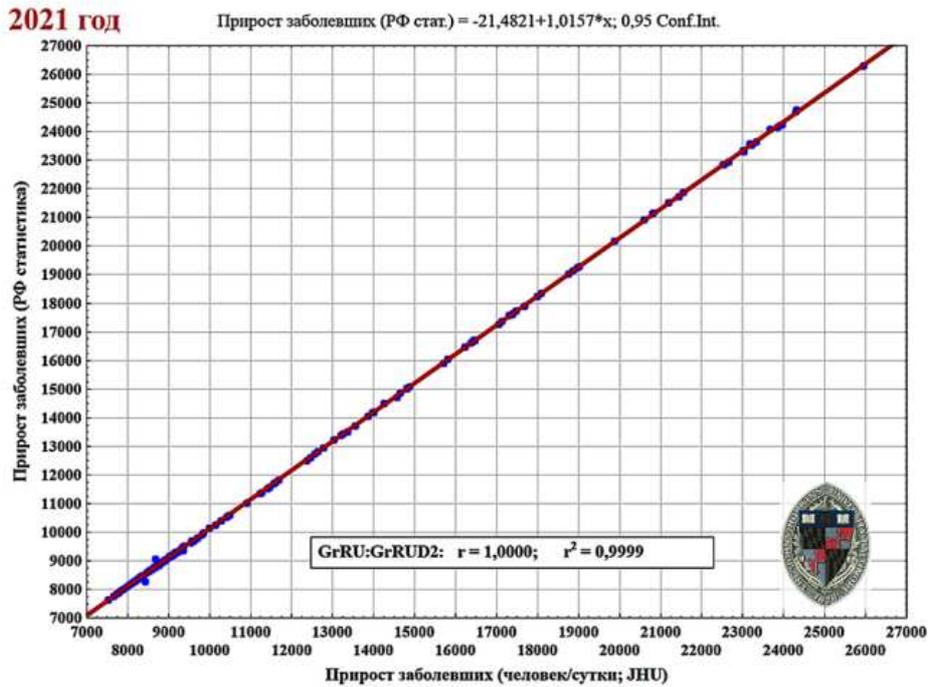
Идея исследования состоит в следующем: статистическая обработка данных о выявленной общей численности заболевших различными вариантами штаммов коронавируса в РФ (с 22.01.2020 года по 04.07.2021 года), организованных в виде временного ряда, заимствованных из базы данных Университета Джонса Хопкинса, позволяет предложить не только оптимальный – применительно к классу решаемых задач – алгоритм обработки данных, в т.ч. указать последовательность и специфику статистических приёмов их трансформации, но и сформулировать критерии, обеспечивающие оценку перспектив развития ситуации.

В расчёте использованы представленные в свободном доступе данные интернет-ресурса «*JHU CSSE COVID-19 Dataset*» ([https://raw.githubusercontent.com/CSSEGISandData/COVID-19/master/csse\\_covid\\_19\\_data/csse\\_covid\\_19\\_time\\_series/time\\_series\\_covid19\\_confirmed\\_global.csv](https://raw.githubusercontent.com/CSSEGISandData/COVID-19/master/csse_covid_19_data/csse_covid_19_time_series/time_series_covid19_confirmed_global.csv)).

Выполнено сопоставление указанной информации с официальными российскими данными об общей численности заболевших различными штаммами *COVID-19*, заимствованными на ресурсе <https://infotables.ru/meditsina/1256-obshchaya-statistika-koronavirusa-po-dnyam-v-rossii-tablitsa>, а также из отчётов Коммуникационного центра Правительства Российской Федерации ([stopkoronavirus.pf](http://stopkoronavirus.pf)).

В частности, сравнение данных американского Университета Джонса Хопкинса (*JHU*) и российских официальных данных о величине суточного прироста заболевших за период до 04.07.2021 года в виде линейной регрессии представлено на рис. 2.

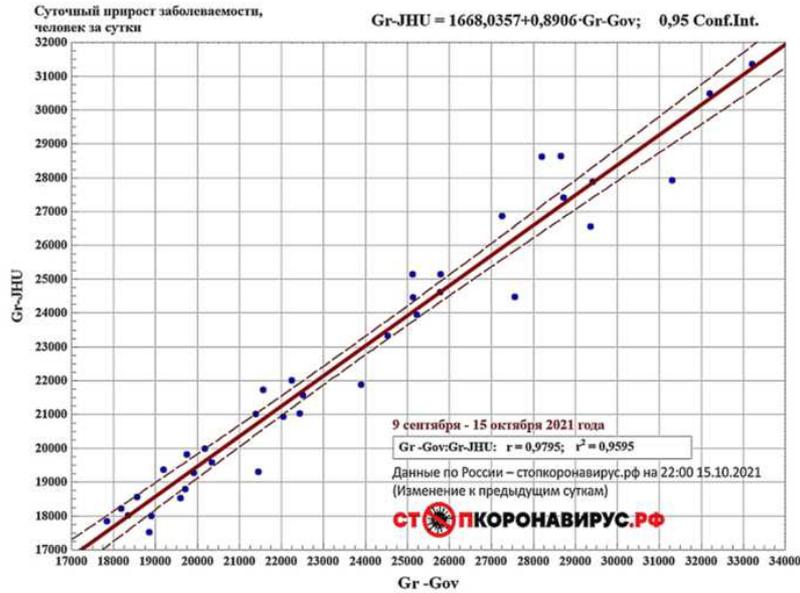
На рис. 2 для целей количественной характеристики результатов корреляции параметров используются следующие показатели тесноты связи между выборками: коэффициент линейной корреляции ( $r$ ); коэффициент детерминации ( $d_r = r^2 \times 100\%$ ). Последний индекс показывает, какая доля общей дисперсии, или вариации, признака объясняется влиянием фактора, вошедшего в уравнение регрессии. Кроме того, в работе применение находит теоретическое корреляционное отношение, или индекс корреляции ( $R$ ;  $d_R = R^2 \times 100\%$ ), отражающий тесноту связи параметров при любой её форме [1].



**Рис. 2. Линейная регрессия суточного прироста заболевших COVID-19 в РФ по данным JHU и российским официальным данным за первую половину 2021 года**

Обращает на себя внимание тот факт (см. рис. 2), что величина суточного прироста заболевших, отражающая важную часть информацию о многолетней и сезонной динамике эпидемии, в первой половине 2021 года была довольно устойчива к «шумам» статистической природы и по данным привлекаемых источников различалась незначительно: расчёт по российской статистике давал величину чуть меньшую (-21 человек; менее 1%), чем по базе данных JHU. То есть, при использовании тех или иных баз данных, мог быть выполнен переход к российским официальным данным.

Линейная регрессия данных JHU (*Gr-JHU*) и Роспотребнадзора (*Gr-Gov*) за период с 9 сентября по 15 октября 2021 года приведена на рис. 3, а временная динамика суточного прироста заболевших – на рис. 4.



**Рис. 3. Линейная регрессия суточного прироста заболевших COVID-19 по данным JHU (Gr-JHU) и Роспотребнадзора (Gr-Gov) за период с 9 сентября по 15 октября 2021 года**

Согласно рис. 3, новые параметры линейной регрессии могут косвенно указывать на изменения, внесённые в систему регистрации данных о заболеваемости COVID-19 Роспотребнадзором осенью 2021 года.



**Рис. 4. Фрагмент данных Роспотребнадзора о суточной динамике заболеваемости COVID-19**

Как правило, начальным пунктом обработки любых данных статистической природы является задание математической модели поля. На основе этой модели определяют, какую часть поля считать сигналом, а какую – поме-

хой. Сигнал может быть представлен либо детерминированной, то есть известной по форме и параметрам функцией, либо случайным процессом. В большинстве случаев поле  $F(t)$  представляют в виде суммы нескольких компонент:

$$F(t) = F_{фон}(t) + F_{сигнал}(t) + n(t),$$

где  $F_{фон}(t)$  – фоновая составляющая поля, или его тренд;  $F_{сигнал}(t)$  – полезный сигнал, аномалия, или диагностическая часть поля;  $n(t)$  – погрешность измерений, шум или помеха, обусловленная инструментальными и методическими ошибками эксперимента. Система, подчиняющаяся принципу суперпозиции, именуется *линейной системой* [2].

Следовательно,  $F_{сигнал}(t) + n(t) = F(t) - F_{фон}(t)$ . Поэтому *каждый этап* наших исследований начинается с анализа и верификации модели фона изучаемого процесса.

Алгоритм формирования *всех* моделей фона (в работе рассматриваются три варианта моделей фона процесса и соответствующих им диагностических компонент) объединяет следующие действия.

1. Ко всему ряду данных о суточном приросте заболевших ( $Gr-JHU \equiv Gr$ ) прибавляется единица:  $Gr := Gr + 1$ .

2. Рассчитываются величины десятичного логарифма членов ряда (см. таблицу-врезку на рис. 7):  $Gr := \lg(Gr)$ .

3. Методом наименьших квадратов (МНК) устанавливаются коэффициенты регрессионной модели ряда десятичных логарифмов – параметр  $S$ .

4. Формируется ряд фоновых значений поля:  $Fон = (10^S - 1)$ .

5. Выделяется для дальнейшего анализа диагностическая часть ряда:  $Gr-dia = Gr - Fon$ .

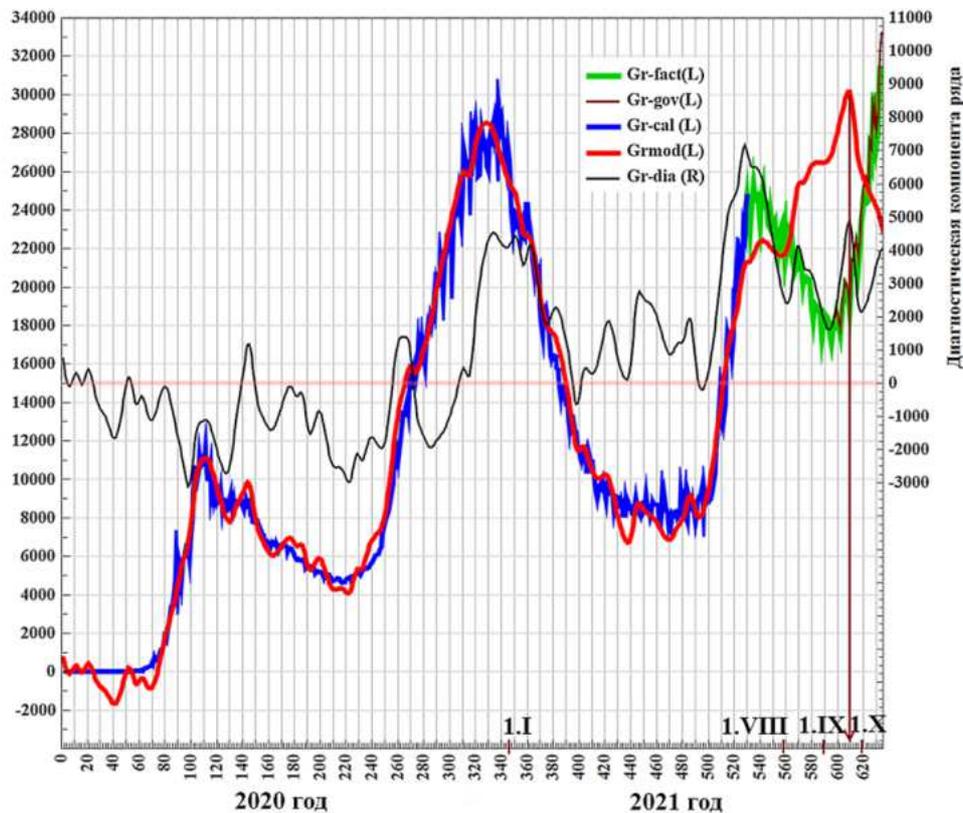
Параметры первой – исходной для данной работы – модели фона представлены в табл. 1. Речь ведётся о сумме логистической компоненты и двух колебательных компонент.

**Таблица 1**

**Величины коэффициентов первой регрессионной модели  
фона эпидемического процесса**

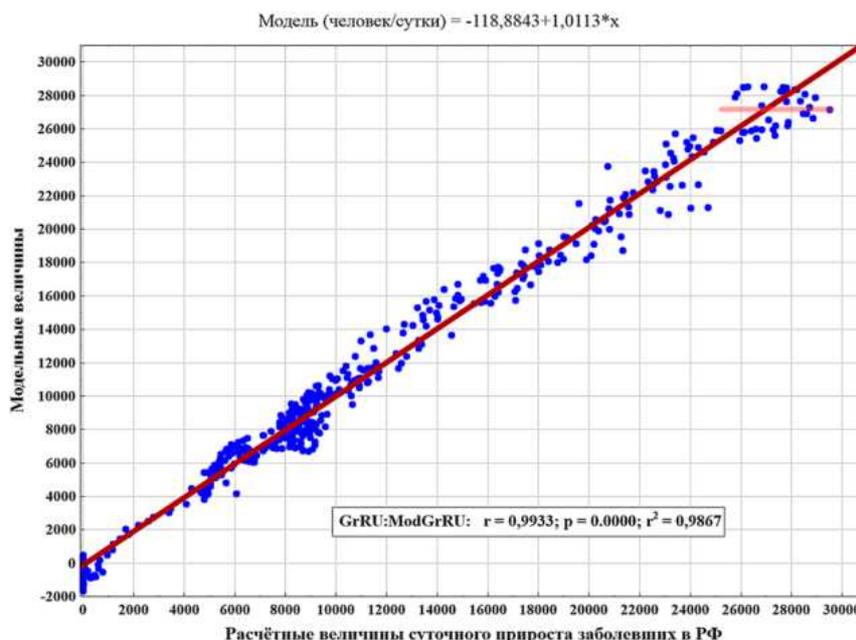
Model: $S = A1/(1+\exp(B1 - d \cdot C1)) + B2 \cdot \cos(d \cdot T1 + C2) + B3 \cdot \cos(d \cdot T2 + C3) + Z$										
Dep. var: S Loss: (OBS-PRED)**2										
Final loss: 9,075355614 R= ,99427 Variance explained: 98,857%										
N=529	A1	B1	C1	B2	T1	C2	B3	T2	C3	Z
Estimate	4,372716	5,680391	0,084078	-0,037983	-0,058048	20,33346	0,302075	0,023678	-7,70967	-0,27461

Результаты данного этапа исследования – формального описания временной динамики суточного прироста заболевших в РФ по базе данных *JHU*, ограничиваемой 4 июля 2021 года, в сопоставлении с фактическими данными (по *JHU* и информации Роспотребнадзора), показаны на рис. 5.



*Рис. 5. Результаты первого этапа ретроспективного описания и прогноза эпидемиологического процесса линейными моделями: Gr-fact – фактические значения суточного прироста заболевших (по JHU; до 15.1021 года; Gr-Gov – данные Роспотребнадзора; Gr-cal – расчётные величины суточного прироста заболевших (по JHU); Gr-mod – модельные величины суточного прироста заболевших; Gr-dia – временной ход диагностической компоненты модельного ряда*

Линейная регрессия фактических и модельных значений ( $d = 1...530$ ) представлена на рис. 6.



**Рис. 6. Линейная регрессия фактических и модельных величин суточного прироста заболевших в РФ**

Рис. 6 иллюстрирует следующую закономерность: линейная полициклическая модель плохо описывает/приближает экстремальные значения поля. Например, в области максимальных значений «облако» точек отклоняется от линейной регрессии и, фактически, ориентировано горизонтально. Именно это свидетельствует, что модель не смогла адекватно приблизить величины поля данного диапазона. По сути, здесь мы имеем дело с эмпирическим применением фундаментального *принципа неопределённости*, согласно которому с равной математической точностью и физической достоверностью не могут быть описаны одновременно локализация ситуации во времени (пространстве) её амплитудные (энергетические) характеристики. Развиваемый нами метод анализа и прогноза ситуаций развития лучше приближает даты предстоящих событий в ущерб их «амплитудным» характеристикам и потому требует комплексирования используемых оснований, методологий и методов познания.

Однако особенности показанной на рис. 6 линейной регрессии могут быть истолкованы иначе. Формирование модели динамики изучаемого поля базируется на результатах его спектрального анализа, то есть расчёта тех колебательных мод, на которые приходится максимальная доля общей дисперсии (энергии) процесса [3]. Включение в модель относительно низкочастотных мод позволяет увеличить глубину прогноза в ущерб его детализации (и наоборот). Поэтому, когда решается задача «прогноз трендов», в композицию модели поля, особенно её диагностической части, вводятся средне- и низкочастотные моды, а наиболее высокочастотные моды применения не находят. Тем не менее, описание *экстремумов* поля, понимаемых алгоритмом как резонанс

– наложение друг на друга – во времени колебательных мод, предполагает использования *всего* набора мод, установленных спектральным анализом. Игнорирование части мод определяет незавершённость «постройки» – неспособность описания данной моделью экстремальных значений поля. Поэтому выбор – таков: либо прогноз трендов по всему массиву данных без возможности корректного отображения амплитуд экстремальных значений поля (по сути, построение сглаживающего исходный ряд полинома), либо максимально детализированный прогноз поля на 7-10 шагов по ряду на основе 30-40 последних позиций и использования всего комплекса расчётных колебательных мод. В данной работе выбор сделан в пользу решения первой задачи.

Как уже отмечалось, верификация и совершенствование данного прогноза требовала привлечения фактических данных, которыми 4 июля 2021 года мы не обладали.

При формировании диагностической компоненты модели эпидемического процесса (*Gr-dia*) учёту подлежали следующие периоды колебательных мод (сутки), установленные спектральным анализом исходного ряда (*Gr-cal*; табл. 2):

- 264 (0,723 года;  $2\pi/T = 0,0238$ ; СМИ и массовая культура);
- 176 (0,482 года;  $2\pi/T = 0,0357$ ; референтная группа, или группа по интересам, ориентированная на позицию СМИ);
- 88 (0,241 года;  $2\pi/T = 0,0714$ ; референтная группа);
- 66 (0,181 года;  $2\pi/T = 0,0952$ ; граница таксона классификации «референтная группа» и блока ритмов индивидуальной жизнедеятельности единичного человека);
- 52,8 (0,144 года;  $2\pi/T = 0,1190$ ; ритм индивидуальной жизнедеятельности);
- 37,714 (0,103 года;  $2\pi/T = 0,1666$ ; ритм индивидуальной жизнедеятельности);
- 31,059 (0,085 года;  $2\pi/T = 0,2023$ ; ритм индивидуальной жизнедеятельности);
- 22,957 (0,063 года;  $2\pi/T = 0,2737$ ; ритм индивидуальной жизнедеятельности).

Качественная интерпретация характера изменений, сопряжённых с указанными колебательными модами, выполнена, согласно классификации ритмов социально-экономического развития, обладающей чертами периодического строения, о которой в наших публикациях мы писали не раз.

Таблица 2

**Результаты расчёта периодов колебательных мод  
диагностической компоненты ряда величин суточного  
прироста заболевших COVID-19 в РФ (модель № 1)**

Spectral analysis: GRRUDIA No. of cases: 528 (COVID-Hopk-1)			
	Frequency	Period	Density
0	0,000000		136740 139641128
1	0,001894	528,0000	289479182 139637989
2	0,003788	264,0000	136682 72730491
3	0,005682	176,0000	49144 36490287
4	0,007576	132,0000	80292293 89653542
5	0,009470	105,6000	188738974 160039192
6	0,011364	88,0000	232189038 158906151
7	0,013258	75,4286	12562080 94577989
8	0,015152	66,0000	107934857 61994926
9	0,017045	58,6667	6582439 36184696
10	0,018939	52,8000	25257682 21679549
11	0,020833	48,0000	19279298 17443505
12	0,022727	44,0000	8804761 13022916
13	0,024621	40,6154	10922992 13927124
14	0,026515	37,7143	25458983 15030213
15	0,028409	35,2000	2862515 8528975
16	0,030303	33,0000	751753 5984581
17	0,032197	31,0588	15184390 9783307
18	0,034091	29,3333	10895749 9325336
19	0,035985	27,7895	2644579 5547297
20	0,037879	26,4000	3815263 4655306
21	0,039773	25,1429	7783339 5275089
22	0,041667	24,0000	1373583 5698798
23	0,043561	22,9565	12741472 6656867
24	0,045455	22,0000	38814 5508836

Анализу подлежали следующие варианты представления диагностической компоненты, выделяемой с помощью модели фона № 1:

- $GrRUdia = A1 \cdot \cos(0,0237999 \cdot d + B1) + A2 \cdot \cos(0,0356999 \cdot d + B2) +$   
 $+ A3 \cdot \cos(0,0713998 \cdot d + B3) + A4 \cdot \cos(0,0951998 \cdot d + B4) +$   
 $+ A5 \cdot \cos(0,1189997 \cdot d + B5) + A6 \cdot \cos(0,2736996 \cdot d + B6) + A7 \cdot d + Z$   
 (без мод 37,71 и 31,06 суток, но с модой 22,96 суток);
- $GrRUdia = A1 \cdot \cos(0,0237999 \cdot d + B1) + A2 \cdot \cos(0,0356999 \cdot d + B2) +$   
 $+ A3 \cdot \cos(0,0713998 \cdot d + B3) + A4 \cdot \cos(0,0951998 \cdot d + B4) +$   
 $+ A5 \cdot \cos(0,1189997 \cdot d + B5) + A6 \cdot d + Z$   
 (без мод 37,71; 31,06 и 22,956 суток);
- $GrRUdia = A1 \cdot \cos(0,0237999 \cdot d + B1) + A2 \cdot \cos(0,0356999 \cdot d + B2) +$   
 $+ A3 \cdot \cos(0,0713998 \cdot d + B3) + A4 \cdot \cos(0,0951998 \cdot d + B4) +$   
 $+ A5 \cdot \cos(0,1189997 \cdot d + B5) + A6 \cdot \cos(0,2736996 \cdot d + B6) + A7 \cdot d + A8 \cdot (d^k) + Z$   
 (добавлены мода 22,96 суток и нелинейный тренд).

Попытки скорректировать исходную модель диагностической компоненты процесса за счёт удаления из её состава некоторых высокочастотных мод спектра и подгонки модельных значений к фактическим с более высоким

значением теоретического корреляционного отношения, или индекса корреляции,  $R$  особых *результатов не дали*. Кроме того, мы допускаем, что летом 2021 года – в сезон отпусков, на фоне фактического роста заболеваемости COVID-19, которая вакцинированной частью населения переносится легче, практически, бессимптомно, всё же происходил рост заболеваемости, но число обращений в медицинские учреждения не увеличивалось. Статистика могла корректироваться и в связи с выборами в ГД РФ 17-19 сентября.

Итак, мы заключаем, что диагностическая компонента модели № 1 себя исчерпала – в аспекте приближения временного хода фактических данных. Поэтому необходимо разрабатывать новую модель фона и на её основе – новую модель диагностической компоненты эпидемического процесса.

В общем виде модель фона № 2 имеет вид:

$$Fon2 = A1 / (1 + \exp(B1 - d \cdot C1)) + B2 \cdot \cos(d \cdot T1 + C2) + B3 \cdot \cos(d \cdot T2 + C3) + B4 \cdot d + B5 \cdot d^Q + Z.$$

Величины численных коэффициентов второй регрессионной модели фона представлены в табл. 3.

Таблица 3

Численные коэффициенты модели фона № 2

Model: S= A1/(1+exp(B1-d*C1))+B2*cos(d*T1+C2)+B3*cos(d*T2+... (COVID-Hopk-oct6) Estimation method: Quasi-Newton													
Dep. var: S Loss: (OBS-PRED)**2													
Final loss: 4,267669268 R= ,99731 Variance explained: 99,462%													
N=529	A1	B1	C1	B2	T1	C2	B3	T2	C3	B4	B5	Q	Z
Estimate	4,196715	5,981974	0,095629	0,205241	-0,018517	12,3453695	0,183891	-0,03021003	3,693483	0,001133	27,05274205	-0,00459972	-26,83910

Результат приближения данной моделью фактических значений суточного прироста заболеваемости (по *JHU*; до 04.07.2021), в сравнении с моделью фона № 1, показан на рис. 7.

Согласно табл. 3 и врезке на рис. 7, теоретическое корреляционное отношение, или индекс корреляции  $R$  для модели фона № 2 составляет 0,997. Иначе говоря, модель определяет свыше 99 % общей дисперсии исходного ряда величин суточного прироста заболевших. Первую модель отличает чуть меньшее значение  $R = 0,994$  (см. табл. 1). Локализация экстремумов модели фона № 2 на оси времени отличается от таковых по фактическим данным на 30 суток (отмечено двунаправленными стрелками). Тем не менее, с начала октября модель допускала рост выявляемого числа заболевших.

Но важнее – иное обстоятельство: вторая модель фона (*Fon-Gr 2*) чуть более адекватно описала как локализацию экстремумов на оси времени, так и их амплитудные значения (без учёта вклада диагностической компоненты модели).

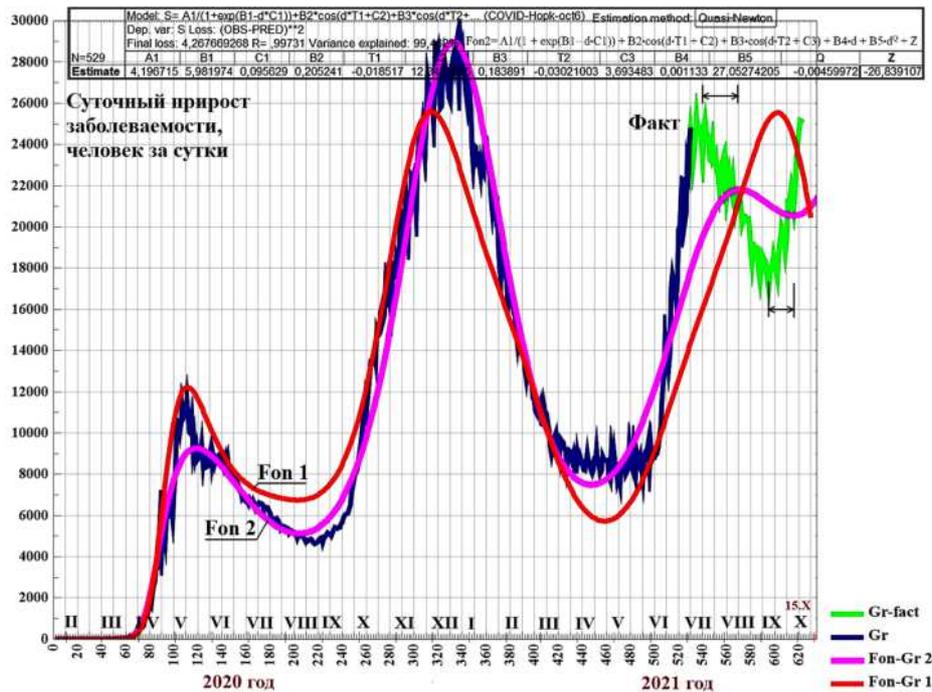


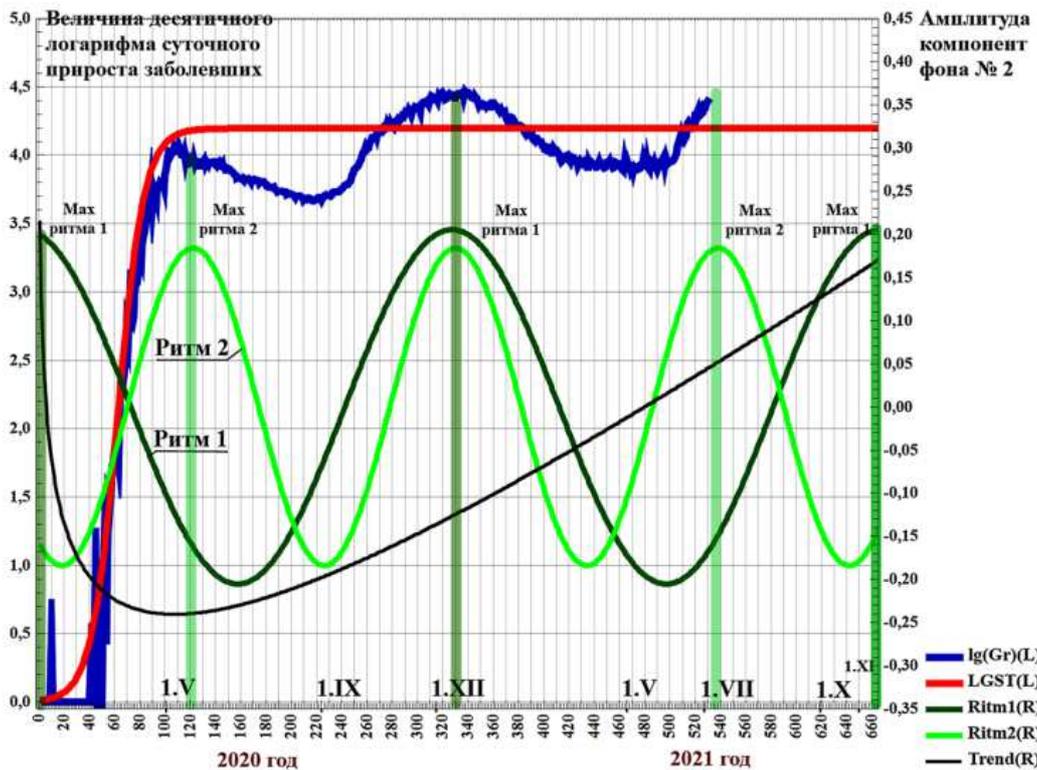
Рис. 7. Приближение фактических данных, отражающих динамику эпидемического процесса, моделями фона № 1 и 2

В целом, с учётом завершения исходной базы данных 04.07.21 г. и попыткой прогнозировать тренд процесса на 3,5 последовательных месяца (июль-сентябрь – первая половина октября), даты локализации действительных экстремумов эпидемиологического процесса от прогнозных дат отличаются в интервале 30 дней (см. рис. 7). Следовательно, результатом прогноза является исключительно месяц, в пределах которого, наиболее вероятно, локализуется экстремум. Как уже отмечалось, детализация данного заключения предполагает расчёт по последним 30-40 позициям полного модельного ряда (фон + диагностическая компонента) на 7-10 позиций вперёд.

Разделим вторую модель фона, точнее говоря, соответствующий ряд  $S$  – показателей степени по основанию 10, на отдельные компоненты и рассмотрим их индивидуальную временную динамику. Уточним, что сумма компонент действительно даёт исходную величину  $S = LGST + Ritm1 + Ritm2 + Trend$ :

- $LGST = 4,196715 / (1 + \exp(5,981974 - d \cdot 0,095629))$ ;
- $Ritm1 = 0,205241 \cdot \cos(d \cdot 0,018517 - 12,3453695)$ ;
- $Ritm2 = 0,183891 \cdot \cos(d \cdot 0,03021003 - 3,693483)$ ;
- $Trend = 0,001133 \cdot d + 27,05274205 \cdot (d^{-0,0046}) - 26,839107$ .

В графическом виде временной ход отдельных компонент второй модели фона показан на рис. 8.



**Рис. 8. Сравнение хода отдельных компонент модели фона № 2 с фактическими данными**

Согласно рис. 8, можно сделать следующие предварительные выводы.

1. Картину динамики фона определяют два ритма, один из которых (ритм 1) приблизительно годичной длительности, а другой – *семимесячной* длительности (ритм 2). Каждый ритм отражает ход т.н. «характерного времени» специфического *компартамента* в составе механизма изучаемого процесса, по истечении которого его параметры – с учётом принципиальной необратимости её истории – возвращаются к «исходным» значениям. Природа данных компарментов требует проведения дополнительных исследований.

Действительно, в конце декабря 2021 года на лентах СМИ появилось сообщение, согласно которому коронавирус способен проникать в большинство органов тела, в частности, в сердце и мозг, и оставаться там около семи месяцев. Об этом свидетельствуют результаты исследования ученых из Национальных институтов здравоохранения (NIH) США, опубликованные на *Research Square*. Специалисты проанализировали образцы, полученные из тел 44 скончавшихся от *COVID-19*, и обнаружили «устойчивую РНК *SARS-CoV-2* во множестве анатомических участков, включая области по всему мозгу, на сроках до 230 дней с появления симптомов» (<https://lenta.ru/news/2021/12/26/koronavirus/>).

Правда, профессор Высшей школы экономики эпидемиолог В. Власов сомневается в возможности *COVID-19* так долго оставаться в организме. Однако указанное исследование «методически интересно тем, что там использовали... биохимические методы, которые позволяют говорить, что это не просто какие-то остатки и фрагменты вирусов, а, возможно, целые вирусы». Тем не менее, пока «нет достоверных доказательств тому, что тяжелое течение коронавируса связано с длительным нахождением *COVID-19* в организме» (<https://lenta.ru/news/2021/12/27/virus/>). По мнению учёных *Scientific Advisory Group for Emergencies (GB)*, *COVID-19* будет представлять опасность для мира, как минимум, до 2026 года (<https://lenta.ru/news/2021/12/25/corona/>).

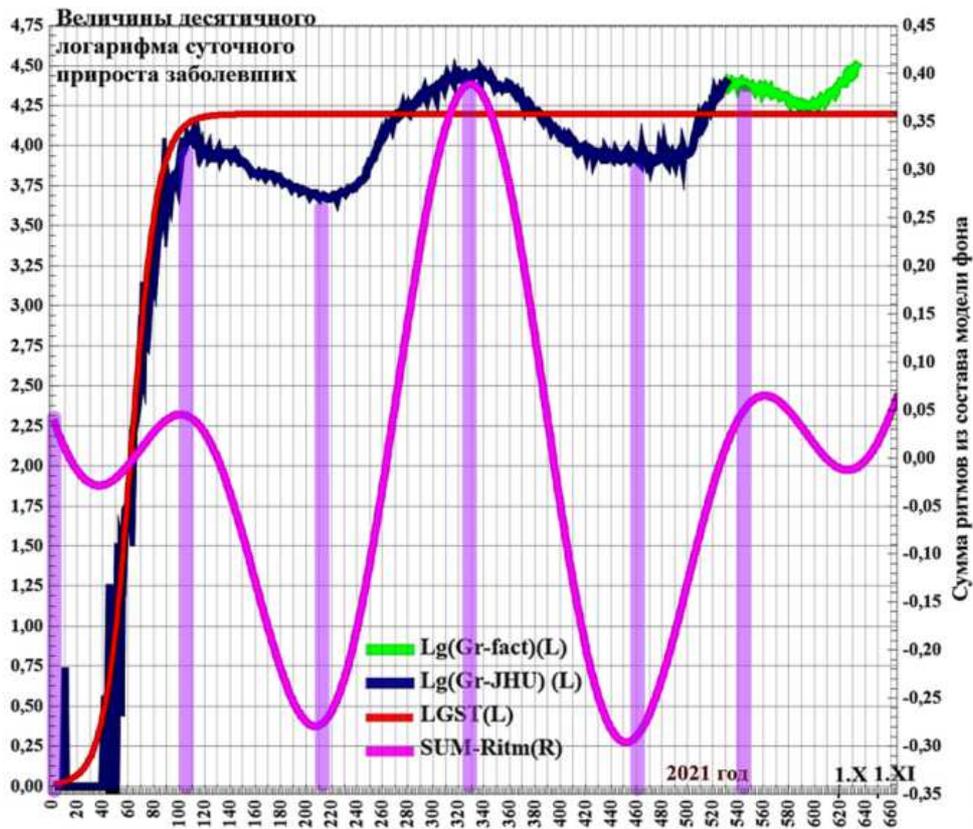
2. Ритмы *попеременно влияют* на локализацию во времени экстремумов изучаемого поля: первый – по счёту – экстремум (см. рис. 8; параметр  $\lg(Gr)$ ;  $d \approx 10$ ) определяет максимум ритма № 1, а первый минимум – минимум ритма № 2; второй экстремум – максимум ритма № 2; третий экстремум – вновь максимум ритма 3; четвёртый экстремум – максимум ритма № 2; вероятный пятый экстремум – максимум ритма № 1 (середина ноября 2021 года).

3. Сочетание минимумов ритмов № 1 и № 2, в целом, определяют фазы минимальных же значений изучаемого поля. Если выраженную локализацию на оси времени имеет экстремум лишь одного ритма, это может свидетельствовать о незначительном по амплитуде минимуме изучаемого поля, разделяющем два сближенных мощных максимума – по сути, о бимодальном максимуме (рис. 9).

4. Нелинейный – в модели фона № 2 – тренд с весны 2020 года вовлечён в возрастающее изменение.

5. Основную дисперсию поля отражает логистическая компонента модели фона (её ось – слева). Величины амплитуд других компонент модели – в 20 раз меньше (их ось – справа). Эти компоненты играют *информационную*, а не «энергетическую» роль в определении временной динамики изучаемого поля.

6. Решение *задачи декомпозиции* изучаемого поля и разработка общей модели его фона позволяет удалить из исходного ряда вклад логистической компоненты в сумме с трендом. Далее может быть выполнена более адекватная – с позиции величины коэффициента  $R$  и физической достоверности описания – подгонка суммы колебательных компонент, определяемая эффектами амплитудной и фазовой модуляции каждой моды (модель № 3).



**Рис. 9. Взаимное влияние колебательных компонент второй модели фона на формирование картины локализации на оси времени экстремумов кривой суточного прироста заболевших**

На данном же этапе исследований вычтем из значений исходного ряда соответствующие значения модели фона № 2 и сгладим результат скользящим окном длиной 5 позиций с весами Р.В. Хемминга [3]. В итоге получим второй вариант представления диагностической компоненты ряда (переменная  $DIA5sgl$ ). Выполним спектральный анализ компоненты, результаты которого показаны в табл. 4.

Итак, согласно табл. 4, в дальнейшем расчёте рассматриваются следующие основные периоды колебательных мод (сутки; в скобках указаны величины  $2\pi/T$ ): 131 (0,047963); 87,333 (0,071945); 65,500 (0,095926); 52,400 (0,119908); 37,4286 (0,167871).

Таблица 4

**Результаты расчёта периодов колебательных мод диагностической компоненты ряда величин суточного прироста заболевших COVID-19 в РФ (модель № 2)**

Spectral analysis: DIA5SGL (COVID-Hopk-oct6)					
No. of cases: 524					
Frequency	Period	Periodogram	Density	Hamming Weights	
0	0,000000	120382	5464423	0,035714	
1	0,001908	524,0000	9145942	10550578	0,241071
2	0,003817	262,0000	14014426	32961168	0,446429
3	0,005725	174,6667	76536009	79026778	0,241071
4	0,007634	131,0000	169258844	100606658	0,035714
5	0,009542	104,8000	9809155	73376677	
6	0,011450	87,3333	104406586	58615433	
7	0,013359	74,8571	8154854	41101851	
8	0,015267	65,5000	45633910	34147339	
9	0,017176	58,2222	26333666	35192900	
10	0,019084	52,4000	48497533	32854618	
11	0,020992	47,6364	12688268	19944806	
12	0,022901	43,6667	4678177	11688033	
13	0,024809	40,3077	14581501	17213165	
14	0,026718	37,4286	36219240	22615419	
15	0,028626	34,9333	10954014	15389461	
16	0,030534	32,7500	3448344	8843058	
17	0,032443	30,8235	11642047	10290467	
18	0,034351	29,1111	15758666	10755485	
19	0,036260	27,5789	2006145	7343241	
20	0,038168	26,2000	8596613	6000948	
21	0,040076	24,9524	4493749	4841968	
22	0,041985	23,8182	935922	4990323	
23	0,043893	22,7826	13052489	6718096	

Приближаем переменную *DIA5sgl* моделью вида:

$$DIA5sgl = A1 \cdot \cos(0,047963 \cdot d + B1) + A2 \cdot \cos(0,071945 \cdot d + B2) + \\ + A3 \cdot \cos(0,095926 \cdot d + B3) + A4 \cdot \cos(0,119908 \cdot d + B4) + \\ + A5 \cdot \cos(0,167871 \cdot d + B5) + Z.$$

Численные коэффициенты данной модели представлены в табл. 5.

Таблица 5

**Величины численных коэффициентов диагностической компоненты, выделенной с помощью модели фона № 2**

Model: DIA5sgl=A1*cos(0,00413558*d-1,81717889)*cos(0,04796... (COVID-Hopk-oct6)											
Dep. var: DIA5sgl Loss: (OBS-PRED)**2											
Final loss: 144701360,41 R=,89710 Variance explained: 80,479%											
N=525	A1	B1	A2	B2	A3	B3	A4	B4	A5	B5	Z
Estimate	1345,3667959	-1,1202659	20332,2418533	-1,4591177	16850,4460924	-0,4369272	11968,2953915	-0,7293540	614,6301867	1,383836	66,5448437

Сравнение хода полных моделей № 2 и № 3, представляющих собой сумму фона и соответствующей ему диагностической компоненты, выполнено далее.

В целом же, анализ фактических и модельных (модель № 2) величин позволяет заключить, что композиция модели фона эпидемического процесса,

как и выделяемая с её помощью диагностическая компонента, требуют дальнейшей доработки.

Поэтому вычтем из исходного ряда величин десятичных логарифмов суточного прироста заболевших ( $S$ ) сумму модельной логистической компоненты и модельного тренда, используемых ранее для формирования модели фона № 2:

$$(RitmI + RitmI) = S - (LGST + Trend).$$

В результате получим компоненту исходного поля, определяющую динамику исключительно колебательных блоков модели фона (переменная  $SUMRitmF$ ).

Приблизим её суммой трёх косинусов, с учётом эффектов амплитудной и фазовой модуляции каждой из мод (при необходимости):

$$\begin{aligned} SUMRitmF = & A1 \cdot \cos(0,000478 \cdot d + 0,212136) \cdot \cos(d \cdot 0,018517 + B1) + \\ & + A2 \cdot \cos(0,001986 \cdot d - 0,340839) \cdot \cos(d \cdot 0,03021003 + \\ & + B2 \cdot \cos(0,0022799 \cdot d - 0,611629)) + A3 \cdot \cos(0,895797 \cdot d + \\ & + 0,399052 \cdot \cos(2,251519 \cdot d + 4,269323)) + W. \end{aligned}$$

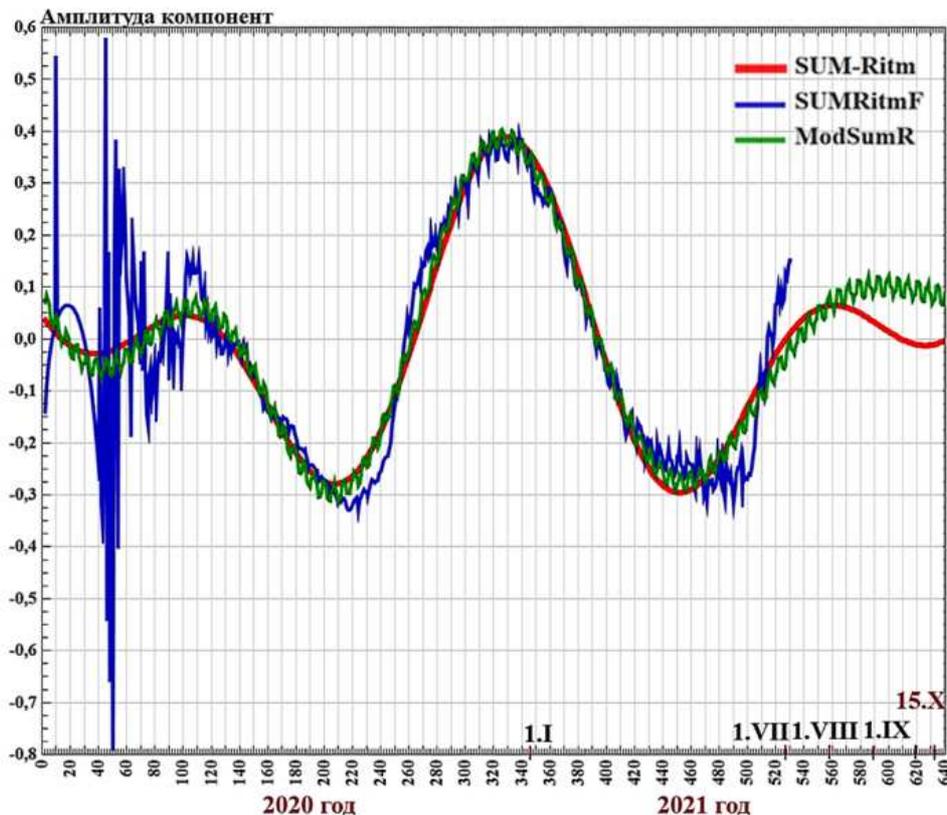
Численные значения коэффициентов модели представлены в табл. 6.

**Таблица 6**  
**Величины численных коэффициентов регрессионной модели  $SUMRitmF$**

Model: $SUMRitmF = A1 \cdot \cos(0,000478 \cdot d + 0,212136) \cdot \cos(d \cdot 0,018517 \dots$ (COVID-Hopk-oct6						
Dep. var: $SUMRitmF$ Loss: (OBS-PRED)**2 Estimation method: Hooke-Jeeves and quasi-Newton						
Final loss: 4,039141322 R= ,91242 Variance explained: 83,251%						
N=529	A1	B1	A2	B2	A3	W
Estimate	0,206578	0,211105	0,2002095	2,729563	-0,018734	0,003676

Заметим, что большую величину коэффициента  $R$  не позволил получить ни один метод подгонки, а использование относительно высокочастотных мод при построении модели, как уже говорилось, смысла не имеет, раз решается задача анализа трендов процесса.

Временной ход исключительно колебательных блоков моделей тренда № 2 и № 3 в сопоставлении с соответствующим блоком фактических данных представлен на рис. 10.

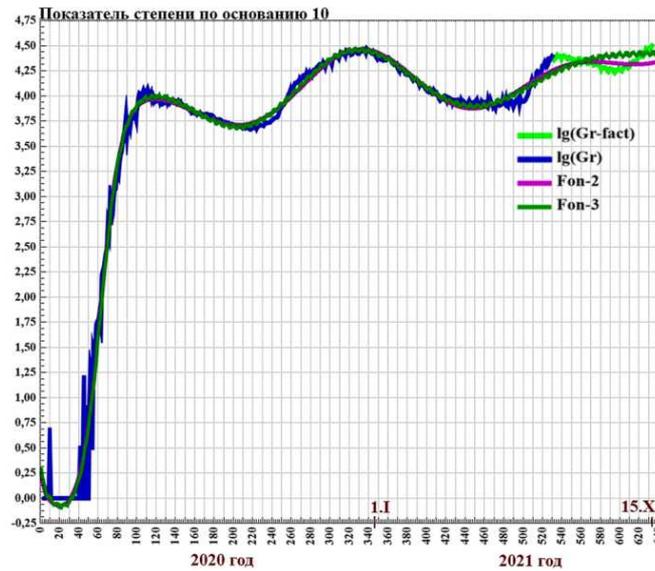


**Рис. 10. Временной ход колебательных блоков моделей фона № 2 и № 3 в сравнении с ходом фактических данных о суточном приросте выявленного числа заболевших (по JHU; на 04.07.2021 г.;  $SUM-Ritm = Ritm1 + Ritm2$ ,  $SUMRitmF (fact) = S - (LGST + Trend)$ ,  $S = \lg(Gr - Ru)$ )**

Примечательно, что трёхкомпонентная модель колебательного блока модели фона № 3 отразила и часть высокочастотной дисперсии эпидемического процесса. Насколько этот шаг был целесообразен, покажет дальнейший анализ ситуации (но с позиции «экстремум как резонанс мод» – целесообразен).

Рассмотрим общую модель фона с участием именно трёхкомпонентного колебательного блока ( $Fon3 = LGST + ModSumR + Trend$ ) и выделим с её помощью новую диагностическую компоненту поля.

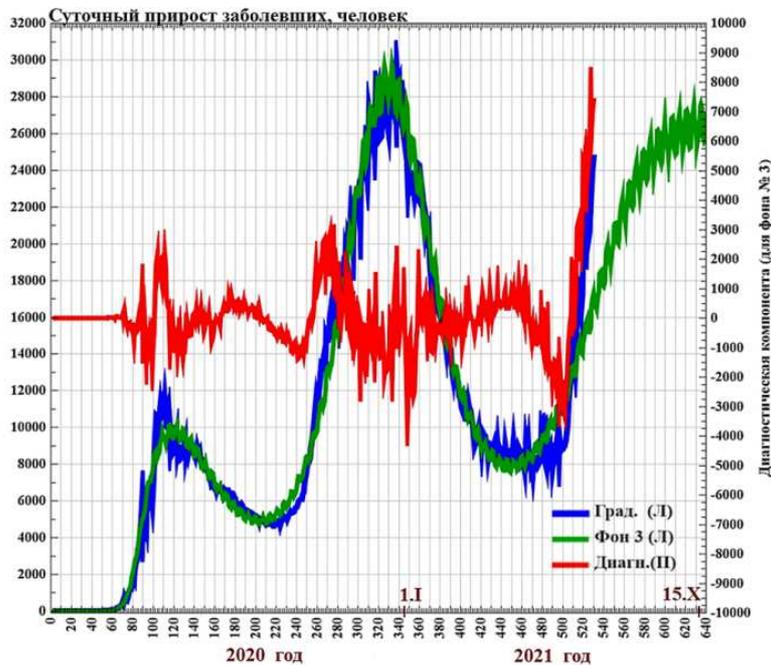
Временной ход полной модели фона № 3 ( $Fon3$ ; показатель степени по основанию 10) в сравнении с ходом фактических данных о суточном приросте выявленного числа заболевших представлен на рис. 11.



**Рис. 11. Временной ход фактических и модельных рядов (фон) с прогнозом на середину октября 2021 года**

Далее вернёмся к исходным единицам исчисления ряда (человек/сут.), выделим новую диагностическую компоненту ряда ( $Dia3 = Gr - Ru - Fon3$ ) и рассмотрим её спектр.

Ход фактических и модельных (фон и диагностическая компонента № 3) значений ряда суточного прироста выявленного числа заболевших (человек/сутки) представлен на рис. 12.



**Рис. 12. Временной ход выявленных случаев суточной заболеваемости COVID-19 в РФ, а также фона и диагностической компоненты третьей модели эпидемического процесса**

Периодограмма, или «сырой спектр», диагностической компоненты № 3 приведён на рис. 13, а расчётные периоды колебательных мод – в табл. 7.

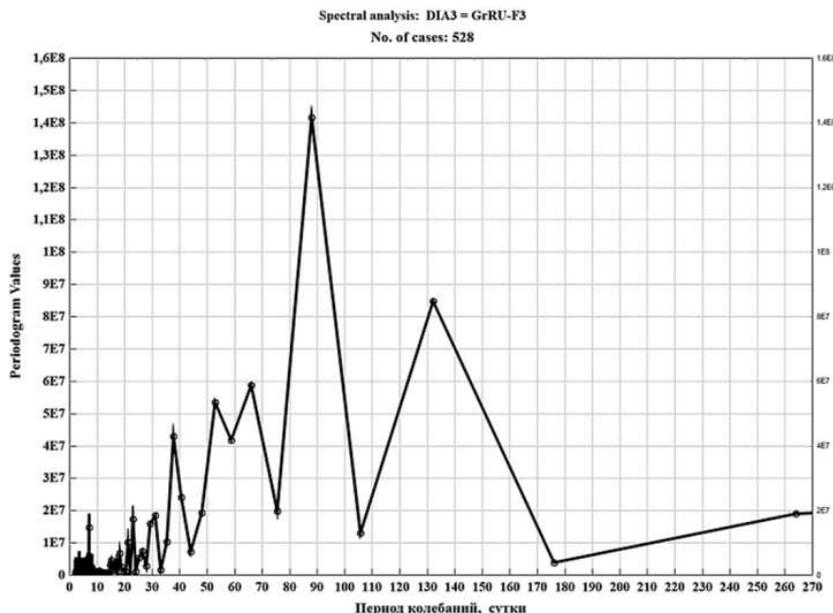


Рис. 13. Периодограмма третьей диагностической компоненты ряда

Таблица 7

Величины периодов колебательных мод (сутки), доступных для формирования третьей модели диагностической компоненты ряда

Spectral analysis: DIA3 : =GrRU-F3 (COVID-Hopk-oct6)				
No. of cases: 528				
	Frequency	Period	Periodogram	Density
0	0,000000		191984	15196879
1	0,001894	528,0000	28530672	18519254
2	0,003788	264,0000	18974375	19349841
3	0,005682	176,0000	4002112	28299443
4	0,007576	132,0000	84827567	47747191
5	0,009470	105,6000	13164211	61348852
6	0,011364	88,0000	141729704	76381035
7	0,013258	75,4286	19945919	59190356
8	0,015152	66,0000	58726736	48065989
9	0,017045	58,6667	41760800	47105974
10	0,018939	52,8000	53513442	40991022
11	0,020833	48,0000	19390147	25675810
12	0,022727	44,0000	7334955	17198107
13	0,024621	40,6154	24058382	23955162
14	0,026515	37,7143	43069080	27858933
15	0,028409	35,2000	10397507	16973145
16	0,030303	33,0000	1774658	9872070
17	0,032197	31,0588	18525736	13011580
18	0,034091	29,3333	15933792	12590752
19	0,035985	27,7895	2823004	7763340
20	0,037879	26,4000	7489990	5949784
21	0,039773	25,1429	5449714	5248647
22	0,041667	24,0000	1194438	6315288
23	0,043561	22,9565	17397791	8658030
24	0,045455	22,0000	186939	6812294
25	0,047348	21,1200	10178439	5509086
26	0,049242	20,3077	1073504	3298695
27	0,051136	19,5556	1118154	1971513
28	0,053030	18,8571	2505720	3126892
29	0,054924	18,2069	6867225	4139896
30	0,056818	17,6000	1121671	3348302
31	0,058712	17,0323	4223795	2994183
32	0,060606	16,5000	2226471	2538150
33	0,062500	16,0000	1552493	2298324
34	0,064394	15,5294	3125705	3070067
35	0,066288	15,0857	4595932	3644189
36	0,068182	14,6667	3162221	2797302

Итак, согласно табл. 7, для формирования третьей модели диагностической компоненты ряда нами используются следующие величины периодов колебательных мод (сутки; в скобках указаны значения  $2\pi/T$ ): 37,7143 (0,1666); 52,8 (0,1190); 66 (0,0952); 88 (0,0714); 132 (0,0476).

Для сравнения укажем, что в состав диагностической модели № 2 вошли периоды (сутки): 131 (0,0480); 87,333 (0,0719); 65,500 (0,0959); 52,400 (0,1199); 37,4286 (0,1679).

По данным табл. 7, с учётом эффектов амплитудной и фазовой модуляции мод, сформирована линейная модель диагностической компоненты № 3 следующего общего вида:

$$Dia3 = A1 \cdot \cos(0,0000357 \cdot d - 1,559216) \cdot \cos(0,1665995 \cdot d + B1 \cdot \cos(0,037214 \cdot d - 59,207212)) + A2 \cdot \cos(0,0000595 \cdot d - 1,569946) \cdot \cos(0,1189997 \cdot d + B2 \cdot \cos(0,066666 \cdot d - 2,230857)) + A3 \cdot \cos(0,0000946 \cdot d - 1,5814503) \cdot \cos(0,09519978 \cdot d + B3) + A4 \cdot \cos(0,000128 \cdot d - 1,577309) \cdot \cos(0,07139983 \cdot d + B4) + A5 \cdot \cos(0,000106 \cdot d - 1,579071) \cdot \cos(0,04759989 \cdot d + B5) + W.$$

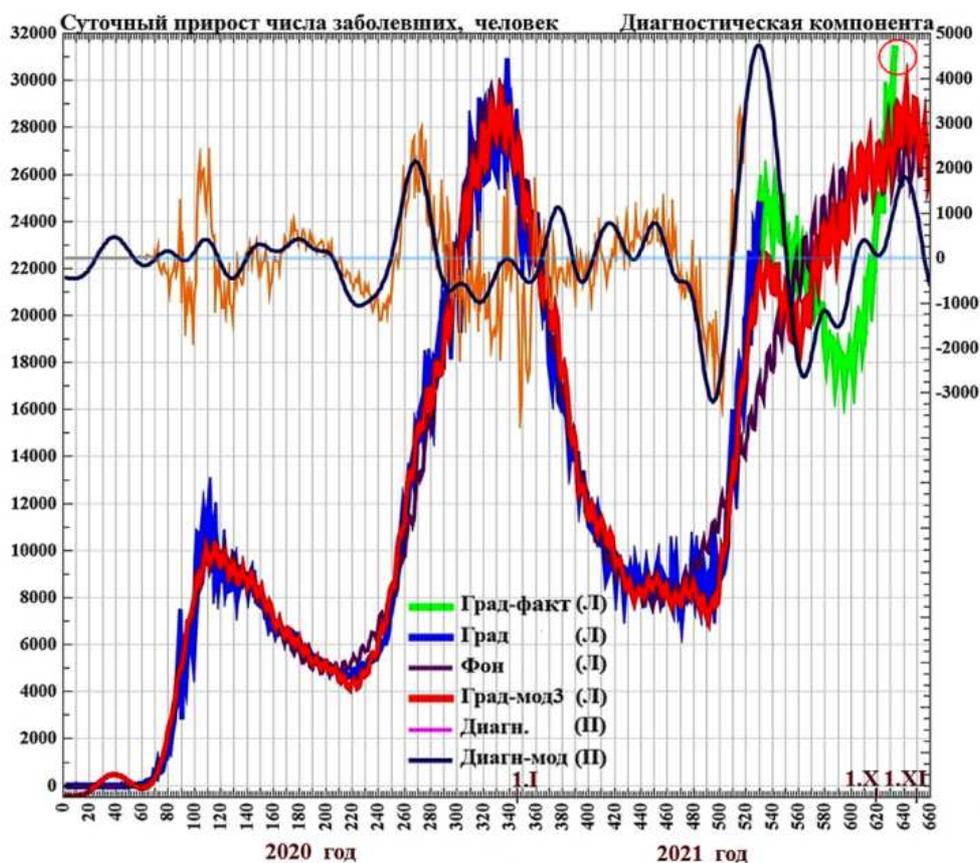
Величины численных коэффициентов модели приведены в табл. 8.

Таблица 8

**Величины численных коэффициентов третьей линейной модели диагностической компоненты**

Model: Dia3=A1*cos(0,0000357*d-1,559216)*cos(0,1665995*d+B...		Estimation method: Rosenbrock and quasi-Newton									
Dep. var: Dia3 Loss: (OBS-PRED)**2											
Final loss: 281316210,89 R= ,82063 Variance explained: 67,343%											
N=529	A1	B1	A2	B2	A3	B3	A4	B4	A5	B5	W
Estimate	13208,5853763	-0,683697	27197,01969303	0,992737	27077,973497	-0,057887	25375,837033	-0,321963	18642,72357996	-0,2115201	29,98274

Результат использования полной (фон + диагностическая компонента) модели эпидемического процесса для формального ретроспективного приближения и прогноза (на 15 октября 2021 года; по данным JHU до 04.07.2021 года) ряда величин выявленного суточного прироста заболевших COVID-19 в РФ представлен на рис. 14.

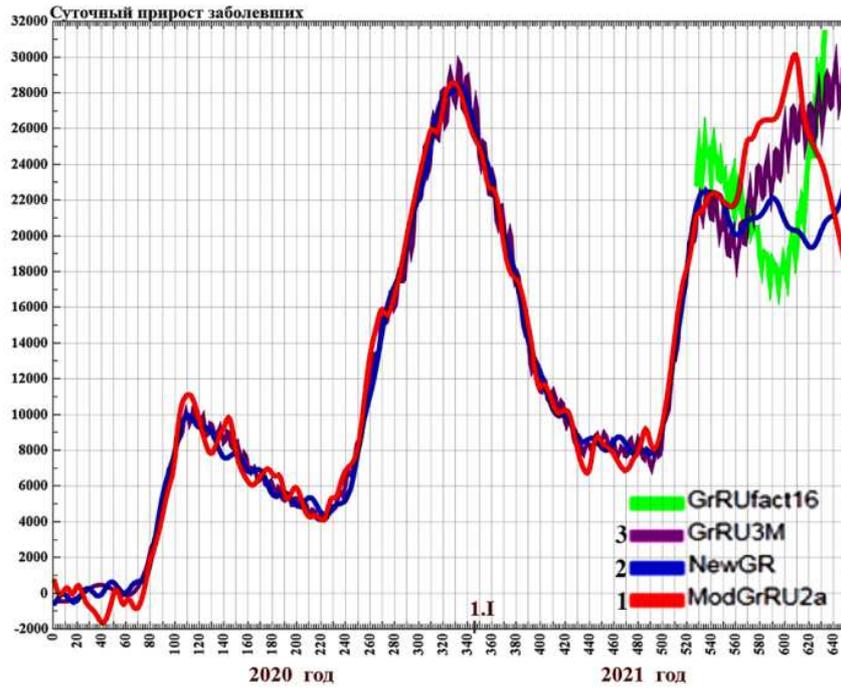


**Рис. 14. Временной ход фактических и модельных величин суточного прироста числа заболевших в РФ, включая прогнозную часть модельного ряда**

Все три рассмотренных варианта построения моделей эпидемического процесса (№№ 1-3), а также динамика исходного ряда представлены на рис. 15.

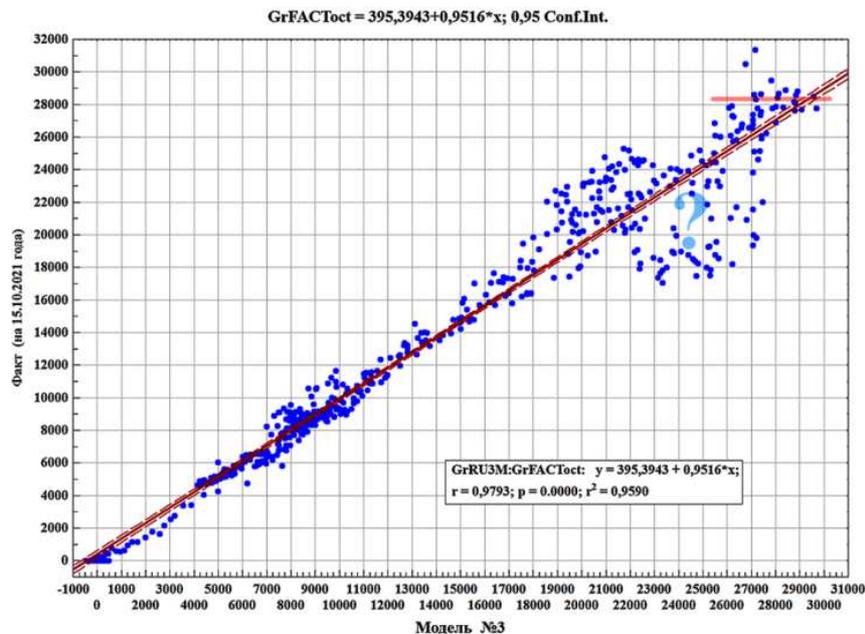
Согласно рис. 15, первая и третья модели, в целом, обеспечивают довольно близкое качество формального описания изучаемого процесса (в аспекте решения задачи «прогноз трендов»), но последняя модель обеспечивает большую детализацию прогнозных заключений и демонстрирует выраженный восходящий тренд процесса в фазе осени 2021 года, тогда как модель № 1 «допускает» завершение эпидемической «волны». Качество второй модели не позволяет использовать её для решения прогнозных задач.

В целом, модель № 3 отражает, видимо, максимальные возможности формальной подгонки модельных величин к фактическим и глубины прогноза (по базе данных, завершающейся 04.07.2021 г.). В ходе дальнейших исследований необходимо привлекать всю вновь доступную базу данных, а не эксплуатировать эвристические возможности исходной базы.



*Рис. 15. Варианты формального описания (моделирования) временной динамики эпидемического процесса COVID-19 в РФ*

Линейная регрессия фактических и модельных значений (модель № 3) представлена на рис. 16.



*Рис. 16. Линейная регрессия фактических и модельных величин суточного прироста числа заболевших*

Символом «?» на рис. 16 отмечена некая «статистическая онкология», природа которой нам не известна.

В завершение изложения сумму колебательных компонент из состава модели фона № 3 приблизим выражением, включающим блок вида  $\sin X/X$ :

$$SUMRitm = A1 \cdot (\sin(T \cdot d + B) / (T \cdot d + B)) + A2 \cdot d + A3 \cdot (d^2) + A4 \cdot (d^3) + W.$$

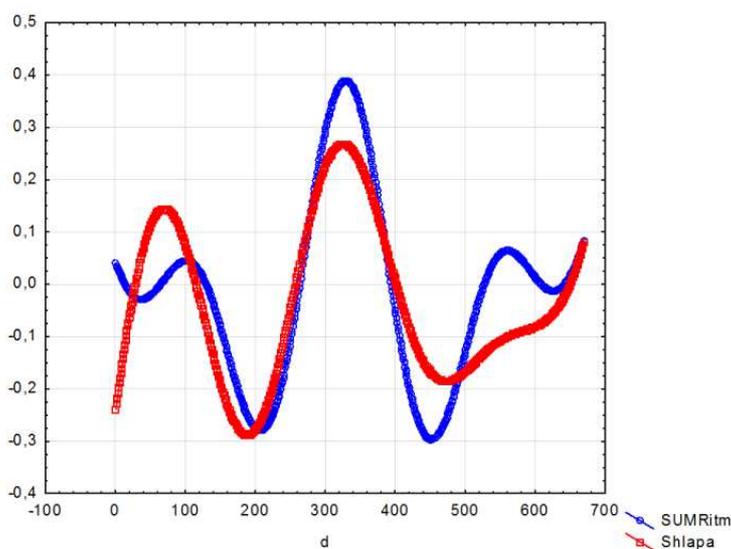
Величины численных коэффициентов модели представлены в табл. 9.

Таблица 9

**Величины коэффициентов модели колебательного блока фона, полученного с использованием компартамента вида  $\sin X/X$**

Model: SUMRitm=A1*(sin(T*d+B)/(T*d+B))+A2*d+A3*(d**2)+A4*(... (COVID-Hopk-oct6							
Dep. var: SUMRitm Loss: (OBS-PRED)**2 Estimation method: Hooke-Jeeves and quasi-Newton							
Final loss: 5,230741519 R= ,86147 Variance explained: 74,214%							
N=670	A1	T	B	A2	A3	A4	W
<b>Estimate</b>	-0,601474	0,0294697	-5,581376	0,007437	-0,0000262	0,000000024	-0,318349

В графическом виде результат приближения показан на рис. 17.



**Рис. 17. Описание колебательного блока фона моделью, включающей выражением вида  $\sin X/X$**

Таким образом, возможности использования базы данных о величинах суточного прироста выявленного числа заболевших *COVID-19* в РФ (*JHU*), завершающейся 04.07.2021 года и рассматриваемой в качестве эмпирической основы анализа и прогноза временного хода эпидемического процесса, по-видимому, исчерпаны. Разработка новых моделей динамики процесса требует учёта всей совокупности фактических данных, доступных на дату начала исследований [4].

Текущая фаза эпидемии – осень 2021 года – связана с восходящим участком тренда и, видимо, ещё долго будет характеризоваться очень высокими значениями суточной заболеваемости. Прогноз времени и скорости смены тренда и хода диагностической компоненты предполагает проведение нового цикла исследований [5-8].

### **Библиографический список**

1. Статистика: учебник/ под ред. С.А. Орехова. М.: Эксмо, 2010. 448 с.
2. Вычислительная математика и техника в разведочной геофизике: Справочник геофизика/ под ред. В.И. Дмитриева. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Недра. 1990. 498 с.
3. Хемминг Р.В. Цифровые фильтры/ пер. с англ. Ред. пер. О.А. Потапов. М.: Недра, 1987. 221 с.
4. Профессиональные болезни/ Н.А. Мухин [и др.]. 2-е изд., перераб. и доп. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2016. 512 с.
5. Хадарцев А.А., Волков А.В., Кашинцева Л.В. Основания и результаты применения методологии геофизики для разработки моделей социальных полей (на примере заболеваемости *COVID-19*) в РФ// 17-я Международная конференция по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики «Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики»: материалы конференции. Тула: Изд-во ТулГУ, 2021, 568 с. С. 344-352.
6. Хадарцев А.А., Волков А.В., Кашинцева Л.В. Прогноз уровней и временной структуры фаз эпидемиологического процесса *COVID-19* в РФ// 17-я Международная конференция по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики «Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики»: материалы конференции. Тула: Изд-во ТулГУ, 2021, 568 с. С. 353-364.
7. Хадарцев А.А., Волков А.В. Математические модели текущего этапа эпидемии *COVID-19* в России и их особенности// Приоритетные направления развития науки и технологий: доклады XXIX международной науч.-практич. конф.; под ред. В.М. Панарина. Тула: Инновационные технологии, 2021. 234 с. С. 87-97. URL: <http://www.semikonf.ru>.
8. Хадарцев А.А., Волков А.В. Эвристические возможности результатов декомпозиции эпидемического процесса *COVID-19* в России// Современные проблемы экологии: доклады XXVII всероссийской науч.-практич. конф.; под общ. ред. В.М. Панарина. Тула: Инновационные технологии, 2021. URL: <http://www.semikonf.ru>.

УДК 316.4.051.2: 316.4.06

А.В. Волков, канд. техн. наук, доц., [wolkow.av@mail.ru](mailto:wolkow.av@mail.ru)  
(Россия, Тула, ТулГУ)

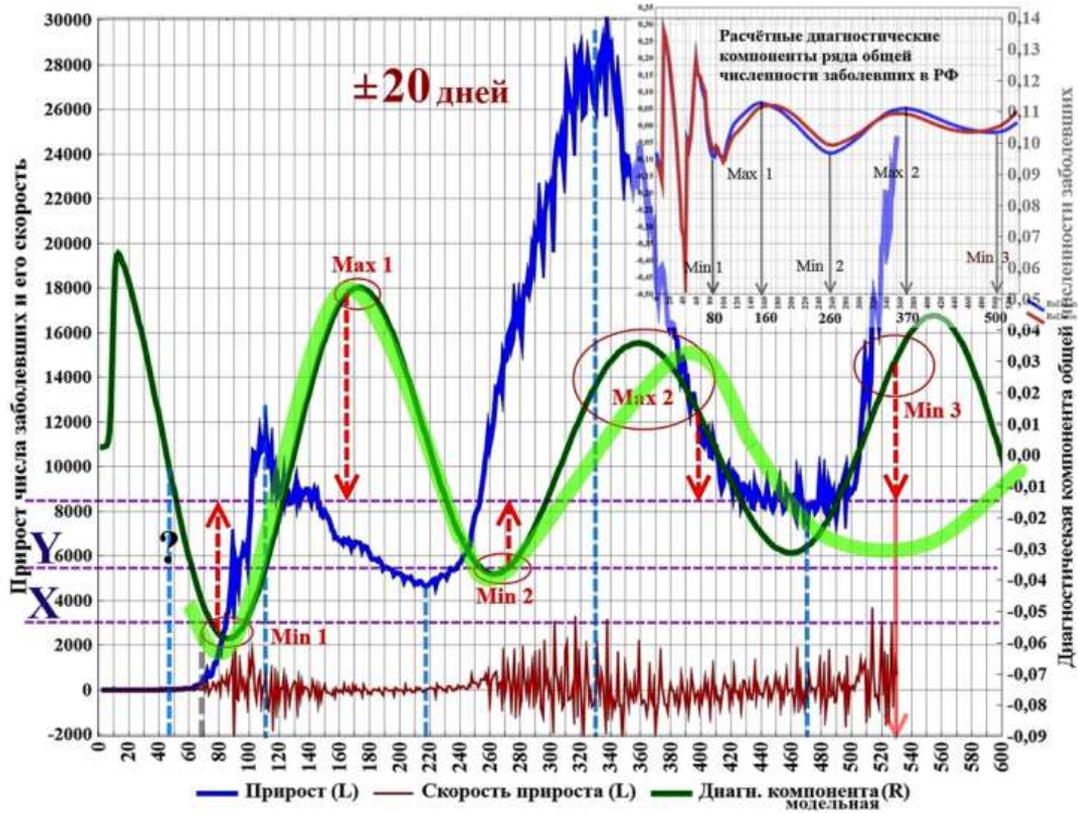
## ОЦЕНКИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ДИНАМИКИ ЭПИДЕМИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА COVID-19 НА ОСНОВЕ МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫХ СОПОСТАВЛЕНИЙ

*Сформулированы закономерности динамики эпидемии COVID-19 в ареале Восточной Европы по результатам анализ 1D -3D графических моделей полей изменения индикаторов ситуации. Анализ информации, агрегируемой JHU, реализация целей и задач исследования потребовала привлечения не только надёжных данных, эффективных способов и методов их математической обработки и графической визуализации, т.е. методологии обработки данных, но и опоры на глубокие основания исследований, включая их философский блок.*

*Ключевые слова: COVID-19, эпидемический процесс, поле социального поведения, динамика социальных процессов, ритмы, волны, статистические методы обработки данных, визуализация эмпирических данных, ряды наблюдений, 1D -3D графические модели полей.*

В ранее рассмотренном исследовании выполнены анализ и прогноз временной структуры фаз эпидемиологического процесса COVID-19, разворачивающегося ныне в Российской Федерации. Возникает вопрос: как связаны сформулированные заключения с ходом тех компонент изучаемого поля поведения, которые в работе интерпретируются как диагностические? Другими словами, если данные компоненты поля названы диагностическими, то каковы их эвристические возможности?

Согласно рис. 1, точки экстремумов диагностической компоненты ряда общей численности заболевших в РФ (кривая зелёного цвета), в целом, локализованы между последовательными позициями минимального и максимального суточного прироста числа заболевших (кривая синего цвета) и, соответственно, между последовательными позициями минимальной и максимальной скорости изменения величины прироста заболевших (приблизительно середины каждого интервала; кривая тёмно-красного цвета). Наша рабочая гипотеза состоит в том, что середина области экстремума диагностической компоненты поля (на рис. 1 для позиции  $d = 79$  и других дат показана вертикальной пунктирной стрелкой красного цвета, а также выделением «эллипс») определяется как полусумма исчисленных в тех или иных единицах дат последовательных экстремумов первой и второй производных поля (на рис. 1 показаны вертикальными пунктирами голубого цвета). А расчёт последних по фактическим данным не представляет затруднения и может быть выполнен для нескольких территориальных образований (государств).



**Рис. 1. Оценка эвристических возможностей диагностической компоненты ряда общей численности заболевших**

Следует подчеркнуть, что на рис. 1 представлена одна из модельных кривых (линия зелёного цвета меньшей толщины), с известной адекватностью отражающая динамику исходных расчётных диагностических компонент, выделенных ранее с использованием линейного компонента в трендовой части изучаемого поля, а также с использованием двух колебательных компонент. По-видимому, изложенный алгоритм диагностики и прогноза интервалов экстремальных значений ряда общей заболеваемости функционален как раз для первичных («сырых») данных (линия светло-зелёного цвета большей толщины, а также врезка) и устанавливает дату экстремума с точностью около  $\pm 20$  дней (в текущей фазе развития процесса).

В дальнейшем расчёте использованы представленные в свободном доступе данные ресурса «JHU CSSE COVID-19 Dataset» ([https://raw.githubusercontent.com/CSSEGISandData/COVID-19/master/csse\\_covid\\_19\\_data/csse\\_covid\\_19\\_time\\_series/time\\_series\\_covid19\\_confirmed\\_global.csv](https://raw.githubusercontent.com/CSSEGISandData/COVID-19/master/csse_covid_19_data/csse_covid_19_time_series/time_series_covid19_confirmed_global.csv)).

При этом основное внимание уделено следующим государствам Восточной Европы (Country (Lat, Long)): Russia (61.524,105.319), Romania (45.943, 24.967), Poland (51.919, 19.145), Ukraine (48.379, 31.166).

Величины длины дуги в один градус по долготе (по линии запад → восток) и по широте (по линии юг → север) приняты по данным интернет-ресурса [https:// www.kakras.ru/mobile/book/dlina-dugi.html](https://www.kakras.ru/mobile/book/dlina-dugi.html).

Для проведения межгосударственных сопоставлений соответствующие ряды наблюдений были *нормализованы*: из каждого значения ряда вычиталась величина его математического ожидания ( $M$ ) и результат делился на величину среднего квадратического отклонения данного ряда ( $SD$ ; рис. 2).

Lock	Variable	Long variable (series) name
L	GrRUnorm	=(GrRU-10480;546314)/7823;297764
L	GrRmnorm	=(GrRm-2043;385633)/2383;079584
L	GrPlnorm	=(GrPl-5444;7448015)/7857;6400204
L	GrUknorm	=(GrUk-4355;9754253)/4790;1383953

**Рис. 2. Пример нормализации рядов суточного прироста заболевших ( $Gr$ ) для некоторых государств Восточной Европы**

Используемые для нормализации статистики национальных рядов суточного прироста заболевших ( $Gr$ ), скорости суточного прироста заболевших ( $VGr$ ) и удельной – в расчёте на одного заболевшего – скорости прироста их числа ( $UdGR$ ) приведены в табл. 1.

**Таблица 1**

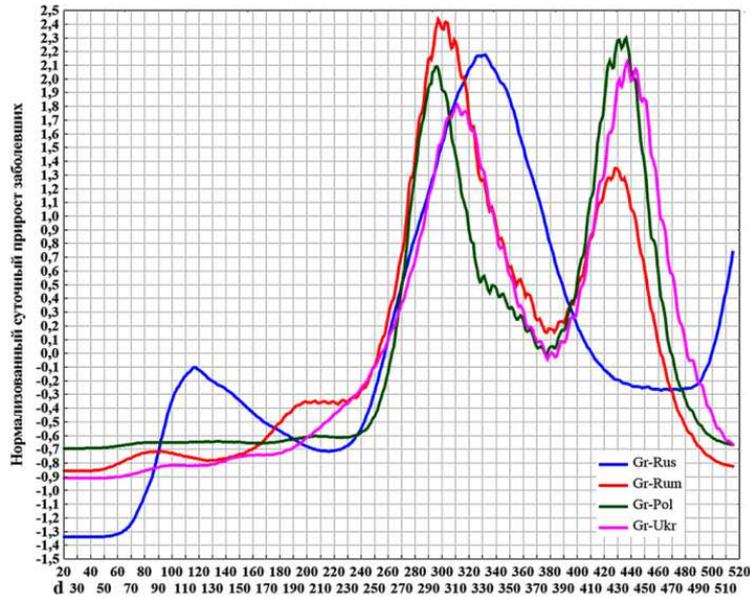
**Расчётные величины основных статистик национальных рядов**

Обозначение	Параметр производной поля (расчёт по данным JHU)											
	Суточный прирост, $Gr$				Скорость прироста, $VGr$				Удельный (на 1 чел.) прирост, $UdGr$			
	Исходный		Нормализован.		Исходный		Нормализован.		Исходный		Нормализован.	
Статистики	$M$	$SD$	$Min$	$Max$	$M$	$SD$	$Min$	$Max$	$M$	$SD$	$Min$	$Max$
Россия (61,52)	10480,546	7823,298	-1,340	2,431	46,767	625,069	-3,423	5,035	0,0256	0,0605	-0,423	11,015
Румыния (45,94)	2043,386	2383,080	-0,857	3,452	0,0625	793,053	-4,852	5,124	0,0250	0,0621	-0,402	10,337
Польша (51,92)	5444,745	7857,640	-0,693	3,794	0,1042	2534,958	-6,855	6,995	0,0267	0,0637	-0,419	12,136
Украина (48,38)	4355,975	4790,138	-0,909	3,361	1,5644	1355,349	-4,869	4,674	0,0264	0,0647	-0,409	9,895

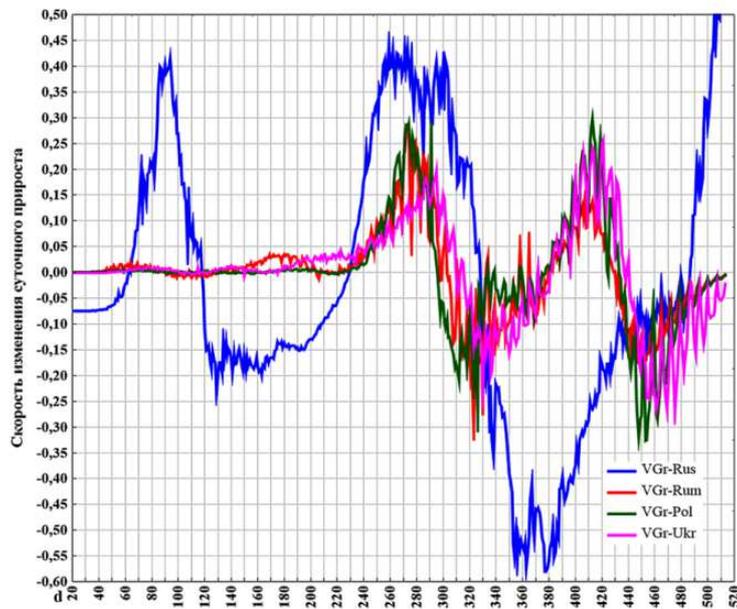
В скобках указана характеризующая территорию географическая широта.  
 Вид нормализации параметра:  $X_i \text{ норм} = (X_i - M_X) / SD_X$ , где  $M_X$  – величина математического ожидания ряда (выборки),  $SD_X$  – величина среднего квадратического отклонения ряда (выборки). Объём выборки – 529 значений ( $d = 1 \dots 530$ ;  $d = 1 - 22.01.2020$  г.).  
 При расчётах статистик рядов  $UdGr$  удалялся единственный «ураганный выброс» в начале ряда.  
 Для нормализованных параметров  $M = 0$ ,  $SD = 1$ .

Дальнейшая трансформация данных ( $Gr$ ,  $VGr$ ,  $UdGR$ ) состояла в сглаживании рядов скользящим окном длиной 31 или 35 позиций с весами Р.У. Хэмминга. Анализу подлежали даты (в единицах исчисления рядов  $d$ , где  $d = 1$  соответствует 22.01.2020 году) локализации экстремальных значений поля – максимумов и минимумов – в границах так называемых первой, второй и третьей волн эпидемии в каждом из рассматриваемых государств.

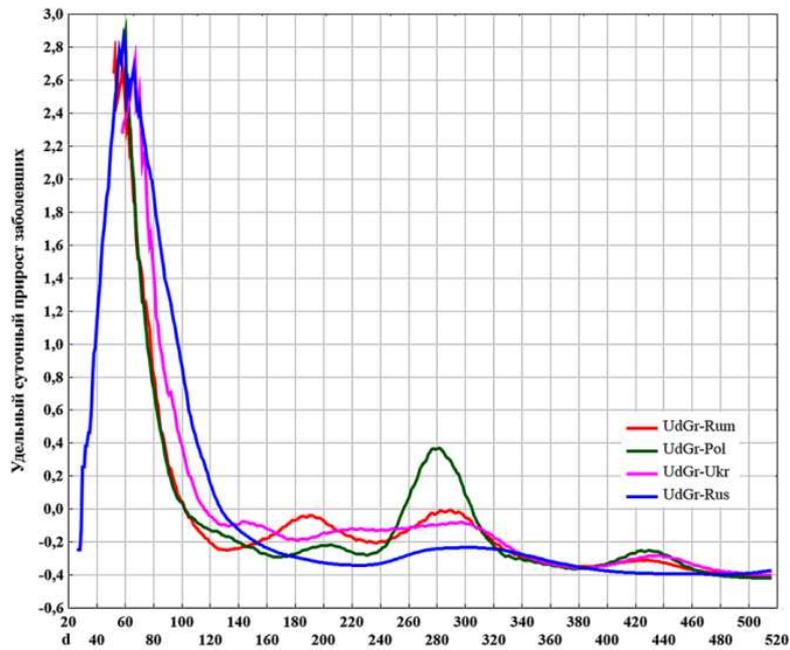
Временной ход нормализованных и сглаженных рядов суточного прироста числа заболевших в некоторых государствах Восточной Европы ( $Gr$ ,  $VGr$ ,  $UdGR$ ), а также отдельно в Российской Федерации представлен на рис. 3-6.



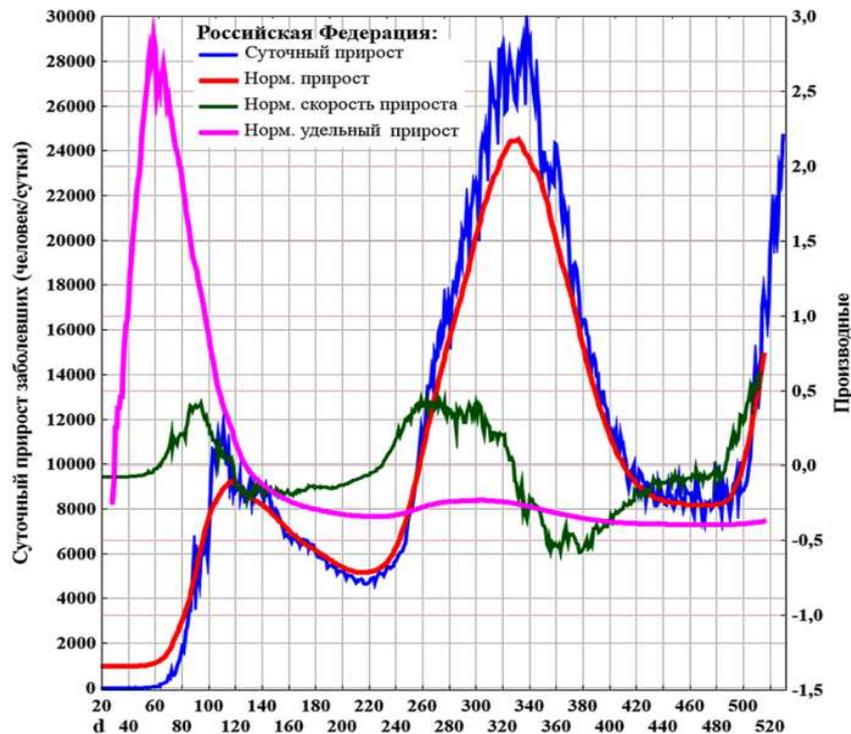
**Рис. 3. Временной ход нормализованных рядов суточного прироста заболевших COVID-19 в России (Rus), Румынии (Rum), Польше (Pol) и Украине (Ukr)**



**Рис. 4. Временной ход нормализованных рядов скорости суточного прироста заболевших COVID-19 в России (Rus), Румынии (Rum), Польше (Pol) и Украине (Ukr)**



**Рис. 5. Временной ход нормализованных рядов удельного суточного прироста заболевших COVID-19 в России (Rus), Румынии (Rum), Польше (Pol) и Украине (Ukr)**



**Рис. 6. Временной ход нормализованных рядов удельного суточного прироста заболевших COVID-19 в Российской Федерации**

Анализ представленных на рис. 3-6 рядов позволяет сделать ряд предварительных заключений об особенности временной динамики переменных и

на этой основе сформулировать гипотезу и алгоритм дальнейшей обработки данных.

1. Скорость распространения эпидемии, очевидно, никак не является постоянной – и с точки зрения фазы процесса, и с позиции параметра, по которому ведётся оценка, и с позиции рассматриваемой территории.

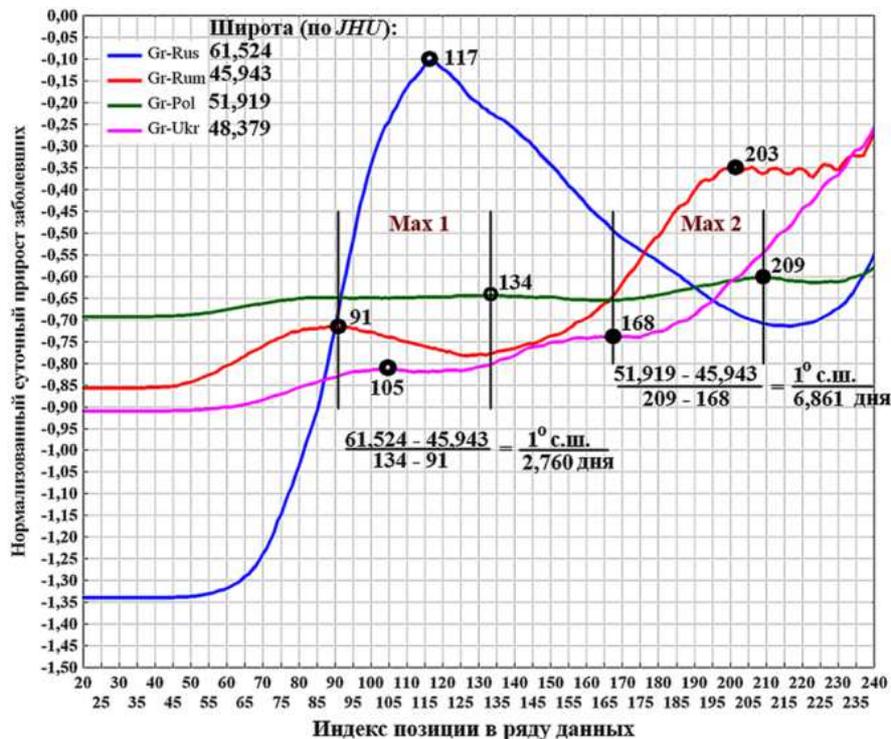
2. Поэтому речь следует вести исключительно о самой грубой, усреднённой оценке – какое расстояние по меридиану (направление юг → север) и параллели (направление запад → восток) «волна» проходит за одни сутки либо за какое время «волна» проходит один градус по долготе и широте. Подобные оценки могут служить лишь в качестве «первого приближения» более корректных оценок.

3. Указанные оценки могут быть получены по графикам ( $1D$  моделям процесса) как отношение диапазона, исчисляемого в днях, который полностью включает в себя все 4, в отдельных случаях 3, экстремума – сближенных по времени максимумов или минимумов отдельных территорий, к диапазону по широте или долготе, который характеризует принятые к рассмотрению национальные территории (или по обратным соотношениям). Для перехода к километрам учитывается длина соответствующей дуги – широты или долготы – в один градус.

4. Кроме того, подобные оценки возможны по  $2D$  моделям поля – по рисункам линейной интерполяции смещения волны на данном временном интервале. В этом варианте анализу подлежит подходящая единая фаза волны. Наконец, в отдельных случаях оценку можно получить по визуализации поля методом *Wafer*-графики (по  $3D$  моделям поля).

Расчёт скорости распространения волны в пределах национальных территорий в направлении «юг → север» и «запад → восток» (км/сутки) по различным параметрам эпидемиологического процесса за время  $d = 1...530$  рассмотрен далее.

На рис. 7. показан фрагмент временного хода нормализованных величин суточного прироста заболевших в некоторых государствах Восточной Европы в интервале  $d = 20...240$ .

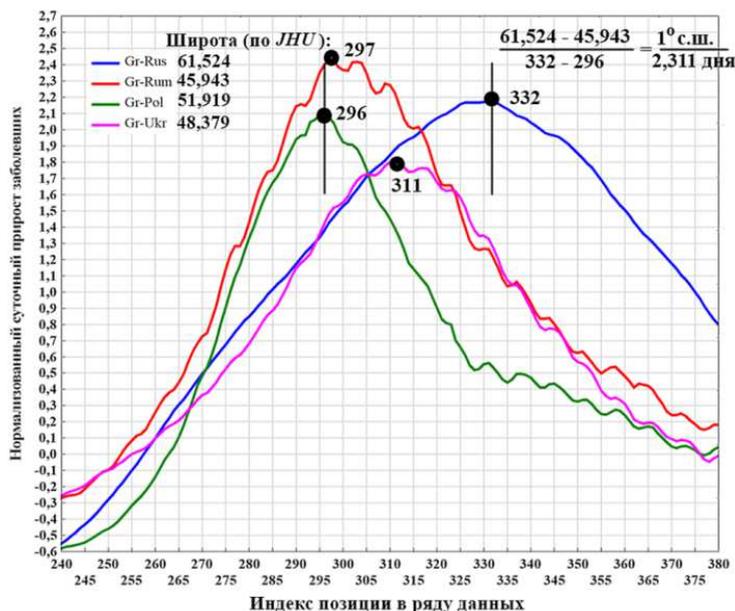


**Рис. 7. Оценка скорости распространения эпидемической волны в пространстве по графикам нормализованных рядов суточного прироста заболевших COVID-19 в России (Rus), Румынии (Rum), Польше (Pol) и Украине (Ukr)**

Согласно стандартным таблицам длины дуги в один градус в направлении «юг → север» (с изменением географической широты) и в направлении «запад → восток» (с изменением географической долготы), для опорной широты 52° с.ш. в первом случае длина дуги составляет около 111,324 км, а во втором – 68,679 км. Поэтому, по данным *первого* максимума (рис. 7, Max 1), в направлении «юг → север» волна проходит за одни сутки около 40,3 км, в направлении «запад → восток» – около 137,6 км (согласно базе данных JHU, долгота РФ составляет 105,319 в.д. и принята таковой в данном расчёте).

По данным *второго* максимума, в направлении «юг → север» волна проходит за одни сутки около 16,2 км, в направлении «запад → восток» – около 20,1 км (в последнем случае параметры РФ не учитывались; см. рис. 7, Max 2).

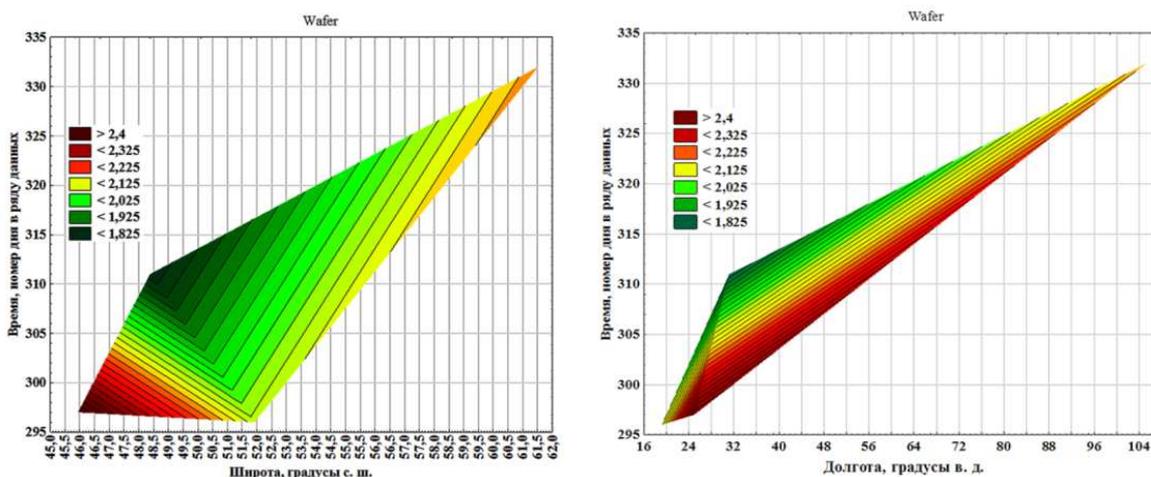
Характеристики третьего максимума показаны на рис. 8.



**Рис. 8. Оценка скорости распространения эпидемической волны в пространстве по графикам нормализованных рядов суточного прироста заболевших COVID-19 в России (Rus), Румынии (Rum), Польше (Pol) и Украине (Ukr)**

Итак, по данным третьего максимума, в направлении «юг → север» волна проходит за одни сутки около 48,2 км, в направлении «запад → восток» – около 164,3 км.

Вектор пространственного смещения эпидемической волны, подобно стрелке компаса, образно показывает рис. 9.



**Рис. 9. 2D образы распространения эпидемической волны в России (Rus), Румынии (Rum), Польше (Pol), Украине (Ukr) в интервале  $d = 295...335$**

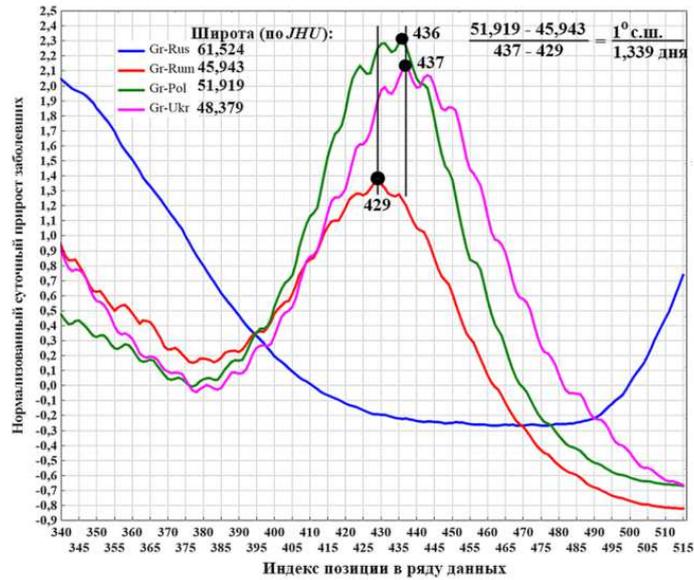
Согласно рис. 9 (слева), в целом, именно в направлении с юга Восточной Европы на север происходит диссипация «сигнала» – от его максимальных величин к минимальным. Модель движения волны в направлении «запад → восток» (рис. 9, справа) примечательна в том отношении, что значительный интервал по долготе характеризует приблизительно единая фаза волны, которой соответствует весьма малый амплитудный градиент (на рисунке: переход от насыщенно красного тона к оранжевому). Это позволяет утвердиться в мысли, что скорости распространения волны в направлениях «юг → север» и «запад → восток» различаются: по второму направлению скорость больше, чем по первому (что уже показывают расчётные данные).

Кроме того, принципиально важно, что оценка скорости распространения волны не требует привлечения амплитудных значений поля, характеризующих те или иные фазы процесса; напомним, что мы работаем не только с нормализованными, но и с сглаженными данными, организованными в виде временных рядов. Важно, чтобы учёту подлежали единые фазы процесса (по группе территорий), т.е. либо сближенные минимумы, либо максимумы. Далее внимание уделяется диапазону по широте или долготе (с учётом длины дуги в одни градус), который характеризует данные национальные территории.

При этом заявленная ранее невысокая точность получаемых оценок позволяет делить, например, полный диапазон по широте  $\Delta\varphi = 61,5240 - 45,9432$  (если оцениваются экстремумы всех четырёх государств) на полное  $\Delta d$ , заключающего внутри себя данные экстремумы. При этом какая национальная «волна» проходила соответствующий экстремум первой, а какая – последней, не учитывается. Итогом является приближённая оценка некоторой «средней» скорости распространения волны в указанном диапазоне географических координат, которая складывается из больших (для одних государств) и меньших (для других государств) величин скорости.

Вполне понятно, что данный алгоритм может быть скорректирован для получения более адекватных оценок скорости распространения эпидемической волны.

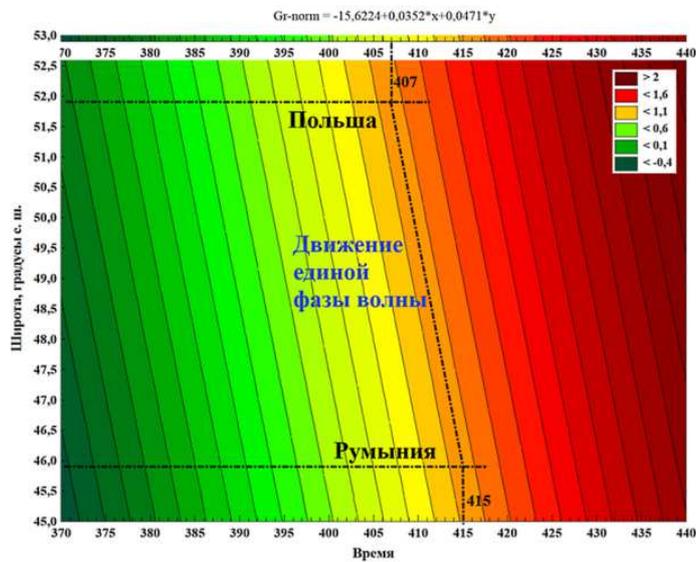
Расчёт скорости волны по данным следующего набора максимумов нормализованного суточного прироста заболевших в государствах Восточной Европы в интервале дат  $d = 340...515$  представлен на рис. 10.



**Рис. 10. Оценка скорости распространения эпидемической волны по графикам нормализованных рядов суточного прироста заболевших COVID-19 в Румынии (Rum), Польше (Pol) и Украине (Ukr)**

Итак, по данным рассмотренного максимума, в направлении «юг → север» волна проходит за одни сутки около 83,1 км, в направлении «запад → восток» – около 103,2 км (в данном случае параметры РФ не учитывались).

Пример использования 2D графических моделей для получения обсуждаемых оценок скорости эпидемической волны показан на рис. 11.

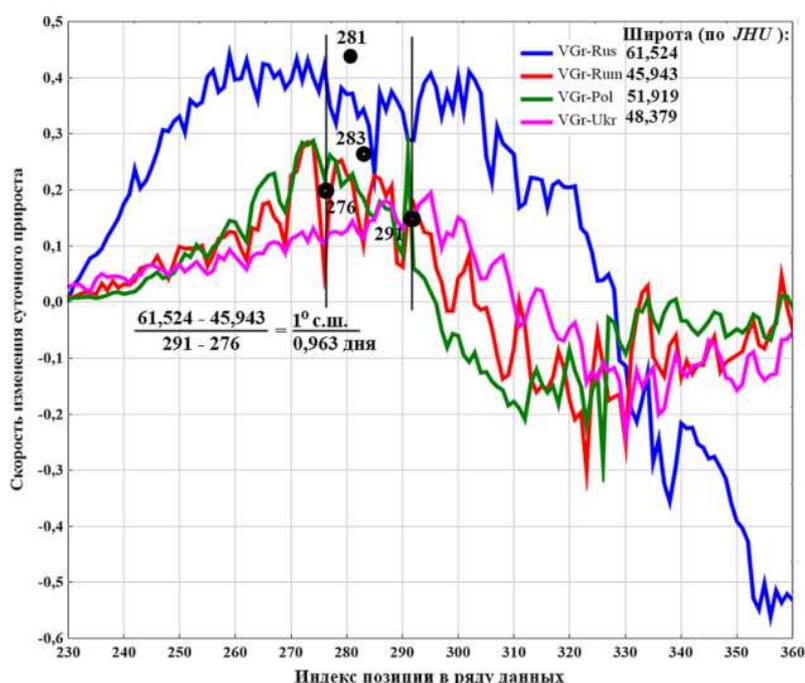


**Рис. 11. Оценка скорости распространения эпидемической волны в пространстве по координатам единой фазы процесса 2D графической модели изменения суточного прироста заболевших COVID-19 в Румынии (Rum), Польше (Pol) и Украине (Ukr)**

Укажем что на рис. 11. представлена линейная интерполяция данных в силу того обстоятельства, что представительность данных по времени (параметру  $d$ ) и по широте (долготе) принципиально неодинакова: 529 позиций против 4(3). Поэтому более сложные методы интерполирования данных и визуализации поля в данном случае невозможны, за исключением т.н. *Wafer*-графики. Но и к результатам применения последнего метода стоит относиться критически.

Далее переходим к графическим моделям временной динамики скорости изменения суточного прироста заболевших в границах национальных территорий (рядом типа  $VGr$ ).

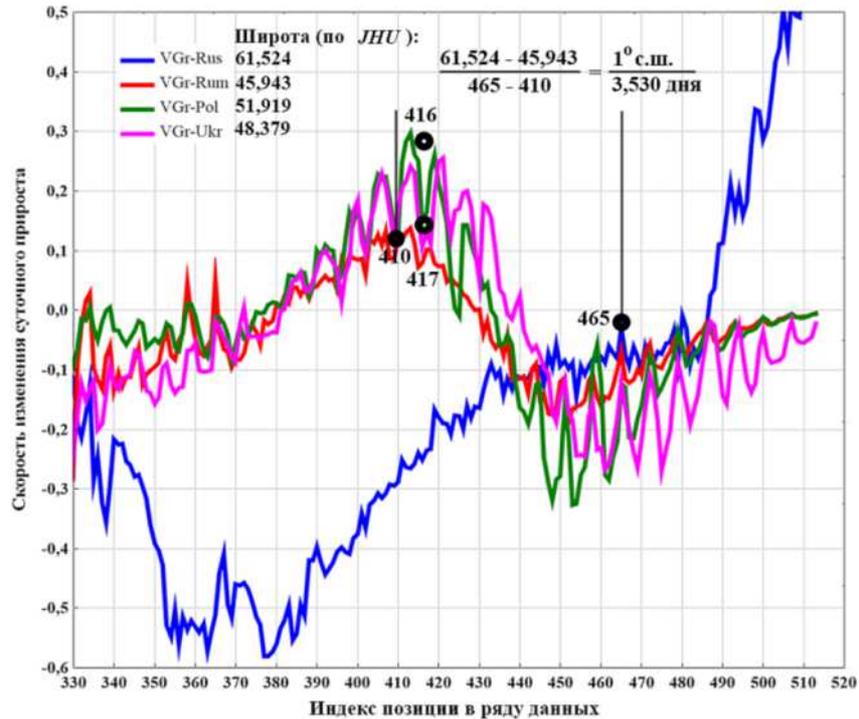
На рис. 12 показан фрагмент графиков временного хода данного параметра в интервале дат  $d = 230...360$ .



**Рис. 12. Оценка скорости распространения эпидемической волны в пространстве по графикам нормализованных рядов скорости суточного прироста заболевших COVID-19 в России (Rus), Румынии (Rum), Польше (Pol) и Украине (Ukr) в интервале дат  $d = 230...360$**

По данным рассмотренного максимума, в направлении «юг → север» волна скорости суточного прироста заболевших проходит за одни сутки около 115,6 км, в направлении «запад – восток» – около 394,7 км.

На рис. 13 представлен фрагмент графиков временного хода данного параметра в интервале дат  $d = 330...520$ .



**Рис. 13. Оценка скорости распространения эпидемической волны в пространстве по графикам нормализованных рядов скорости суточного прироста заболевших COVID-19 в России (Rus), Румынии (Rum), Польше (Pol) и Украине (Ukr) в интервале дат  $d = 330...520$**

По характеристикам данного максимума, в направлении «юг → север» волна скорости суточного прироста заболевших проходит за одни сутки около 31,5 км, в направлении «запад → восток» – около 107,6 км.

Возможность использования 2D графических моделей для получения оценок скорости распространения эпидемической волны в пространстве иллюстрирует рис. 14.

Позицию № 1 рис. 14 характеризуют следующие величины:

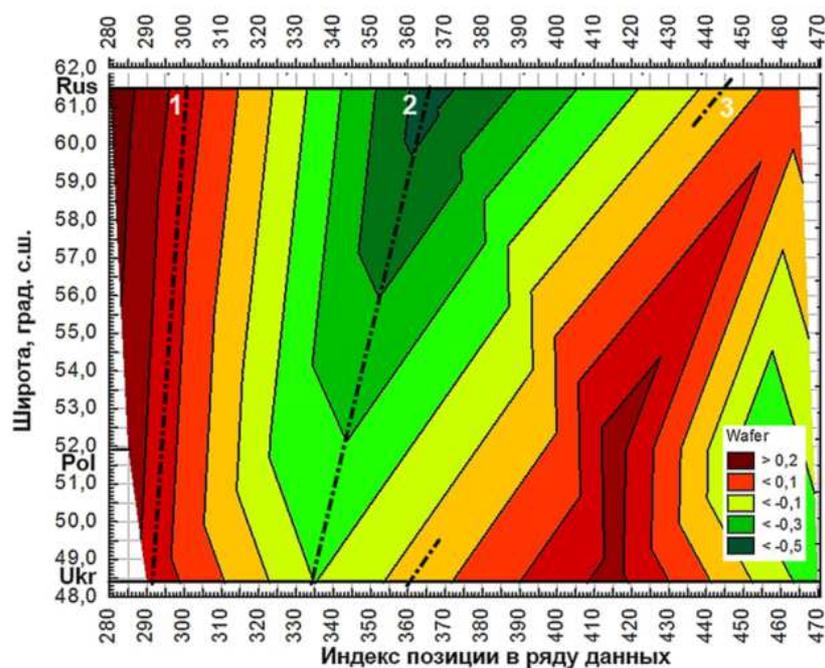
$$\Delta\varphi/\Delta d = (61,524 - 48,379)/(301 - 292) = 13,145/9 = 1^{\circ}0,685 \text{ дня} = 162,5 \text{ км/сутки.}$$

Позицию № 2 характеризуют следующие величины:

$$\Delta\varphi/\Delta d = (61,524 - 48,379)/(366 - 334) = 13,145/32 = 1^{\circ}2,434 \text{ дня} = 45,7 \text{ км/сутки.}$$

Позицию № 3 характеризуют следующие величины:

$$\Delta\varphi/\Delta d = (61,524 - 48,379)/(444 - 360) = 13,145/84 = 1^{\circ}6,390 \text{ дня} = 17,4 \text{ км/сутки.}$$



**Рис. 14. Оценка скорости распространения эпидемиологической волны в пространстве по координатам единой фазы процесса 2D графической модели скорости изменения суточного прироста заболевших COVID-19 в России (Rus), Польше (Pol) и Украине (Ukr)**

Таким образом, согласно результатам расчёта по позициям 1-3 рис. 14, скорость распространения эпидемической волны в пространстве действительно снижается (замедляется) с течением времени, что, по-видимому, не противоречит идее о диссипации «сигнала» в среде, обладающей «сопротивлением» (правда, различным в пределах разных блоков данной среды).

В частности, территории РФ выделенные на рис. 14 фазы волны достигают позже, по сравнению с Украиной и Польшей. С течением времени подобное запаздывание проявляет себя всё более выражено.

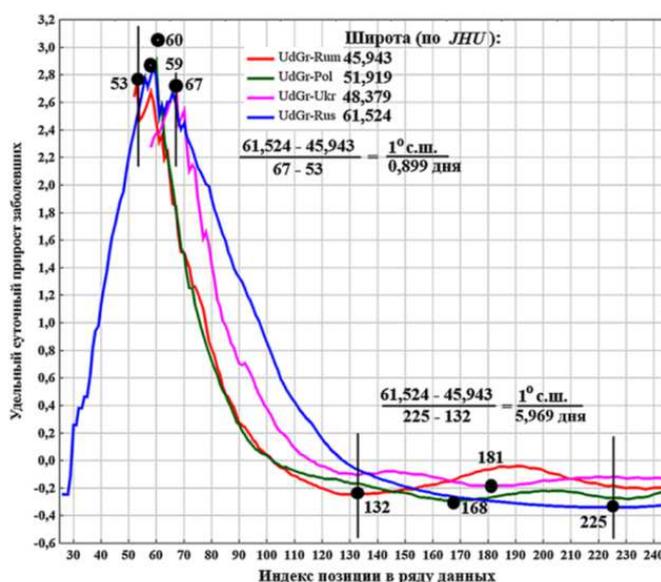
Кроме того, рис. 14 наглядно иллюстрирует то, в принципе, понятное, соображение, согласно которому единая фаза сначала фиксируется в странах ЕС, отмеченных большей плотностью или частотой социальных коммуникаций, включая транспортное сообщение с Западной Европой, и лишь с течением времени – в России, характеризуемой меньшей плотностью социальных коммуникаций, особенно в направлении «запад → восток». Место Украины в данном логическом ряду определяется её высоким миграционным обменом с соседними государствами ЕС и относительно невысоким, по сравнению с РФ, уровнем эпидемиологического контроля населения.

Другая существенная закономерность состоит в следующем. Согласно рис. 14, угол наклона осевых линий единых фаз (показаны штрихпунктирными линиями) для позиций 1-3 уменьшается от максимального, близкого к величине  $90^\circ$ , до минимального (порядка  $45^\circ$  для позиции № 3). Как мы понимаем,

это свидетельствует, что начальный импульс патогена – так или иначе, одномоментен (например, в районе  $d = 280$ ), но скорость диссипации этого импульса в конкретной среде различается, пропорционально уровню общей культуры населения, уровню подушевых доходов, плотности социальных коммуникаций и обменов с внешним миром. Например, позиция «360/61» (№ 2 на рис. 14) позволяет предположить, что именно в России скорость диссипации первоначального импульса самая низкая.

Далее переходим к графическим моделям временной динамики удельных величин суточного прироста заболевших в границах национальных территорий (рядам типа  $UdGr$ ).

На рис. 15 показан фрагмент графиков временного хода данного параметра в интервале дат  $d = 20...250$ .

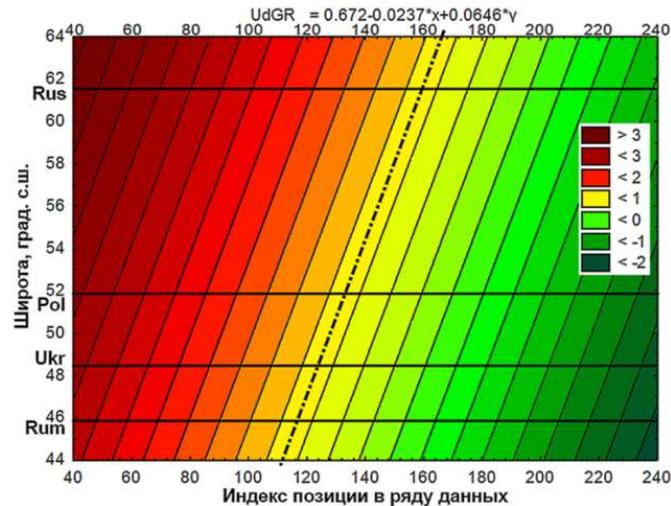


**Рис. 15. Оценка скорости распространения эпидемической волны в пространстве по графикам удельного суточного прироста заболевших COVID-19 в России (Rus), Румынии (Rum), Польше (Pol) и Украине (Ukr) в интервале дат  $d = 20...250$**

По данным первого рассмотренного максимума, в направлении «юг → север» волна удельного суточного прироста заболевших проходит за одни сутки около 123,8 км, в направлении «запад → восток» – около 423,9 км.

По данным второго минимума, в направлении «юг → север» волна удельного суточного прироста заболевших проходит за одни сутки около 18,7 км, в направлении «запад → восток» – около 63,7 км (см. рис. 15).

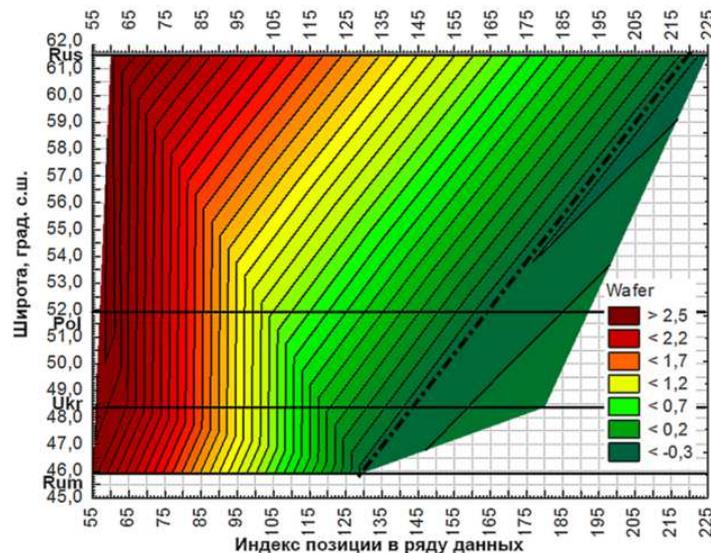
Возможность использования соответствующих 2D графических моделей для получения оценок скорости распространения эпидемической волны в пространстве иллюстрирует рис. 16-17.



**Рис. 16. Оценка скорости распространения эпидемической волны в пространстве по координатам единой фазы процесса 2D графической модели удельной скорости прироста заболевших COVID-19 в России (Rus), Румынии (Rum), Польше (Pol) и Украине (Ukr)**

Направление «юг → север»:

$$\Delta\varphi/\Delta d = (61,524 - 45,943)/(166 - 112) = 15,581/54 = 1^\circ/3,466 \text{ дня} = 32,1 \text{ км/сутки.}$$



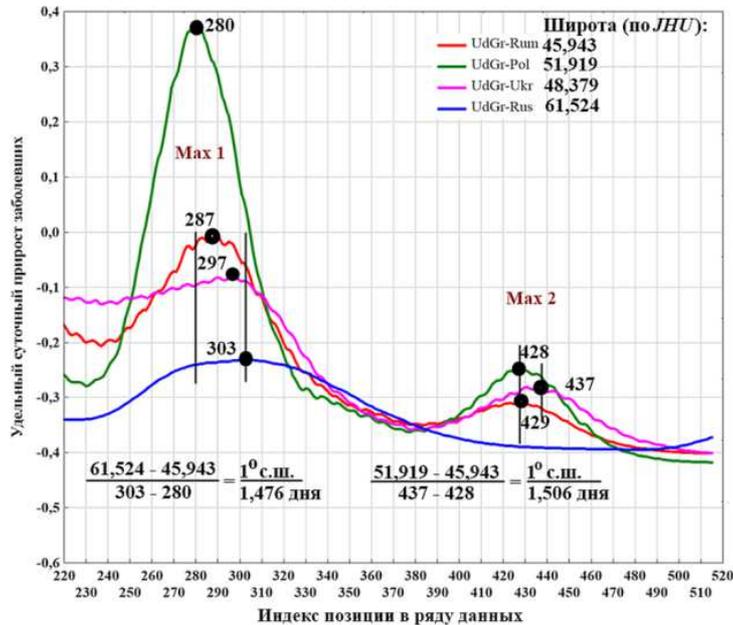
**Рис. 17. Оценка скорости распространения эпидемической волны в пространстве по координатам единой фазы процесса 2D графической Wafer-модели удельной скорости прироста заболевших COVID-19 в России (Rus), Румынии (Rum), Польше (Pol) и Украине (Ukr)**

Направление «юг → север»:

$$\Delta\varphi/\Delta d = (61,524 - 45,943)/(220 - 129) = 15,581/91 = 1^\circ/5,840 \text{ дня} = 19,1 \text{ км/сутки.}$$

Укажем, что в легенде двух последних рисунков заявлены отрицательные диапазоны значений, поскольку анализу подлежат именно нормализованные ряды данных.

На рис. 18 показан фрагмент графиков временного хода параметра  $UdGr$  в интервале дат  $d = 220...520$ .



**Рис. 18. Оценка скорости распространения эпидемической волны в пространстве по графикам удельного суточного прироста заболевших COVID-19 в России (Rus), Румынии (Rum), Польше (Pol) и Украине (Ukr) в интервале дат  $d = 220...520$**

По данным первого максимума, в направлении «юг → север» волна проходит за одни сутки около 75,4 км, в направлении «запад → восток» — около 257,2 км. По данным второго максимума (см. рис. 18, Max 2), в направлении «юг → север» волна проходит за одни сутки около 73,9 км, в направлении «запад → восток» — около 91,7 км.

Таким образом, результатом расчёта является массив оценок скорости распространения эпидемической волны в ареале Восточной Европы, полученных по 1D и 2D моделям различных индикаторов эпидемиологической ситуации и *приуроченных к различным датам* в диапазоне  $d = 1...530$ .

Изменение расчётных величин скорости пространственного распространения эпидемической «волны» в направлениях «юг → север» и «запад → восток» во времени представлено на рис. 19.

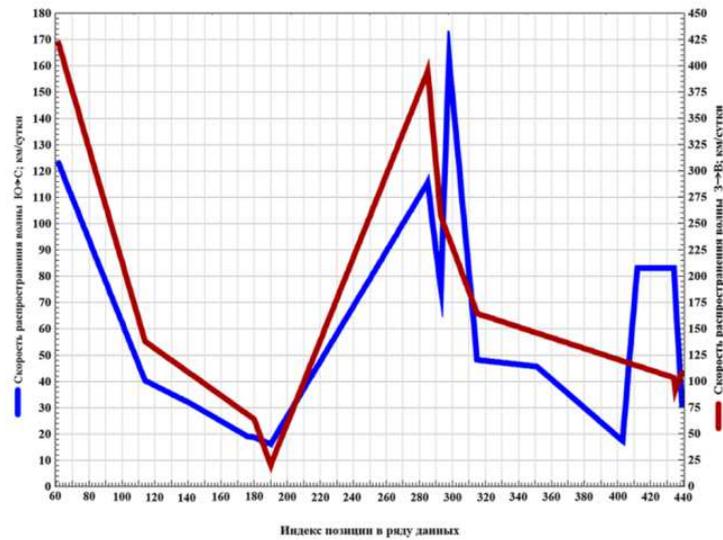


Рис. 19. Графики изменения скорости распространения эпидемической волны в пространстве с течением времени

Сопоставим полученный результат с индикаторами эпидемического процесса, характеризующими Россию и рассмотренными ранее (рис. 20).

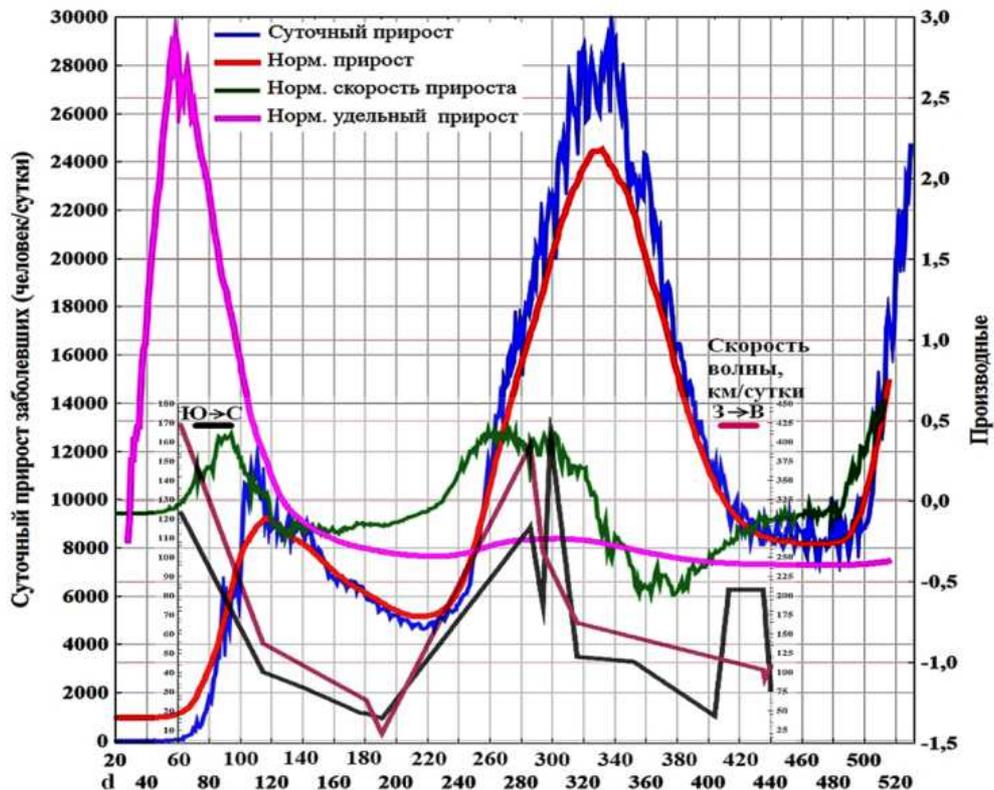


Рис. 20. Графики изменения скорости распространения эпидемической волны в пространстве с течением времени в сопоставлении с российскими индикаторами эпидемического процесса

Согласно рис. 20, рассчитанная по рядам нормализованных значений суточного прироста заболевших, скорости суточного прироста и удельной – в расчёте на одного человека – величины суточного прироста *пространственная скорость* распространения волны в направлениях «юг → север» и «запад → восток», в целом, повторяет динамику самой волны во времени, характеризующую *всей совокупностью* параметров. То есть, максимумы и минимумы всех графиков приходятся на *близкие* интервалы дат. В частности, максимальному суточному приросту заболевших в РФ, отмеченному в окрестности  $d = 320...340$ , *предшествовала* максимальная скорость распространения волны в пространстве в окрестности  $d = 280...300$  ( $V_{ЮС} = 163$  км/сутки). Соответственно, минимальному приросту заболевших в окрестности  $d = 220$  предшествовала и минимальная скорость  $d = 190$  ( $V_{ЮС} = 16,2$  км/сутки). В целом, лаг между экстремумами рядов составляет около 30...50 суток (1-1,5 месяца).

Что же касается позиции  $d = 440$ , то, возможно, пространственная скорость распространения волны продолжила снижаться и после этой даты (о чём косвенно свидетельствует ослабление эпидемиологических ограничений в ЕС), и прошла свой минимум в районе позиции  $d = 480...490$ , что вновь опередило снижение суточного прироста заболевших в РФ.

Отметим, что высокие скорости распространения волны в направлении «запад → восток» определяются, помимо других факторов, той опорной величиной географической долготы, которая принята в базе данных *JHU*. При учёте только европейской территории РФ (ЕТС) с максимальной плотностью населения и социальных коммуникаций, оценка скорости была бы ниже, поскольку за учитываемый временной интервал ( $t$ ) волне требовалось преодолеть меньшее расстояние:  $V \cdot t \approx L$ , где  $V$  – оценка скорости волны,  $t$  – время,  $L$  – расстояние или длина волны.

В целом, оценка пространственной скорости распространения эпидемической волны – сложная задача, которая, безусловно, требует более подробных расчётов.

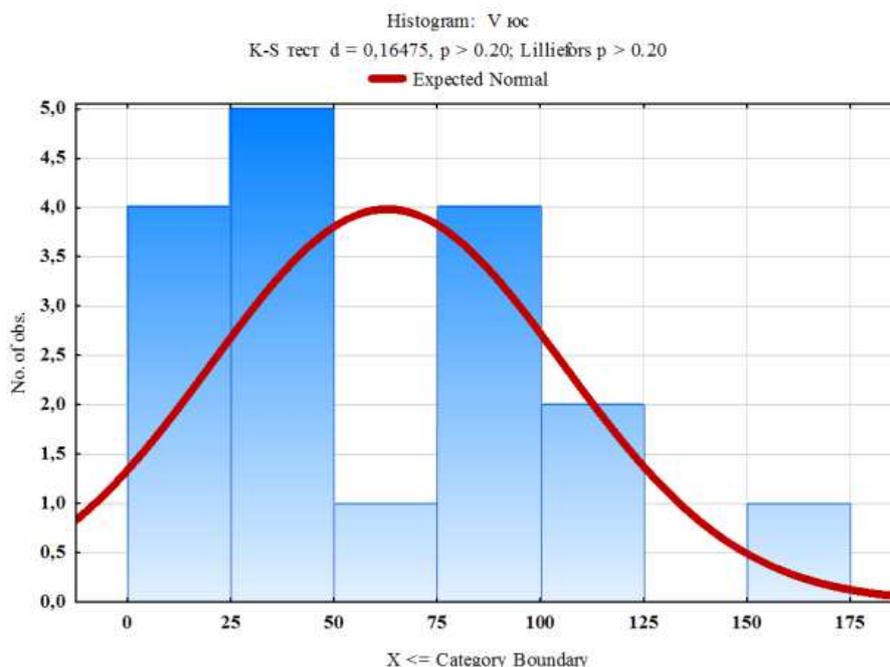
Основные статистики параметра  $V_{ЮС}$  представлены в табл. 2.

**Таблица 2**  
**Статистические параметры массива скоростей  $V_{ЮС}$**

Descriptive Statistics (COVID-Hopk-5)												
Variable	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Variance	Std.Dev. SD	Coef.Var.	Standard Error	Skewness	Std.Err. Skewness	Kurtosis	Std.Err. Kurtosis
<b>VF</b>	17	62,92941	16,20000	162,5000	1812,011	42,56772	67,64360	10,32419	0,862717	0,549747	0,201522	1,063198

Таким образом,  $V_{ЮС} = V_{cp.} \pm t_{\gamma} \cdot \sigma / n^{1/2} = 62,929 \pm (1,96 \cdot 42,568) / 17^{1/2} = 62,929 \pm 29,915$  км/сутки.

Гистограмма данной выборки представлена на рис. 21.



**Рис. 21. Гистограмма выборки  $\{V_{юс}\}$  с нанесённым законом распределения данных**

Сводная таблица расчётных скоростей распространения эпидемической волны в направлениях «юг → север» и «запад → восток», рассчитанных по различным параметрам «поля», представлена ниже (табл. 3).

Таким образом, в исследовании получены оценки скорости распространения эпидемиологической волны в ареале Восточной Европы в направлениях «юг → север» и «запад → восток», которые потребовали привлечения к анализу  $1D$  и  $2D$  графических моделей временного хода нормализованных и сглаженных рядов суточного прироста заболевших ( $Gr$ ), скорости суточного прироста заболевших ( $VGr$ ) и удельной – в расчёте на одного заболевшего – скорости прироста их числа. Установлено, что, в целом, динамика скорости распространения волны повторяет временную динамику самой волны, характеризуемую комплексом параметров. На примере РФ показано, что максимальному суточному приросту заболевших *предшествует* максимальная скорость распространения волны в пространстве. Лаг между экстремумами рядов составляет около 30-50 суток (1-1,5 месяца).

Таблица 3

**Характеристики массива скоростей распространения эпидемической волны в пространстве**

Оценки скорости распространения эпидемической волны, км/сутки							
юг → север				запад → восток			
Параметр	Значение	$\Delta d$	$d_{cp}$	Параметр	Значение	$\Delta d$	$d_{cp}$
<i>Gr</i>	40,3	91-134	113	<i>Gr</i>	137,6	91-134	113
<i>Gr</i>	16,2	168-209	189	<i>Gr</i>	20,1	168-209	189
<i>Gr</i>	48,2	296-332	314	<i>Gr</i>	164,3	296-332	314
<i>Gr</i>	83,1	429-437	433	<i>Gr</i>	103,2	429-437	433
<i>Gr</i>	83,2	407-415	412				
<i>Gr</i>	83,1	407-414	411				
<i>VGr</i>	115,6	276-291	284	<i>VGr</i>	394,7	276-291	284
<i>VGr</i>	31,5	410-465	438	<i>VGr</i>	107,6	410-465	438
<i>VGr</i>	162,5	292-301	297				
<i>VGr</i>	45,7	334-366	350				
<i>VGr</i>	17,4	360-444	402				
<i>UdGr</i>	123,8	53-67	60	<i>UdGr</i>	423,9	53-67	60
<i>UdGr</i>	18,7	132-225	179	<i>UdGr</i>	63,7	132-225	179
<i>UdGr</i>	32,1	112-166	139				
<i>UdGr</i>	19,1	129-220	175				
<i>UdGr</i>	75,4	280-303	292	<i>UdGr</i>	257,2	280-303	292
<i>UdGr</i>	73,9	430-437	434	<i>UdGr</i>	91,7	430-437	434
$M=62,929; SD=42,568$				$M=176,400; SD=138,037$			

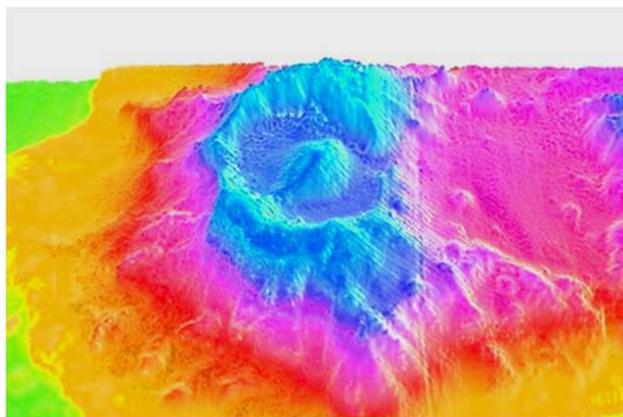
Средняя величина скорости распространения волны в направлении «юг → север» составляет  $V_{юс} = 62,929 \pm 29,915$  км/сутки.

**Анализ комбинированных 2D-3D графических моделей развития эпидемиологического процесса**

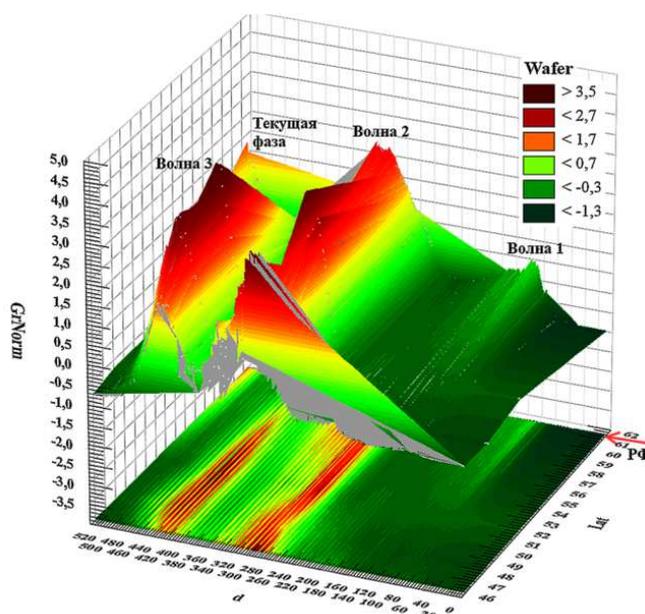
В завершении исследования рассмотрены 2D-3D графические модели картины изменения нормализованных расчётных величин суточного прироста заболевших (*GrNorm*) в ареале Восточной Европы, которые представлены на рис. 22-23 (*Lat* – опорная географическая широта территории). Индекс «Текущая фаза» соответствует 04.07.2021 году. Модели данного типа обеспечивают наиболее наглядное представление о геометрии изучаемого поля с учётом того обстоятельства, что объём используемых данных по координате времени ( $d = 1...530$ ) и по пространственной координате – географической широте или долготе (4 позиции) существенно различается. Поэтому любая рассматриваемая далее визуализация поля содержит искажения (ошибки), особенно при интерполяции значений поля по долготе.

Примером практического использования подобных методов обработки данных служит 3D визуализация кальдеры подводного вулкана, обнаруженная

австралийскими учёными на дне Индийского океана и названная ими «Оком Саурана» (рис. 24). Информация об этом событии размещена на интернет-портале *The Conversation*. Открытие сделано научным судном *RV Investigator* с помощью мощного гидролокатора на глубине 3100 метров. Установлено, что кратер вулкана окружен 300-метровым скалистым кольцом, в центре которого расположен конусообразный горный пик (Назарова К. В Индийском океане обнаружили «Око Саурана» ([URL:https://lenta.ru/news/2021/07/23/](https://lenta.ru/news/2021/07/23/)).



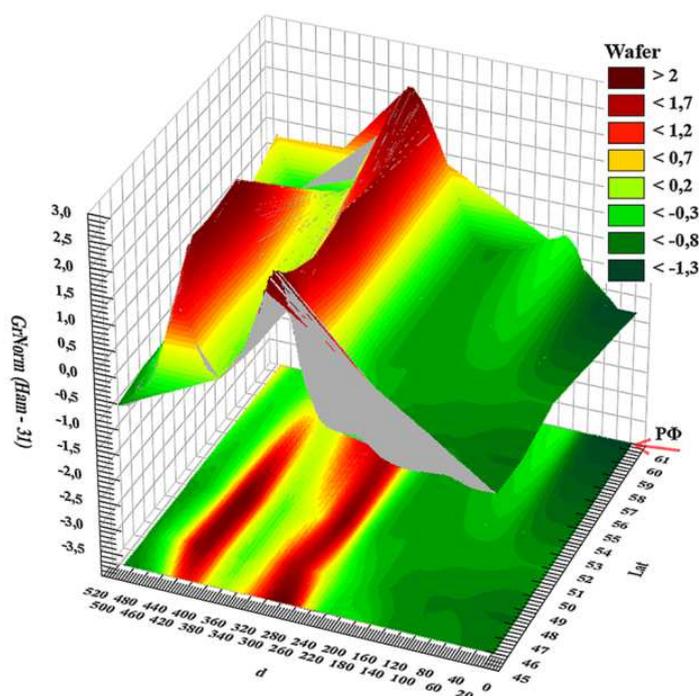
**Рис. 24. 3D визуализация кальдеры подводного вулкана, обнаруженная специалистами научного судна *RV Investigator* на дне Индийского океана на глубине 3100 метров (источник: интернет-портал *The Conversation/ museums victoria*)**



**Рис. 22. Картина изменения нормализованных расчётных величин суточного прироста заболевших *GrNorm* в ареале Восточной Европы по географической широте (Lat)**

Рис. 22 отражает три волны эпидемии *COVID-19*, смещающихся в виде параллельных гребней по оси времени, наличие у второй волны максимальной амплитуды и формирование в текущую фазу процесса новой эпидемической волны в РФ. Наличие отрицательных значений по оси *Z* определяется тем обстоятельством, что к анализу приняты именно нормализованные ряды изучаемых показателей.

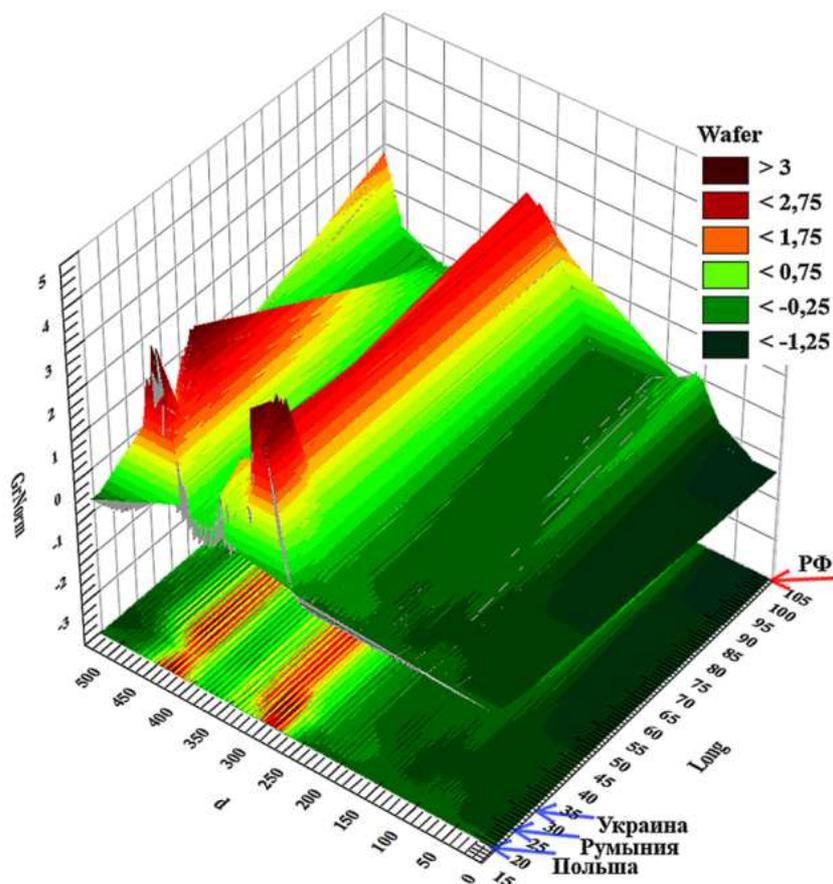
Использование для формирования 2D-3D графической модели не только нормализованных, но и существенно сглаженных рядов, даёт следующую картину поля (рис. 23).



**Рис. 23. Картина изменения нормализованных и сглаженных расчётных величин суточного прироста заболевших *GrNorm* в ареале Восточной Европы**

Согласно рис. 23, т.н. первая волна эпидемии наиболее выражено проявила себя в РФ, по сравнению с государствами Восточной Европы. Амплитудные значения второй, пока наиболее мощной волны – неодинаковы: относительно повышенные амплитудные значения характерны для небогатой Румынии и России, чуть более низкие – для Польши и тесно связанной с ней Украины. Правда, в фазе третьей волны ситуация – обратная рассмотренной: наиболее острая эпидемическая ситуация оказалась локализована именно в ареале Польши и Украины. Признаки приближения четвёртой волны наблюдаются для «трека» Российской Федерации (рис.23, обозначение «стрелка»).

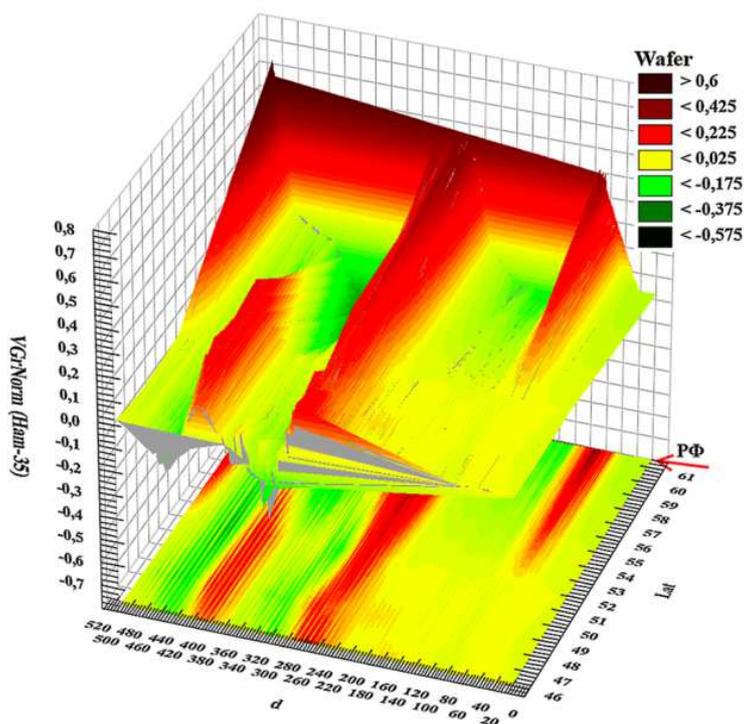
Характер изменения рассматриваемого поля в зависимости от величины географической долготы территорий (*Long*) отражает рис. 25.



**Рис. 25. Картина изменения нормализованных расчётных величин суточного прироста заболевших *GrNorm* в ареале Восточной Европы по географической долготе (*Long*)**

В данном случае модель также отражает наличие нескольких последовательных волн эпидемического процесса, однако, крайне неравномерное распределение данных по пространственной координате (*Long*; обозначение «стрелка») вносит в визуализацию существенные искажения. Правда, «отсутствие» в РФ третьей волны эпидемии выражено нагляднее, по сравнению с первыми моделями.

Нормализованная скорость изменения величины суточного прироста заболевших (*VGrNorm*), сглаженная скользящим окном Р. В. Хэмминга длиной 35 позиций (*Ham-35*), показана на рис. 26. Здесь внимание вновь привлекает выражено *колебательный характер* изменения поля (по сути, в виде комплекса параллельных «даек», или стен). Прорисовку трека РФ следует признать неудачной.

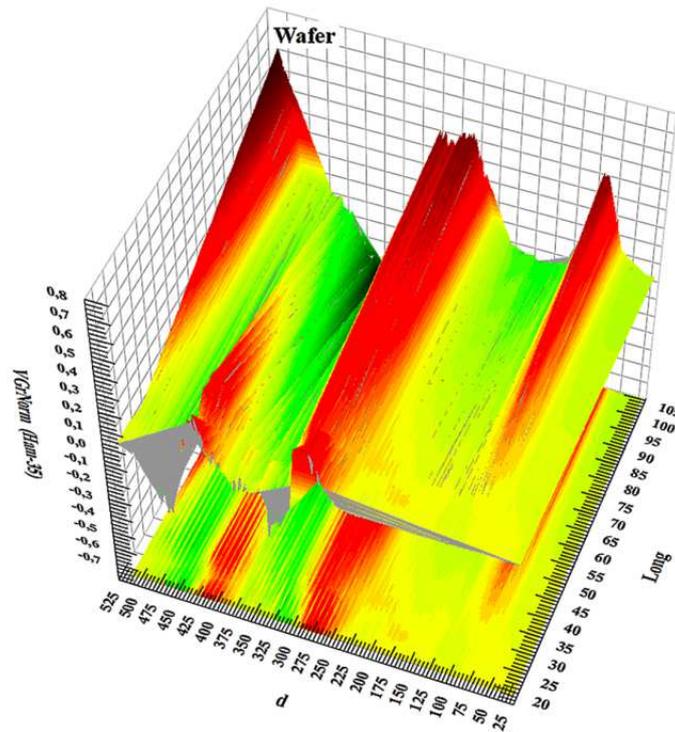


**Рис. 26. Картина изменения нормализованных и сглаженных расчётных величин скорость изменения величины суточного прироста заболевших  $VGrNorm$  в ареале Восточной Европы по географической широте ( $Lat$ )**

Итак, согласно рис. 26, в аспекте указанного индикатора, изучаемое поле социального поведения (согласно К. Левину), демонстрирует колебательный характер для принятых к сопоставлению государств Восточной Европы – Румынии, Украины и Польши. При этом *скорость* прироста заболевших в РФ, оставаясь высокой, по сравнению с другими территориями, возростала с большей дисперсией колебаний, что и затруднилась показать 3D визуализация поля методом *Wafer*, возможно, в силу отсутствия данных по более высокоширотным территориям.

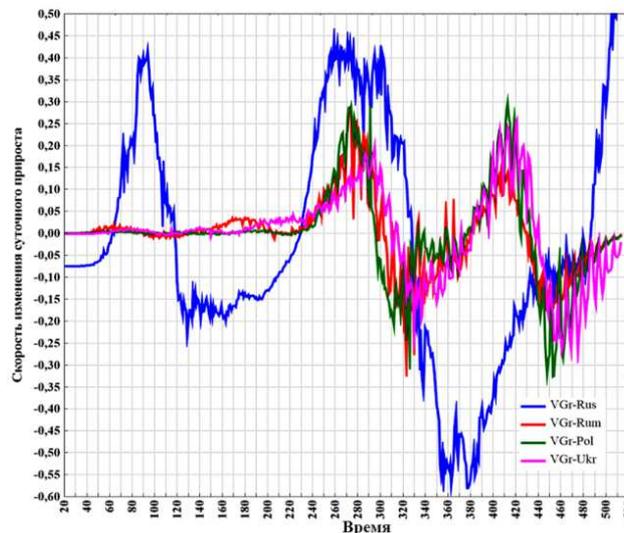
Характер изменения поля  $VGrNorm$  по долготе отражает рис. 27.

Данная визуализация вполне адекватно отразила различия в амплитуде (величине дисперсии) изменения нормализованной скорости прироста числа заболевших в некоторых государствах Восточной Европы. Кроме того, заметна т.н. бимодальность максимальной фазы второй волны в РФ. Тем не менее, вновь отметим весьма различную представительность данных (объёмы выборок) по временной координате ( $d$ ) и по пространственной координате ( $Long$  или  $Lat$ ). В последнем случае программа выполняет грубую интерполяцию всего по четырём позициям. Следствием данного обстоятельства и выступают погрешности визуализации полей.



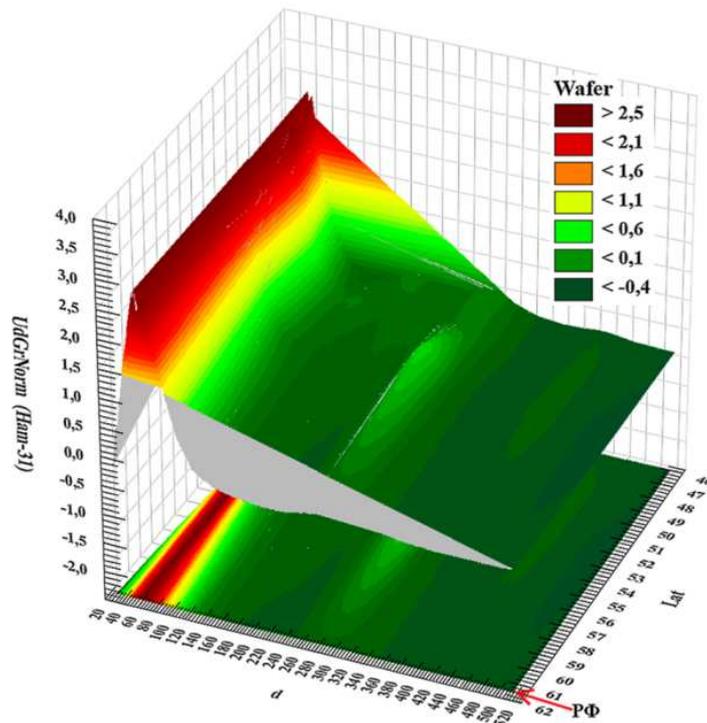
**Рис. 27. Картина изменения нормализованных и сглаженных расчётных величин скорость изменения величины суточного прироста заболевших  $VGrNorm$  в ареале Восточной Европы по географической долготе (Long)**

Напомним, что 1D модели анализируемого параметра поля – графики – выглядели следующим образом (рис. 28).



**Рис. 28. Временной ход нормализованных и сглаженных расчётных величин скорость изменения величины суточного прироста заболевших  $VGrNorm$  в ареале Восточной Европы**

Поле нормализованных и сглаженных значений удельной – в расчёте на одного заболевшего – величины суточного прироста заболеваемости ( $UdGrNorm$ ) представлено на рис. 29. Возможно, в данном случае мы имеем дело с типичным временным ходом удельной скорости прироста очень многих популяций (биологических и биолого-социальных групп), включая процессы становления национальных государств и локальных цивилизаций в целом. В частности, обсуждая последний класс систем, Л.Н. Гумилёв для описания данного процесса использовал литературную метафору «сгорающего костра», который на мгновение, по меркам истории, ярко вспыхивает и медленно затухает, давая, время от времени, более слабые всполохи. При этом удельная скорость изменения числа элементов системы флуктуирует вблизи нулевых значений (см. рис. 29). Так называемая «реликтовая фаза» этногенеза (по Л.Н. Гумилёву; 1 000 – 1 200 лет) может быть обусловлена новой вспышкой энергии, но более слабой, по сравнению с первоначальным импульсом. Подобные параллели самоорганизации биологических систем весьма различного уровня иерархии (вирусная популяция – локальная цивилизация) представляются нам примечательными.

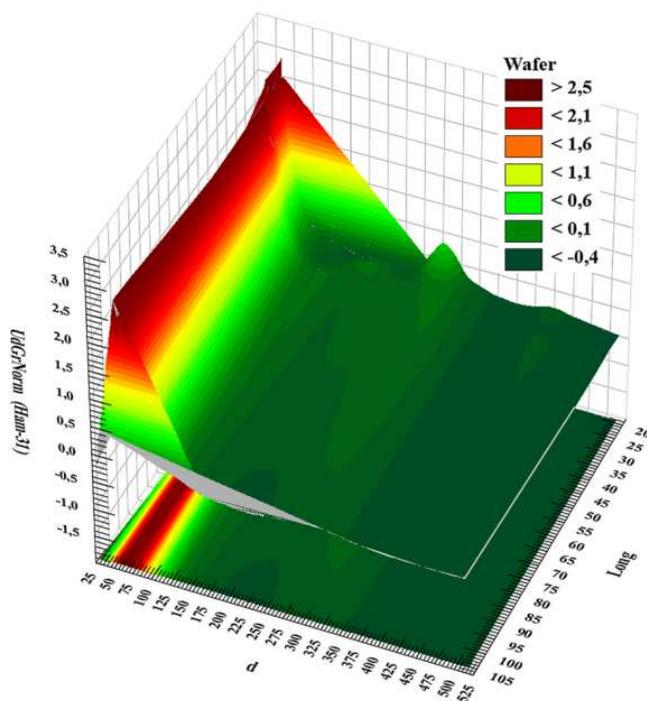


**Рис. 29.** Картина изменения нормализованных и сглаженных расчётных величин удельной величины суточного прироста заболеваемости  $UdGrNorm$  в ареале Восточной Европы по географической широте (Lat)

Изменение поля  $UdGrNorm$  по географической долготе иллюстрирует рис. 30.

Итак, выполненный анализ массива информации, агрегируемой *JHU*, реализация целей и задач исследования, включая формулировку некоторых закономерностей временной и пространственной динамики эпидемиологического процесса распространения *SARS-CoV-2 (COVID-19)* потребовала привлечения не только надёжных данных, эффективных – для данного класса задач – способов и методов их математической обработки, графической визуализации, то есть методологии обработки данных, но и опоры на глубокие основания исследований – как на эмпирические, так и на философские.

В частности, по мнению российского мыслителя А.Г. Дугина, «чтобы понять природу явления, необходимо условный чертёж достроить до объёма, распаковать имплицитно содержащиеся в нём основания и допущения. Только в случае такой распаковки мы получим более или менее ясную картину мира. <...> Для исправления современной... парадигмы <познания> необходимо обратиться к орбитальному мышлению. Только это позволит разрешить весь комплекс глобальных проблем» (Дугин А.Г. Трёхмерный Логос. Задача консервативно-революционной науки заключается в восстановлении иерархии. URL: [https://zavtra.ru/blogs/tryohmernij\\_logos](https://zavtra.ru/blogs/tryohmernij_logos); 04.07.2021).



**Рис. 30.** Картина изменения нормализованных и сглаженных расчётных величин удельной величины суточного прироста заболеваемости *Ud-GrNorm* в ареале Восточной Европы по географической долготе (*Long*)

Следуя этому философскому посылу, в исследовании рассмотрены одномерные (1D), двумерные (2D) и трёхмерные (3D) аналитические и графиче-

ские модели процесса развития пандемии *COVID-19* в ареале Восточной Европы на протяжении 22.01.2020 – 04.07.2021 годов. Содержательная достоверность предложенных закономерностей может быть подтверждена или опровергнута путём сопоставления прогнозных величин и логических выводов с новыми фактическими данными, отражающими перспективные этапы пандемии [1-6].

Так, по заключению руководителя филиала Научного центра вирусологии и биотехнологии «Вектор» Роспотребнадзора (г. Екатеринбург) Александра Семёнова, «пандемии респираторных инфекций обычно длятся два-три года, но нужно понимать, что пандемия <*SARS-CoV-2*> терроризирует весь мир не два года, а полтора... Если будет <достигнут коллективный иммунитет>, тогда, может быть, мы остановим пандемию к концу второго года во всём мире» (В «Векторе» оценили продолжительность «терроризирования» мира пандемией. URL: <https://lenta.ru/news/2021/07/19/pandemia/>).

### Библиографический список

1. Хадарцев А.А., Волков А.В., Кашинцева Л.В. Основания и результаты применения методологии геофизики для разработки моделей социальных полей (на примере заболеваемости *COVID-19*) в РФ// 17-я Международная конференция по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики «Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики»: материалы конференции. Тула: Изд-во ТулГУ, 2021, 568 с. С. 344-352.
2. Хадарцев А.А., Волков А.В., Кашинцева Л.В. Прогноз уровней и временной структуры фаз эпидемиологического процесса *COVID-19* в РФ// 17-я Международная конференция по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики «Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики»: материалы конференции. Тула: Изд-во ТулГУ, 2021, 568 с. С. 353-364.
3. Хадарцев А.А., Волков А.В. Математические модели текущего этапа эпидемии *COVID-19* в России и их особенности// Приоритетные направления развития науки и технологий: доклады XXIX международной науч.-практич. конф.; под ред. В.М. Панарина. Тула: Инновационные технологии, 2021. 234 с. С. 87-97. URL: <http://www.semikonf.ru>.
4. Хадарцев А.А., Волков А.В. Эвристические возможности результатов декомпозиции эпидемического процесса *COVID-19* в России// Современные проблемы экологии: доклады XXVII всероссийской науч.-практич. конф.; под общ. ред. В.М. Панарина. Тула: Инновационные технологии, 2021. URL: <http://www.semikonf.ru>.
5. Волков А.В. Гелиогеофизическая природа сезонной картины заболеваемости человека вирусной этиологии// Современные проблемы экологии: доклады XXVI всерос. науч.-практич. конференции под общ. ред. В.М. Панарина. Тула: Инновационные технологии, 2021. 161 с. С 105-117. URL: <http://www.semikonf.ru>.
6. Хадарцев А.А., Волков А.В. Закономерности пространственной динамики эпидемического процесса *COVID-19* в ареале Восточной Европы// Современные проблемы экологии: доклады XXVII всероссийской науч.-практич. конф.; под общ. ред. В.М. Панарина. Тула: Инновационные технологии, 2021. URL: <http://www.semikonf.ru>.

УДК 316.4.051.2: 316.4.06

А.В. Волков, канд. техн. наук, доц., [wolkow.av@mail.ru](mailto:wolkow.av@mail.ru)

(Россия, Тула, ТулГУ)

## МЕТОД АНАЛИЗА И ПРОГНОЗА СИТУАЦИЙ РАЗВИТИЯ СОЦИАЛЬНЫХ СИСТЕМ И ОПЫТ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ИСТОРИИ МОСКВЫ 1350-2021 ГОДОВ

*Представлены теоретические и прикладные основания исследований в области анализа и прогноза временной динамики социально-исторических процессов формальными (статистическими) методами; заявлен верифицированный рядом расчётов алгоритм обработки рядов общей численности элементов социальных систем; изложены последовательность и основные результаты обработки временного ряда численности населения Москвы; установлены типологические черты ситуаций социально-исторического развития Москвы в 1350-2021 годах; выполнена детализация этих результатов применительно к эпохам 2021-2045 годов, XX и XIX столетий.*

*Ключевые слова: динамика социально-исторических процессов, прогноз, спектральный анализ, ритмы, волны, циклы, ритмодинамика, классификация ритмов развития, статистические методы обработки данных, временные ряды численности населения, ситуации социально-экономического развития, типология ситуаций развития, кризис, война, бифуркация.*

### Введение

В начале XXI века моделирование социально-исторических процессов остаётся эффективным инструментом анализа прошлого и познания будущего. Однако фундаментальное заключение экспертов Римского клуба, согласно которому «устойчивый» мир никогда не станет реальностью, если его невозможно представить, датируется ещё 1970-ми годами. Предвидение должно строиться из идей многих людей, прежде чем примет законченные и привлекательные формы. В физических границах времени и пространства предвидение порождает не только элементы нового знания и поведения, но и новые социальные институты [1].

Анализ социально-исторических процессов, как проявлений мощной геологической силы, имеет глубокую, укоренённую во многих культурах традицию. По мнению С.П. Капицы, «затрагивая все страны и многие стороны жизни, <он> требует междисциплинарного подхода и новых количественных методов изучения». Общая актуальность подобных исследований обусловлена тем, что «явления истории неминуемо отражаются на жизни каждого <человека>, их влияние косвенно, но затрагивает самое существенное – моральные ценности, связь поколений, динамику развития, её повороты и ускорения». По мнению учёного, «крупные периоды, выделяемые историками... в прошлом человечества, могут быть представлены как демографические циклы. В рамках

<этой> теории можно найти глубокие параллели мыслям историков и философов» [2].

Научная дисциплина, выявляющая особенности объекта и предмета исторической науки, её научного и социального статуса, дисциплинарного строения, базовых оснований, способов и методов исследований, известна как методология исторической науки. Как правило, в роли генерального объекта исследований выступает общество, а в качестве предмета – пространственно-временные закономерности развития человечества и его компарментов. Общая цель научного поиска – получение объективных и системных представлений о предпосылках, механизмах и результатах развития конкретной социальной системы. Для этого прибегают к общенаучным и специальным методам исторического познания, включая методы исторической периодизации, диахронического и синхронического анализа, ретроспективных исследований.

Основные принципы циклического истолкования хода истории были сформулированы в работах итальянского философа, одного из основоположников исторического познавательного подхода Джамбаттисты Вико (1668 – 1744) и развиты в трудах О. Шпенглера, А. Тойнби, Н.Я. Данилевского, Л.Н. Гумилёва и других учёных. Согласно этому подходу, процесс возникновения цивилизаций определялся «вызовами» внешней среды. Взаимодействуя со средой, каждая цивилизация проходит стадии формирования, роста, надлома и распада [3-5].

Отдельный предмет исследований обусловлен *развитием* человечества в целом, для которого характерны наиболее устойчивые, или инвариантные, закономерности, проявляющиеся в истории всех народов. Данное направление известно как *всемирная история*. Динамика человечества определяется двумя базовыми механизмами – постепенным накоплением и осмыслением исторического опыта (механизмом наследования), а также путём качественных скачков или культурных революций, одновременно и разграничивающих, и сочленяющих последовательные исторические эпохи (механизмом изменчивости). В ряде исторических ситуаций функцию согласования этих механизмов – по сути, функцию отбора – выполняет Природа, то есть динамика природного окружения социальных систем.

Специфике методов социально-исторического прогнозирования посвящён представительный корпус классических и современных работ. В частности, в подобных исследованиях демографический прогноз определяется «как научно обоснованное представление о демографическом будущем на основе анализа и оценки существующих и будущих изменений демографических тенденций и структур во взаимодействии с социально-экономическими и экологическими изменениями и структурами» [6].

Как правило, в системе прогнозирования различают расчёты, необходимые для планирования каких-либо видов деятельности, прогнозы научного

назначения и прогнозы-предостережения. Последние позволяют обществу избежать драматизации неизбежной ситуации или, напротив, предостеречь от игнорирования демографического фактора. Зачастую демографические *тенденции* рассматривают в качестве независимой переменной, определяющей ряд экологических, экономических и социальных последствий.

Выбор метода прогнозирования зависит от назначения прогноза, объема и качества исходной информации. При наличии полной и достоверной информации применение находят самые сложные методы исчислений, обеспечивающие наибольшую надёжность и детализацию результатов. При минимуме информации и/или её невысоком качестве «перспективные исчисления <социальных параметров> ...осуществляют более простыми методами, например, нанесением на график и экстраполяцией кривой роста, выровненной по временному ряду данных об общей численности <населения>». Особое место в системе прогнозирования занимает *прогноз колебаний* параметров социальных систем [6].

Аналитический приём, согласно которому, исходя из прошлой динамики социальных систем, подбираются функции, наиболее близко описывающие их поведение в перспективе, играет важную роль в социально-историческом прогнозировании. По мнению В.М. Медкова, для этих целей можно воспользоваться различными функциями. «Однако в любом случае эта функция носит эмпирический характер и не существует никакого общего математического закона демографической динамики, хотя стремление вывести такой универсальный закон не покидает... многих математиков. Конкретный вид функции подбирается исходя из вида эмпирической кривой, а также гипотезы о связи численности населения с временем как независимой переменной» [7].

Гипотеза, согласно которой *не существует единственной функции*, с высокой достоверностью и детальностью описывающей ретроспективные данные по численности населения какой-либо территориальной системы на всём временном интервале её существования, представляется нам адекватной. *Выбор типа* формальных моделей социально-исторического развития *и способа* их использования, в значительной мере, определяется основаниями научного познания, разделяемыми исследователем. Критика оснований малопродуктивна. Более значимым выглядит предъявление избранных оснований до проведения расчётов и обсуждения результатов (именно в этом контексте мы понимаем императив В.И. Вернадского «нет науки без философии»). И если этот шаг сделан, то главным предметом критики могут выступать лишь сформулированные на этой базе выводы и практические рекомендации, а также качество использованного научного инструментария.

## Методология исследований

В статье 2005 года в научно-техническом журнале «Безопасность жизнедеятельности» (№ 9) мы отмечали, что, согласно главной идее научного направления *циклическая динамика (ритмодинамика)*, вариации природных и социальных процессов складываются из детерминированных и случайных составляющих, которые могут быть приближены аппроксимирующими функциями – синусом, косинусом или более сложными моделями единичных мод, даже в том случае, если механизмы возникновения колебаний детально не изучены. Тогда задача формального представления процесса и прогноза его временной динамики заключается в наиболее адекватном определении периодов, амплитуд и начальных фаз колебательных составляющих. Наличие близких гармоник в спектрах изучаемых процессов и внешних воздействий на систему обычно истолковывается в пользу их синхронности, возможно, нахождения в отношениях причины и следствия [8].

При изучении пространственно-временной динамики территориальных систем параметром порядка часто признают общую численность её постоянного населения. Формализация связей между компонентами системы, одним из которых является население, предшествует разработке прогноза развития всего природно-территориального комплекса. Поэтому можно сказать, что население – это своеобразный датчик, непрерывно фиксирующий состояние территории, и одновременно важнейший механизм её преобразования. В качестве формального параметра, отражающего как ретроспективные, так и перспективные состояния территорий, нами принимается удельная, то есть в расчете на одного человека, скорость изменения численности населения социальной системы; она исчисляется в долях единицы или процентах.

Итак, *идея работы* заключается в том, что приближение временного ряда удельной скорости изменения населения территориальных систем линейными моделями обеспечивает формальный прогноз численности населения данной территории, а истолкование природы выделенных в спектре ряда колебательных компонент, или единичных мод, позволяет сформулировать заключение о характере предстоящих ситуаций социально-исторического развития, их наиболее общих, типологических чертах [8].

Переход к изучению скорости биолого-социальных процессов приводит к волновой модификации решения классического уравнения Лотки-Вольтерра. Общая идея нашего *алгоритма обработки* эмпирических данных, представленных временными рядами, – следующий [8].

В качестве параметра, обеспечивающего прогноз развития социальных систем и интегрирующего, как мы полагаем, влияние на эти системы совокупности факторов различной природы, принимается скорость изменения численности населения в расчете на одного человека:

$$dN/(N \cdot dt),$$

где  $N$  – численность населения,  $t$  – время.

Такой коэффициент, определенный для идеальной среды без лимитирующих факторов, в экологии именуется репродуктивным потенциалом  $r$ :

$$dN/(N \cdot dt) = r \quad (1)$$

Разность репродуктивного потенциала и скорости роста популяции в реальных условиях служит обобщенной мерой сопротивления среды увеличению численности организмов.

В классическом решении уравнения Лотки-Вольтерра (1), описывающем динамику популяции, величина  $r$  обычно полагается постоянной:

$$\ln(N_t) = \ln(N_0) + r \cdot t \quad (2)$$

В реальных условиях меняющейся среды скорость роста популяции не остается постоянной, а изменяется в зависимости от сочетания биотических и абиотических факторов. В связи с этим решение уравнения приобретает вид:

$$\ln(N_t) = \ln(N_0) + \int r_t d\tau, \quad (3)$$

где  $N_t$  – численность популяции в момент времени  $t$ ;  $N_0$  – численность популяции в начальный момент времени  $t_0$ ;  $r_t$  – репродуктивный потенциал [8].

Репродуктивный потенциал интерпретируют как способность популяции к увеличению численности в оптимальных условиях. Для общества эта способность определяется скоростью потребления ресурсов – вещества, энергии и информации, а также внешними энерго-информационными воздействиями на систему. Поэтому мы полагаем, что репродуктивный потенциал имеет энергетическую природу. По мнению С.П. Капицы, «энергетика прямо отвечает скорости роста, как если бы человечество было машиной» [2]. Как известно, энергетические воздействия характеризуют суммами энергии  $\Sigma E$ , равными величине интеграла вида  $\Sigma E = \int E_t d\tau$ , где  $E_t$  – мощность потока энергии. Поэтому приращение логарифма численности населения, осваивающего ресурсы конкретной территории, определяется выражением аналогичного вида (см. формулу 3).

Исходной базой для проведения расчётов служат регистрации и/или оценки численности населения изучаемой территории за максимально возможный интервал времени, образующие множество  $\{N_d\}$ , где  $d$  – целочисленный номер года. Ограничивающим фактором является различная представительность этих данных.

В частности, как подчёркивал С.П. Капица, необходимо критическое отношение к цифрам, которые вполне добросовестно приводятся в литературе. Наиболее полную сводку данных о населении мира привёл Коэн в 1995 году. Они отражают разброс цифр, полученных из разных источников. Точность

этих данных, особенно до XV века, составляет около 30-50 %, а в более отдалённом прошлом речь может идти только о порядке величин. Достоверность современных демографических данных находится на уровне 3-5 % [2].

Далее методом наименьших квадратов (МНК) определяются коэффициенты  $A_j$  полиномов вида

$$\ln(N) = A_1 x + A_2 x^2 + A_3 x^3 + \dots + A_n x^n + Z,$$

где  $x = \ln(d)$ ;  $n = 5$  (реже 6);  $Z$  – численная константа.

Эти полиномы служат для интерполяции значений временного ряда  $\{N_d\}$ .

Для расчета величин реализуемого репродуктивного потенциала  $r_d$  по значениям интерполированного ряда численности населения социальной системы  $\{N_d\}$  в работе используется разностная модификация уравнения (1):

$$r_d = (N_d)^{-1} \cdot [N_d - N_{(d-1)}] / \Delta d, \quad (4)$$

где  $r_i$  – реализуемый репродуктивный потенциал социальной системы в  $d$ -ом году;  $N_d$  – общая численность населения системы в  $d$ -ом году;  $N_{(d-1)}$  – численность населения в прошлом году, т.е. в данном исследовании  $\Delta d = 1$  год.

Затем определяются энергетический спектр временной последовательности  $\{r_d\}$  и значения численных коэффициентов линейной модели следующего наиболее общего вида:

$$r_{\text{Мод}} = \sum A_i \cdot \cos([2\pi/T_i] \cdot d + B_i) + Q,$$

где  $A_i$ ,  $B_i$ ,  $Q$  – численные коэффициенты;  $T_i$  – периоды гармонических составляющих временной последовательности  $\{r_d\}$ ; суммирование ведется по количеству наиболее важных гармоник в модели  $r_{\text{Мод}}$ , установленных в результате спектрального анализа изучаемых рядов данных.

Математическая система, подчиняющаяся принципу суперпозиции, именуется *линейной* системой.

Согласно [9], приложения спектрального анализа связаны с особенностями реализации двух подходов. Первый именуют частичной селекцией сигнала. Он предполагает преобразование ряда таким образом, чтобы выделить один гармонический процесс и сильно подавить другие. Второй подход основан на корректном расчёте величин периодов всех входящих в сигнал гармоник. Далее определяют величины их амплитуд и начальных фаз методом наименьших квадратов (МНК). Такой подход, имеющий наиболее широкое хождение, называют *оптимальной селекцией сигнала*. При этом временные и пространственные координаты признают равноправными. В наших исследованиях реализуется именно второй вариант анализа данных.

Линейное приближение временного хода расчётных величин  $r_d$  множеством их модельных значений  $r_{\text{Мод}}$ , полученное по базе фактических и уста-

новленных, по сути, методом сплайн-интерполяции оценок численности населения изучаемой социальной системы, позволяет выполнить экстраполяцию временного хода  $r_{\text{Мод}}$  на перспективу и сформулировать прогноз наиболее общих черт предстоящих ситуаций социально-исторического развития.

Ретроспективное описание временного хода численности населения и прогноз величин  $N_d$  обеспечивает модель вида:

$$\ln(N_d) = \ln(N_0) + \int [\sum (A_i \cdot \cos([2\pi/T_i] \cdot d + B_i) + Q] dd, \quad (5)$$

где интегрирование ведется по значениям  $d$ .

Примечательно, что динамику широкого набора систем из мира неживой, живой и социальной природы описывают сходные модели, причем их конструкция обусловлена коллективным поведением элементов системы [8].

Оператор интегрирования в модели (5) отражает тот факт, что перспективные состояния социальных систем определяются суммой накопленных результатов в прошлом или иначе – наличием причинно-следственных связей между прошлыми и будущими состояниями систем. Безусловно, данная позиция имеет как своих сторонников, так и противников. Мы не приводим эту аргументацию в силу ограниченности объема публикации [8].

Укажем повторно, что данный алгоритм трансформации исходных данных был заявлен нами в публикации 2005 года, а опыт его применения накапливается с 2003 года. Ныне необходимости внесения принципиальных корректив в данный алгоритм мы не видим.

### Последовательность и результаты обработки исходных данных

Исходные для расчётов данные заимствованы из соответствующей статьи в Википедии ([https://ru.wikipedia.org/wiki/Население\\_Москвы](https://ru.wikipedia.org/wiki/Население_Москвы)), обобщающей информацию Федеральной службы государственной статистики и её московского подразделения (<https://mosstat.gks.ru>), приводимые на 1 января каждого года, следующего за учётным, результаты всесоюзных и всероссийских переписей населения, данные численности населения Российской Федерации по муниципальным образованиям (в т.ч. представленные в архиве ресурса [www.demoscope.ru](http://www.demoscope.ru)), информацию опубликованных источников, например, результатов переписи Москвы 1902 года (издание Статистического отдела Московской городской управы, 1904-1906); статьи М.Б. Денисенко, А.В. Степановой «Динамика численности населения Москвы за 140 лет» (Вестник Московского университета, серия 6 «Экономика», № 3, 2013; <http://www.demoscope.ru/weekly/2016/0689/analit03.php>) и иных.

Перспективны для анализа данные об общей численности населения Великого Новгорода ([https://ru.wikipedia.org/wiki/Великий\\_Новгород](https://ru.wikipedia.org/wiki/Великий_Новгород)) и других древних городов России.

С учётом заключения С.П. Капицы, согласно которым «точность этих данных, особенно до XV века, составляет около 30-50 %, а в более отдаленном прошлом речь может идти только о порядке величин; достоверность современных демографических данных находится на уровне 3-5 %» [2], мы допускаем, что небольшие расхождения в оценке общей численности изучаемой системы в том или ином году 2-3 последних столетий истории не скажутся критическим образом на параметрах формируемых моделей процессов и прогнозных заключениях. Безусловно, вопрос об адекватности более ранних данных остаётся открытым.

Массив данных об общей численности населения Москвы включает первое значение численности ( $d = 1$ ), соответствующее 1350 году, и последнее значение ( $d = 672$ ), соответствующее 1 января 2021 года. Поэтому для всего ряда выполняется соотношение  $Year = d + 1349$ , например, 2021 год = 1349 + 672.

Как уже сказано, на начальном этапе исследований выполнялось приближение степенными полиномами (до 5-6 степени;  $A_1...A_5$  – численные коэффициенты моделей) ряда величин натуральных логарифмов общей численности населения Москвы с достижением значения индекса корреляции  $R$  единицы (сплайн-интерполяция) или максимально возможной величины. Аргументом этих моделей выступает натуральный логарифм  $d$ , т.е. номера позиции в ряду данных. Полученные фрагменты ряда интерполированных значений общей численности населения обозначены  $MosInt1$ ,  $MosInt2$ ,  $MosInt3$ , ...,  $MosInt24$  (всего – 24 фрагмента).

Укажем, что для целей количественной характеристики результатов корреляции двух или более изучаемых параметров применяют группу показателей тесноты связи между выборками (явлениями), в том числе:

- коэффициент линейной корреляции ( $r$ );
- коэффициент детерминации ( $d_r = r^2 \times 100 \%$ ;  $d_R = R^2 \times 100 \%$ ; показывает, какая доля общей дисперсии изучаемого признака объясняется влиянием факторов, включённых в уравнение регрессии);
- эмпирическое корреляционное отношение ( $\eta$ );
- теоретическое корреляционное отношение, или индекс корреляции ( $R$ ; используется для характеристики связи параметров при любой её форме; чем ближе величина  $R$  к единице, тем связь между признаками сильнее) и другие.

Примеры результатов расчёта численных коэффициентов интерполяционных полиномов и величин индекс корреляции  $R$  приведены в табл. 1. Используемая максимальная степень полинома отражена индексом последнего параметра  $A_i$ , а количество фактических позиций численности населения (но не интервала лет!), охватываемое данной интерполяцией, соответствует значению  $N$ .

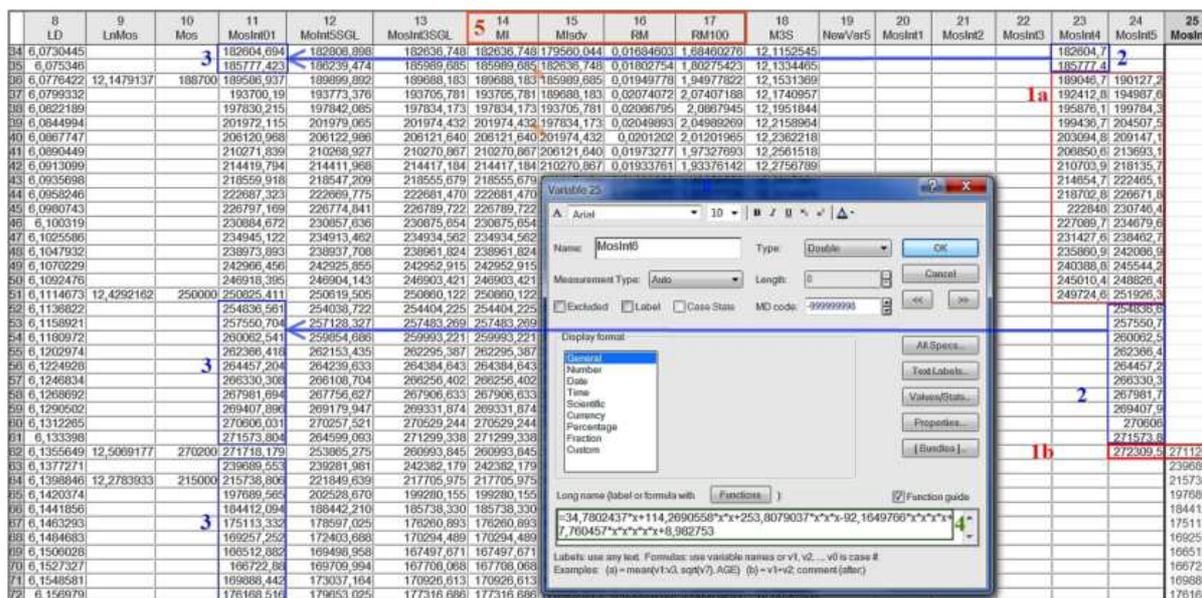
Таблица 1

Характеристики интерполяционных полиномов

<b>MosInt1</b>	Model: $y=A1*x+A2*x^2+A3*x^3+A4*x^4+A5*x^5+Z$ (DinamNasel-21 -1) Dep. var: y Loss: (OBS-PRED)**2 Final loss: 0,000000000 R= 1,0000 Variance explained: 100,00% 1350...1638 годы						
N=4	A1	A2	A3	A4	A5	Z	
<b>Estimate</b>	0,093773	0,177533	0,140031	-0,089419	0,010677	10,30895	
<b>MosInt2</b>	Model: $y=A1*x+A2*x^2+A3*x^3+A4*x^4+A5*x^5+Z$ (DinamNasel-21 -1) Dep. var: y Loss: (OBS-PRED)**2 Final loss: ,000081345 R= ,99984 Variance explained: 99,968% 1600...1725 годы						
N=5	A1	A2	A3	A4	A5	Z	
<b>Estimate</b>	-99,3235339	-120,5599464	81,9878053	-15,2211354	0,901539	-45,2434850	
<b>MosInt3</b>	Model: $y=A1*x+A2*x^2+A3*x^3+A4*x^4+A5*x^5+Z$ (DinamNasel-21 -1) Dep. var: y Loss: (OBS-PRED)**2 Final loss: 0,000000000 R= 1,0000 Variance explained: 100,00% 1725...1750 годы						
N=3	A1	A2	A3	A4	A5	Z	
<b>Estimate</b>	-0,086097	-0,328952	-0,867116	0,375207	-0,035344	-0,018966	
<b>MosInt4</b>	Model: $y=A1*x+A2*x^2+A3*x^3+A4*x^4+A5*x^5+Z$ (DinamNasel-21 -1) Dep. var: y Loss: (OBS-PRED)**2 Final loss: ,000008779 R= ,99998 Variance explained: 99,997% 1738...1800 годы						
N=5	A1	A2	A3	A4	A5	Z	
<b>Estimate</b>	543,8226789	739,0920475	-460,2558752	80,8771805	-4,5651683	238,7202175	
<b>MosInt5</b>	Model: $y=A1*x+A2*x^2+A3*x^3+A4*x^4+A5*x^5+Z$ (DinamNasel-21 -1) Dep. var: y Loss: (OBS-PRED)**2 Final loss: ,000000000 R= 1,0000 Variance explained: 100,00% 1785...1811 годы						
N=3	A1	A2	A3	A4	A5	Z	
<b>Estimate</b>	-1,59453	-5,23629	-11,6379	4,279548	-0,363069	-0,411980	
<b>MosInt6</b>	Model: $y=A1*x+A2*x^2+A3*x^3+A4*x^4+A5*x^5+Z$ (DinamNasel-21 -1) Dep. var: y Loss: (OBS-PRED)**2 Final loss: ,000000000 R= 1,0000 Variance explained: 100,00% 1811...1825 годы						
N=3	A1	A2	A3	A4	A5	Z	
<b>Estimate</b>	34,7802437	114,2690558	253,8079037	-92,1649766	7,760457	8,982753	
<b>MosInt7</b>	Model: $y=A1*x+A2*x^2+A3*x^3+A4*x^4+A5*x^5+Z$ (DinamNasel-21 -1) Dep. var: y Loss: (OBS-PRED)**2 Final loss: ,000000000 R= 1,0000 Variance explained: 100,00% 1825...1835 годы						
N=3	A1	A2	A3	A4	A5	Z	
<b>Estimate</b>	-14,0261294	-42,5117932	-82,5912736	30,3177726	-2,5517238	-3,81972	
<b>MosInt23</b>	Model: $y=A1*x+A2*x^2+A3*x^3+A4*x^4+A5*x^5+Z$ (DinamNasel-21 -1) Dep. var: y Loss: (OBS-PRED)**2 Final loss: ,000000000 R= 1,0000 Variance explained: 100,00% 1976...1982 годы						
N=3	A1	A2	A3	A4	A5	Z	
<b>Estimate</b>	5,4003097	17,2380559	35,8277996	-12,4227457	0,998753	1,394397	
<b>MosInt24</b>	Model: $y=A1*x+A2*x^2+A3*x^3+A4*x^4+A5*x^5+A6*x^6+Z$ (DinamNasel-21 -1) Dep. var: y Loss: (OBS-PRED)**2 Final loss: ,000000021 R= 1,0000 Variance explained: 99,999% 1982...1986 годы						
N=3	A1	A2	A3	A4	A5	A6	Z
<b>Estimate</b>	1,1009497	-8,4128541	-27,8635677	-72,5621838	24,6204232	-1,9641167	-0,255869

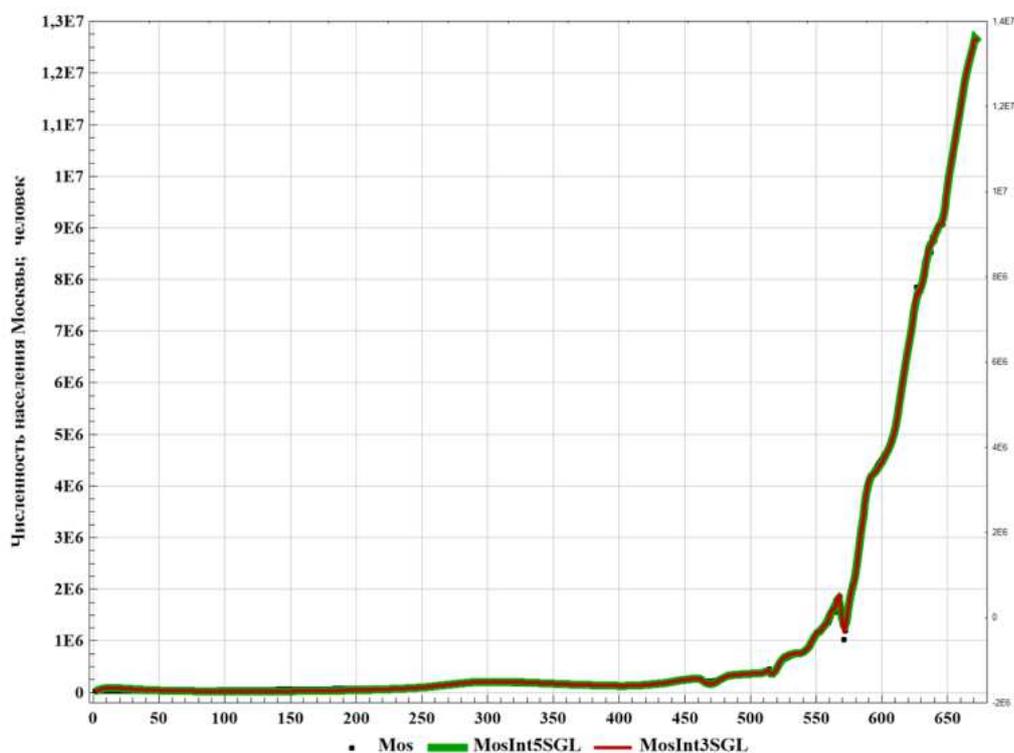
Далее все фрагменты объединялись в один массив данных. При этом в области перекрытия двух фрагментов принимались значения, средние по этим моделям:  $(y_1 + y_2) / 2$ .

Полученный массив значений сглаживался скользящим средним окном длиной 3 и 5 позиций. Результатом сглаживания явились переменные *MosInt3SGL* и *MosInt5SGL*, где обозначение «Int» свидетельствует, что речь ведётся уже об интерполированном ряде, а обозначение «SGL», – что ряд интерполированных значений подвергался сглаживанию в целях «смягчения» оставшихся элементов перекрытий соседних фрагментов (рис. 1).



**Рис. 1. Элементы структурирования базы данных об общей численности населения: 1a – интервал перекрытия последовательных фрагментов интерполяционных многочленов *MosInt4* и *MosInt5*; 1b – единичная позиция перекрытия интерполяционных многочленов *MosInt5* и *MosInt6* (в итоговый ряд входят средние величины по интервалам и единичным позициям); 2 – величины общей численности населения, полученный сплайн-интерполированием исходных данных (*Mos*) и включённые в результирующий ряд (*MosInt01*) без каких-либо трансформаций (обозначение «стрелка», 3); 4 – интерполяционный многочлен фрагмента *MosInt6*; 5 – трансформация итогового ряда для расчёта величины удельной скорости изменения общей численности населения (*MI* – величина численности населения, сглаженная скользящим окном длиной три позиции,  $13 = 14$ ; ряд, смещённый на один шаг вперёд по оси времени, *MIsdv*; *RM* – удельная скорость изменения численности населения, доли единицы; *RM100* – удельная скорость, %); *LD* – величина натурального логарифма номера позиции в ряду данных ( $d = 1$  соответствует 1350 году); *LnMos* – величина натурального логарифма общей численности населения Москвы**

Графики изменения общей численности населения Москвы в интервале 1350...2021 годов представлены на рис. 2.



**Рис. 2. Рост общей численности населения Москвы в интервале 1350-2021 годов ( $Year = d + 1349$ )**

Согласно рис. 2, по сути, лишь одна позиция исходного массива данных ( $N = 671$ ) не получила адекватного формального описания. Поэтому результат первого шага следует признать адекватным.

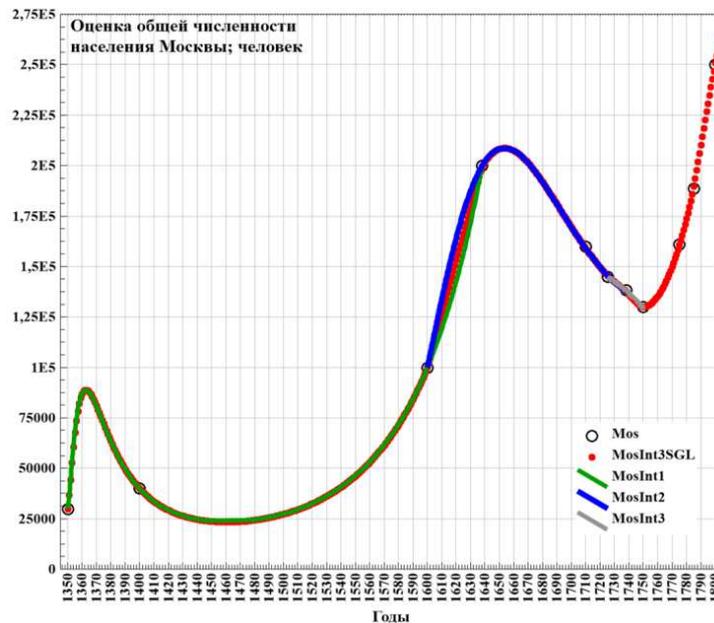
Примем к дальнейшему обсуждению ряд минимально сглаженных интерполированных значений общей численности населения Москвы  $MosInt3SGL$  ( $M3S$ ).

Временной ход рядов *натурального логарифма* фактических и модельных значений ( $MosInt3SGL$ ) общей численности населения Москвы представлен на рис. 3.



**Рис. 3. Картина временной динамики общей численности населения Москвы, исчисляемой в величинах её натуральных логарифмов, в интервале 1350-2021 годов ( $Year = d + 1349$ )**

Использование набора перекрывающихся фрагментов, приближающих общую численность населения Москвы, для получения массива интерполированных значений иллюстрирует рис. 4.



**Рис. 4. Пример перекрытия последовательных фрагментов рядов интерполированных значений, в совокупности образующих полный ряд, подлежащий дальнейшей трансформации**

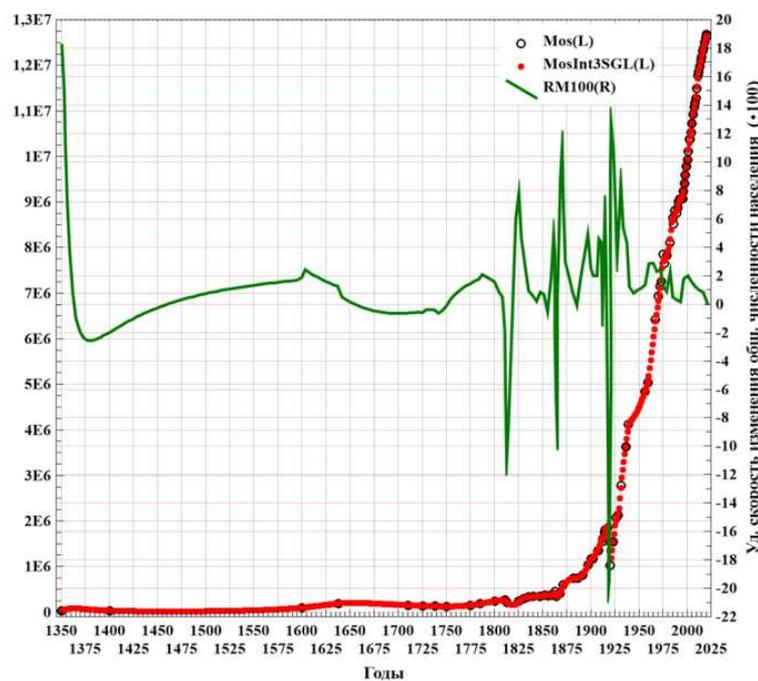
На рис. 4 представлена локализация и взаимное перекрытие первых трёх фрагментов из полного набора 24-х фрагментов, ход результирующего ряда *MosInt3SGL* и фактические значения, используемые для расчёта, обозначенные *Mos* и символом «○».

По данным ряда *MosInt3SGL* (см. рис. 4) рассчитываются величины удельной – в расчёте на одного человека – скорости изменения численности Москвы ( $r_i$ ) по формуле общего вида

$$r_i = (N_i)^{-1} \cdot [N_i - N_{(i-1)}] / [t_i - t_{(i-1)}],$$

где  $\Delta t = 1$  год.

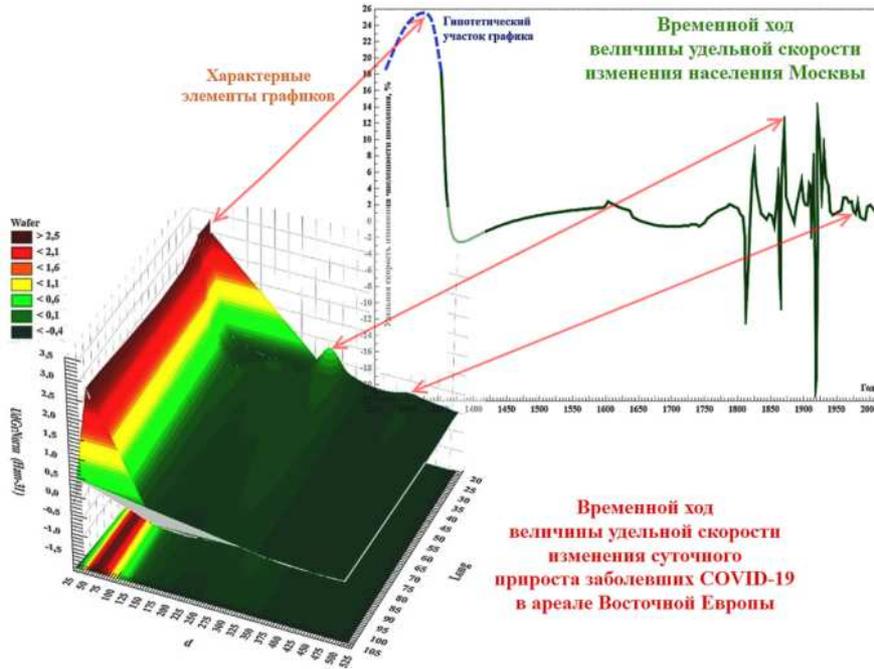
Временной ход расчётного ряда удельной скорости изменения общей численности населения Москвы представлен на рис. 5.



**Рис. 5. Временной ход ряда интерполированных значений численности населения Москвы (ось – слева) и ряда величин удельной скорости изменения численности населения (%)**

На рис.5 показан ход ряда скоростей, умноженных на 100, т.е. исчисляемых в процентах (ось – справа), а не в долях единицы, подобно исходному ряду скоростей.

Геометрическое и, видимо, содержательное подобие представлений временного хода удельной скорости изменения общего числа элементов различного рода биолого-социальных систем отражает рис. 6.



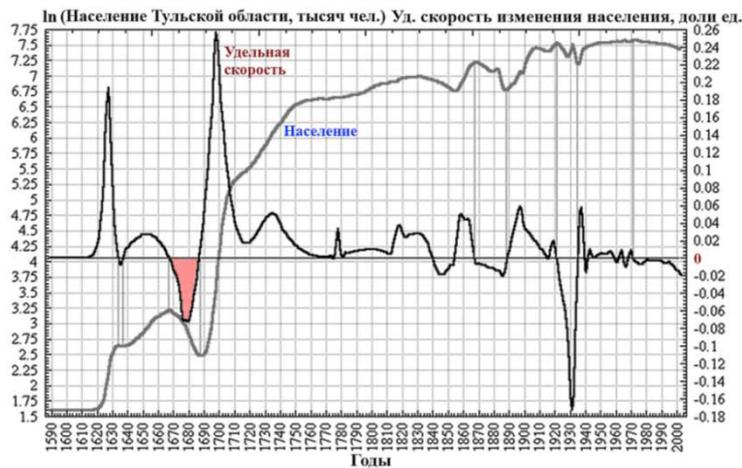
**Рис. 6. Фрактальность картины временной динамики удельной скорости изменения числа элементов биологических и биолого-социальных систем различного рода**

Итак, согласно рис. 6, в результате формальной обработки эмпирических данных получен типичный временной ход удельной скорости изменения масштабов многих популяций – биологических и биолого-социальных групп, включая процессы становления национальных государств и локальных цивилизаций в целом. В частности, обсуждая последний класс систем, Л.Н. Гумилёв для описания данного процесса использовал литературную метафору «сгорающего костра», который на мгновение, по меркам истории, ярко вспыхивает и медленно затухает, давая, время от времени, более слабые всполохи. При этом удельная скорость изменения числа элементов системы, в большей или меньшей степени, флуктуирует вблизи нулевых значений. Так называемая «реликтовая фаза» этногенеза (по Л.Н. Гумилёву; 1 000 – 1 200 лет) может быть обусловлена новой вспышкой энергии, но более слабой, по сравнению с первоначальным импульсом. Подобные параллели самоорганизации систем весьма различного уровня иерархии (вирусная популяция – локальная цивилизация) представляются нам примечательными.

В частности, в работе «География этноса в исторический период» Л.Н. Гумилёв писал: «кроме отвергнутых форм движения... <поступательной и вращательной>, есть ещё колебательная – затухающее звучание струны после щипка или маятника после толчка. Растрата энергии импульса от соприкосновения вмещающей среды и её рассеивание – это диссипация, которую мы наблюдаем в биосфере Земли. Биоценозы, да и этносы, возникают внезапно,

образуют экосистемы и медленно рассеивают биохимическую энергию живого вещества, описанную В.И. Вернадским. В этом аспекте этническая история... составляет часть биосферы» [4, с. 238, 240]. Как следствие, «социальная и этническая история не подменяют друг друга, а дополняют наше представление о процессах, происходящих на поверхности Земли, где сочетаются «история природы и история людей»» [4, с. 45].

Гипотезе фрактальности картины временной динамики удельной скорости изменения числа элементов биологических и биолого-социальных систем различного рода не противоречат результаты наших расчётов, выполненных в 2004-2006 годах (рис. 7-8) [10-14]

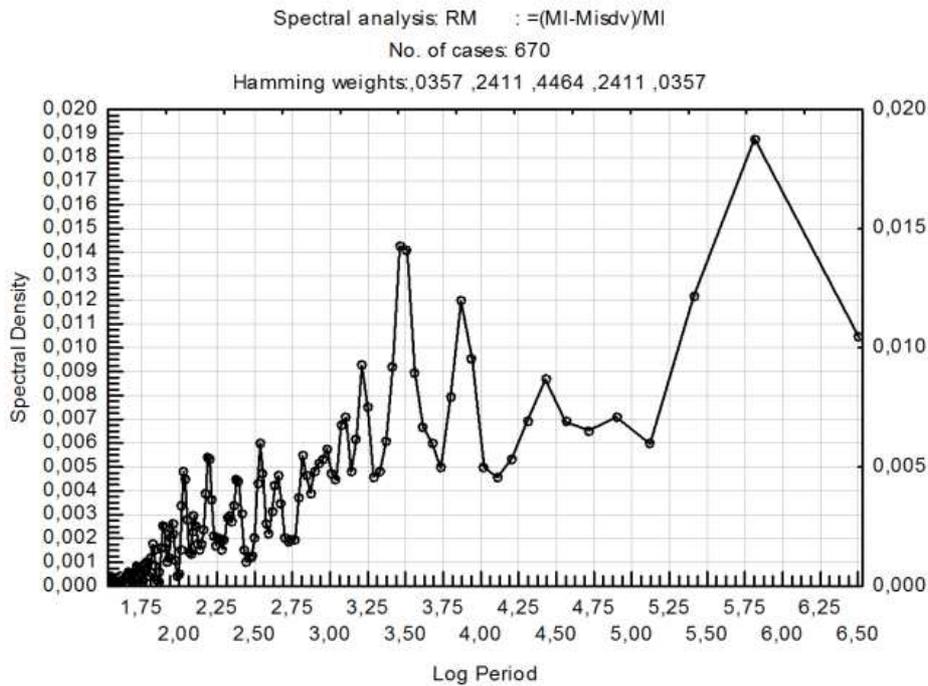


**Рис. 7. Временной ход общей численности населения Тульского края и удельной скорости изменения численности социальной группы**



**Рис. 8. Временной ход общей численности населения континентальной части США и удельной скорости изменения численности данной социальной группы, начиная с 1630 года (ось – справа) и с 1899 года (ось – слева)**

Таким образом, на данном этапе исследований результатом трансформации исходных данных выступает ряд *сглаженных* величин ряда *интерполированных* значений *удельной скорости* изменения населения Москвы в 1350...2021 годах (параметр *RM*, исчисляемый в долях единицы). Результаты предварительного спектрального анализа данного ряда показаны на рис. 9.



**Рис. 9. График функции спектральной плотности ряда *RM* (аргумент – величины натуральных логарифмов периодов колебательных мод, на которые приходится максимальная доля общей дисперсии, или энергии, ряда)**

Удалим ряда величин удельной скорости изменения численности населения Москвы (*RM*) нелинейный тренд и колебательную моду, на которую приходится максимальная доля общей дисперсии ряда ( $T = 335,0$  лет;  $2\pi/T = 0,01876$ ). Величины численных коэффициентов модели тренда представлены в табл. 2, а временной ход тренда – на рис. 10.

Общий вид модели тренда (далее индексируется *RMod* или *RM1m*) таков

$$RMod = A1 / (B1 + \exp(C1 \cdot z)) \times \cos(0,0187558 \cdot z + B2) + Q,$$

где  $z$  – величины натурального логарифма  $d$ .

Таблица 2

Величины численных коэффициентов модели тренда

N=671	Model: $RM=A1/(B1+\exp(C1*z))*\cos(0,0187558*z+B2)+Q$ (DinamNasel-21 -1)				
	Dep. var: RM Loss: (OBS-PRED)**2 Estimation method: Hooke-Jeeves and quasi-Newton				
	Final loss: ,350009990 R= ,56861 Variance explained: 32,332%				
	A1	B1	C1	B2	Q
Estimate	0,0044947	0,0053774	-2,6415822	-1,9079839	0,1994280

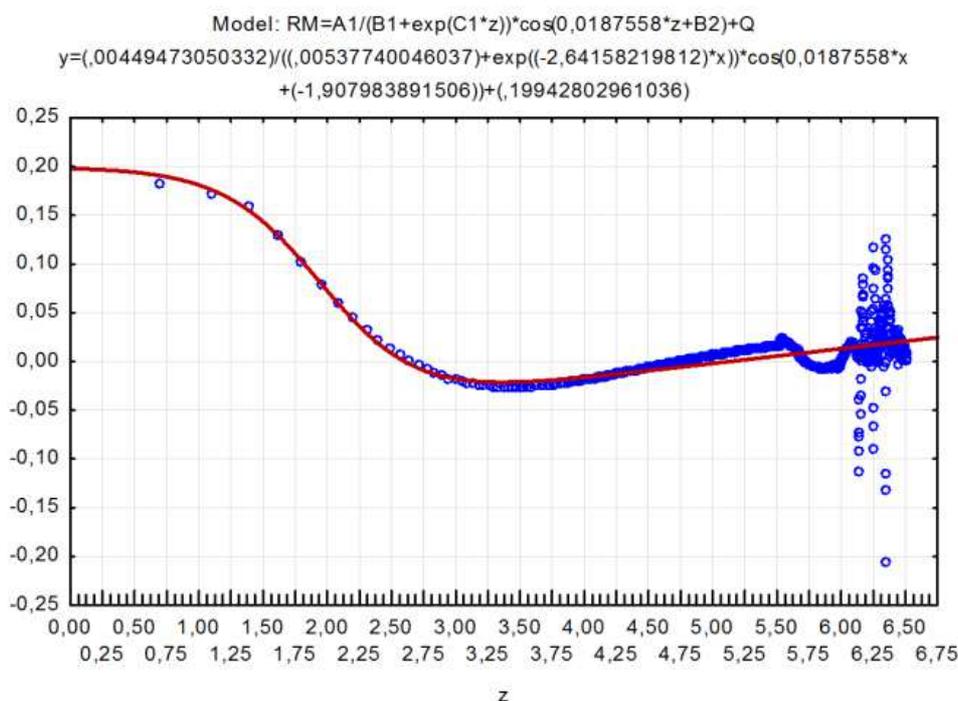
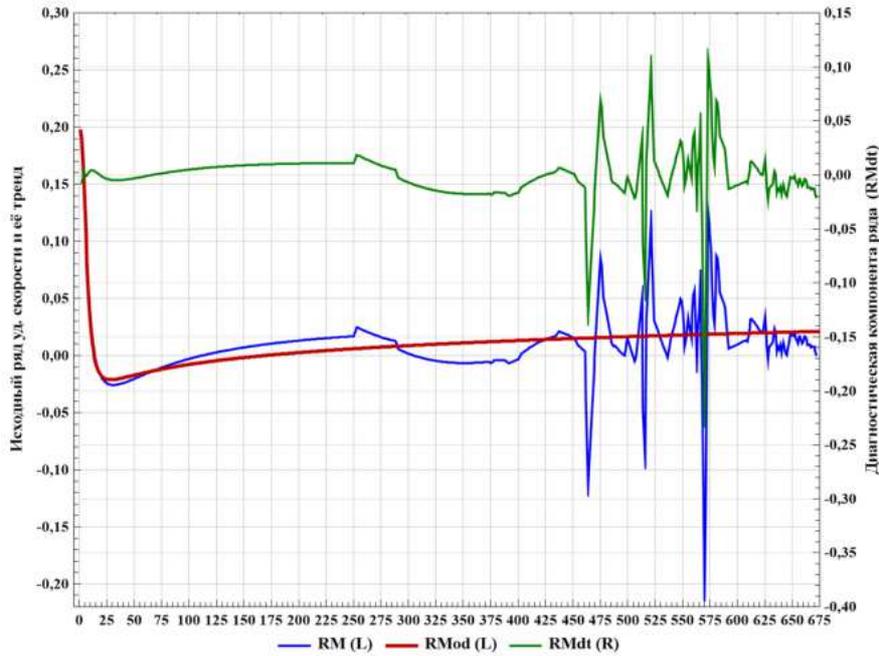


Рис. 10. График тренда ряда *RM*

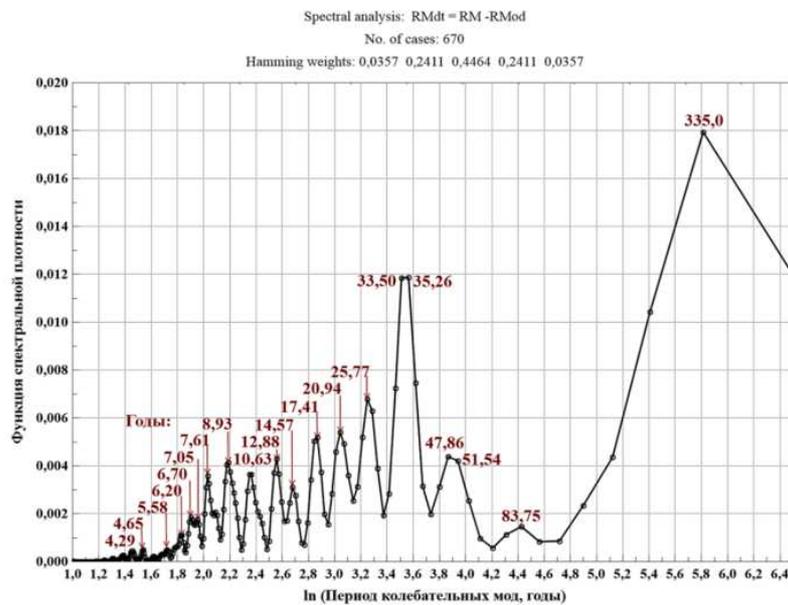
В целом, представленная на рис. 10 модель тренда – вполне адекватна, однако, выраженный восходящий тренд в финальной фазе ряда вызывает некоторые сомнения (даже с учётом того обстоятельства, что часть дисперсии процесса будет приближаться диагностической компонентой ряда). Тем не менее, примем к обсуждению данную модель тренда, а в дальнейшем, при необходимости, скорректируем наши действия.

Вычтем из исходного ряда *RM* величины его трендовой компоненты *RMod* ( $=RMIm$ ; т.е. выполняем «детрендинг» исходного ряда). Результатом является ряд *RMdt*, выполняющий функции диагностической компоненты *RM* (рис. 11).



**Рис. 11. Временной ход исходного ряда  $RM$ , его тренда  $RMod$  и диагностической компоненты  $RMdt$**

Результаты спектрального анализа ряда  $RMdt$  (« $dt$ » – детрендинг) в форме графика функции спектральной плотности показаны на рис. 12, а в виде списка расчётных величин периодов колебательных мод – в табл. 3.



**Рис. 12. График функции спектральной плотности диагностической компоненты ряда удельных скоростей изменения населения Москвы (на график вынесены расчётные периоды колебательных мод в годах)**

Итак, несмотря на ранее выполненные преобразования, мода  $T = 335$  лет продолжает фигурировать в спектральной картине изучаемого ряда.

**Таблица 3**

**Расчётные величины периодов блока колебательных мод ряда  $RMdt$**

Spectral analysis: RMDT : =RM-RM1m			
No. of cases: 670 (DinamNasel-21 -1)			
	Frequency	Period	Density
			Hamming Weights
0	0,000000		0,005753
1	0,001493	670,0000	0,011884
2	0,002985	335,0000	0,017940
3	0,004478	223,3333	0,010436
4	0,005970	167,5000	0,004366
5	0,007463	134,0000	0,002334
6	0,008955	111,6667	0,000852
7	0,010448	95,7143	0,000824
8	0,011940	83,7500	0,001470
9	0,013433	74,4444	0,001123
10	0,014925	67,0000	0,000552
11	0,016418	60,9091	0,000959
12	0,017910	55,8333	0,002543
13	0,019403	51,5385	0,004207
14	0,020896	47,8571	0,004386
15	0,022388	44,6667	0,003135
16	0,023881	41,8750	0,001975
17	0,025373	39,4118	0,003145
18	0,026866	37,2222	0,007462
19	0,028358	35,2632	0,011861
20	0,029851	33,5000	0,011853
21	0,031343	31,9048	0,007240
22	0,032836	30,4545	0,002822
23	0,034328	29,1304	0,001925
24	0,035821	27,9167	0,003896
25	0,037313	26,8000	0,006293
26	0,038806	25,7692	0,006792
27	0,040299	24,8148	0,005197
28	0,041791	23,9286	0,003123
29	0,043284	23,1034	0,002541
30	0,044776	22,3333	0,003586
31	0,046269	21,6129	0,004926
32	0,047761	20,9375	0,005402
33	0,049254	20,3030	0,004585
34	0,050746	19,7059	0,002840
35	0,052239	19,1429	0,001559
36	0,053731	18,6111	0,001972

Таким образом, спектр ряда  $RMdt$  характеризуют следующие основные периоды (годы): 1) 335,0; 2) 83,750; 3) 49,698; 4) 34,382; 5) 25,769; 6) 20,938; 7) 17,406; 8) 14,565; 9) 12,885; 10) 10,635; 11) 8,933; 12) 7,614; 13) 6,876; 14) 6,204; 15) 5,583; 16) 4,653; 17) 4,295 (величины выделенных периодов получены как полусумма периодов сближенных колебательных мод).

Приблизим диагностическую часть ряда удельной скорости  $RMdt$  линейной моделью, учитывающей следующий набор периодов: 1) 335,0; 2) 83,750; 3) 49,698; 4) 34,382; 5) 25,769; 6) 20,938; 7) 17,406; 8) 14,565; 9) 12,885; 10) 10,635; 11) 8,933; 12) 7,614; 13) 4,653.

В наиболее общем виде тестируемая модель диагностической компоненты такова:

$$\begin{aligned}
 RMdt = & A1 \cdot \cos(0,018756 \cdot d + B1) + A2 \cdot \cos(0,075023 \cdot d + B2) + \\
 & + A3 \cdot \cos(0,126428 \cdot d + B3) + A4 \cdot \cos(0,182748 \cdot d + B4) + \\
 & + A5 \cdot \cos(0,243825 \cdot d + B5) + A6 \cdot \cos(0,300092 \cdot d + B6) + \\
 & + A7 \cdot \cos(0,360986 \cdot d + B7) + A8 \cdot \cos(0,431383 \cdot d + B8) + \\
 & + A9 \cdot \cos(0,487651 \cdot d + B9) + A10 \cdot \cos(0,590808 \cdot d + B10) + \\
 & + A11 \cdot \cos(0,703344 \cdot d + B11) + A12 \cdot \cos(0,825258 \cdot d + B12) + \\
 & + A13 \cdot \cos(1,350409 \cdot d + B13) + Q
 \end{aligned}$$

Величины её численных коэффициентов приведены в табл. 4.

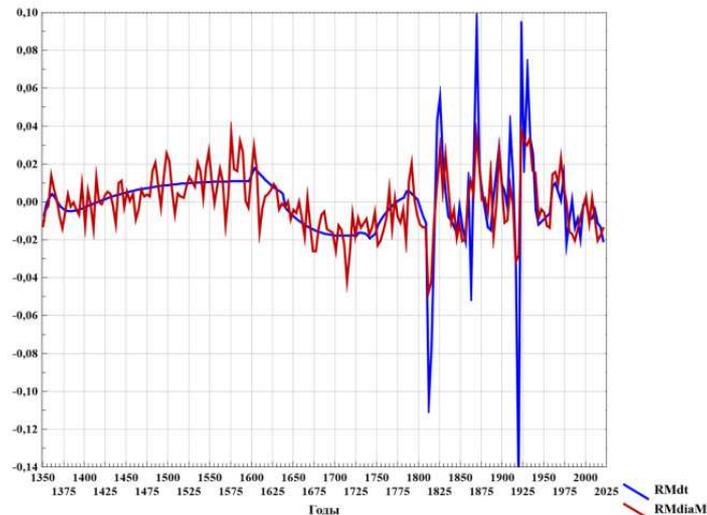
Таблица 4

**Величины численных коэффициентов модели  
диагностической компоненты «длинного» ряда**

Model: RMdt=A1*cos(-0,004849*d+1,665617)*cos(0,018756*d+B1... (DinamNasel-21 -1)												
Dep. var: RMdt Loss: (OBS-PRED)**2												
Final loss: ,196505565 R= ,66217 Variance explained: 43,847%												
N=671	A1	B1	A2	B2	A3	B3	A4	B4	A5	B5	A6	B6
Estimate	-0,016574	-1,22273	0,009655	-1,84925	0,012390	-1,284991	0,008168	0,399447	-0,013610	1,295401	0,005438	1,97353
Model: RMdt=A1*cos(-0,004849*d+1,665617)*cos(0,018756*d+B1... (DinamNasel-21 -1)												
Dep. var: RMdt Loss: (OBS-PRED)**2												
Final loss: ,196505565 R= ,66217 Variance explained: 43,847%												
N=671	B6	A7	B7	A8	B8	A9	B9	A10	B10	A11	B11	
Estimate	1,973531	0,009837	-0,687576	-0,003111	0,618863	-0,003706	-0,500543	-0,005904	2,521562	-0,004575	1,75713	
	A12	B12	A13	B13	A14	M	N	Q				
	-0,003370	1,298060	-0,003504	2,483020	-0,000055	0,122553	0,375819	-0,000938				

Результатом последнего шага обработки эмпирических данных является линейная модель диагностической компоненты ряда удельных скоростей изменения численности населения Москвы, начиная с 1350 года (по 1 января 2021 года;  $d = 1...672$ ), который условно будем именовать «длинным рядом» с тем, чтобы отличать его от варианта формального описания, охватывающего интервал 1750...2021 годы («короткого ряда»). В ходе дальнейшей интерпретации полученных результатов единичные колебательные моды (при необходимости, осложнённые амплитудной и фазовой модуляциями), в совокупности формирующие модели «длинного» и «короткого» рядов, будут представлены в отчёте.

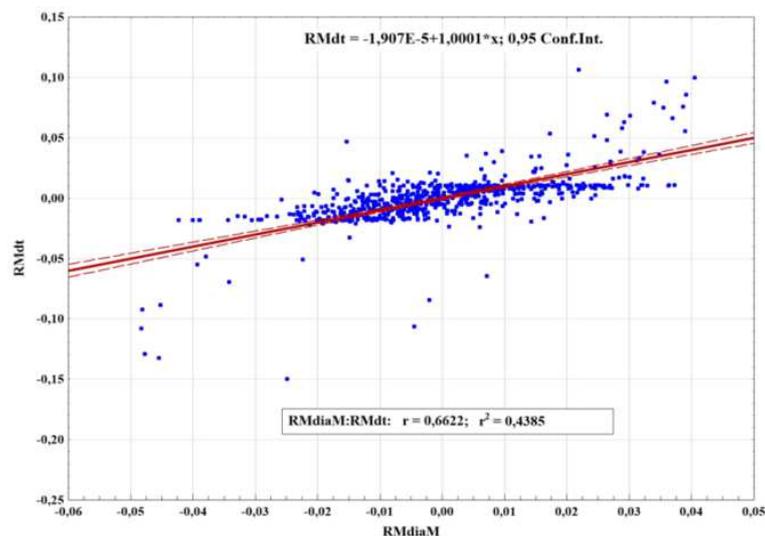
Временной ход модели диагностической компоненты «длинного» ряда величин удельных скоростей представлен на рис. 13.



**Рис. 13. График временного хода фактических (рассчитанных первоначально) и модельных величин диагностической компоненты ряда удельных скоростей**

Очевидно, что подгонка пыталась «учесть» более детализированные последние два века. Поэтому описание, начиная с 1350 года и по 1750 год, детализировано *сугубо формально*, т.е. без какого-либо содержательного (исторического) обоснования. Кроме того, как уже отмечалось не раз, подобного рода линейные модели плохо описывают экстремальные значения изучаемого поля – как максимальные, так и минимальные.

Линейная регрессия расчётных и модельных величин диагностической компоненты ряда удельной скорости приведена на рис. 14.



**Рис. 14. Линейная регрессия фактических (RMdt) и модельных (RMdiaM) значений диагностической компоненты «долгого» ряда удельных скоростей изменения населения Москвы**

Гистограмма ряда  $RMdiaM$  представлена на рис. 15.

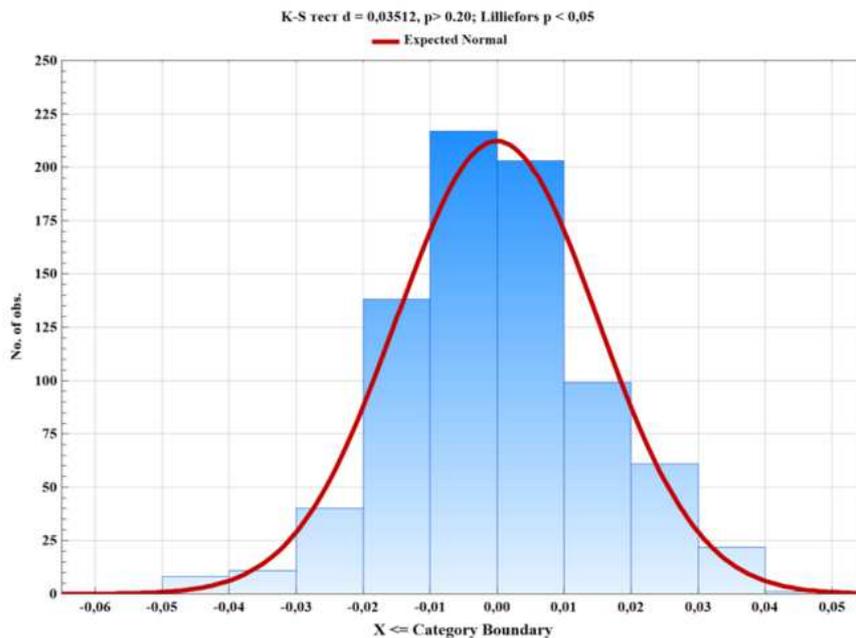


Рис. 15. Гистограмма ряда  $RMdiaM$

Основные статистики ряда  $RMdiaM$  в интервале значений  $d = 1...701$ , т.е. по 2050 год, таковы:

$$M = -0,0000071; SD = 0,0152; min = -0,0483; max = 0,0405.$$

При этом величины тех же параметров для исходного ряда  $RMdt$  в интервале значений  $d = 1...672$  ( $Year = d + 1349$ ), т.е. по 2021 год, таковы:

$$M = -0,000302; SD = 0,0229; min = -0,2235; max = 0,1066.$$

Таким образом, в целом, выделенная диагностическая часть полного (с прогнозной частью) ряда величин удельной скорости изменения населения Москвы  $RMdiaM$  (1350...2050 годы) отвечает, несколько в большей степени, по сравнению с аналогичной компонентой «короткого» ряда (1750...2050 годы), за фазы сокращения населения города, тогда как трендовая часть – за фазы прироста населения.

Дальнейшие усилия направлены на формирование *модели «короткого» ряда* диагностической компоненты, охватывающего интервал с 1750 по 2021 годы ( $RMdt1750$ ; с позиции  $d = 401$ ). Модель включает абсолютно тот же набор главных периодов колебательных мод, что и модель «длинного» ряда. Однако, величины численных коэффициентов этих двух моделей, в т.ч. коэффициентов, определяющих особенности амплитудной (АМ) и фазовой (ФМ) модуляций каждой единичной моды, а также *закон их взаимного согласования*

(локализации на оси времени), безусловно, различны. И это – важное обстоятельство. В полном виде модели единичных мод «короткого» ряда также будут представлены в разделе отчёта, посвящённого интерпретации результатов формальных трансформаций рядов.

Итак, компонента  $RMdt1750$  служит эмпирической основой для формирования модели  $RMM1750$ .

Величины численных коэффициентов модели «короткого» ряда представлены в табл. 5.

Таблица 5

Численные коэффициенты параметров модели «короткого» ряда

Model: $RMdt1750=A1*\cos(0,079512*d+5,720533)*\cos(0,018756*d...$ (DinamNasel-21 -1)										
Dep. var: $RMdt1750$ Loss: (OBS-PRED)**2 Estimation method: Quasi-Newton										
Final loss: ,079523549 R= ,85929 Variance explained: 73,838%										
N=272	A1	B1	A2	B2	A3	B3	A4	B4	A5	B5
Estimate	-0,0134002	-1,978607	0,014296	1,385389	-0,014358	-1,454137	0,007912	1,248096	-0,026436	1,12418
A6	B6	A7	B7	A8	B8	A9	B9	A10		
0,013278	1,840082	0,013402	-1,065191	0,014372	-2,366356	-0,018357	-2,185749	0,010488		
A10	B10	A11	B11	A12	B12	A13	B13	A14	Q	
0,010489	1,346043	-0,012918	1,4144296	0,012739	1,065332	-0,006121	-1,0435486	-0,010554	-0,001330	

Гистограмма ряда  $RMM1750$  представлена на рис. 16.

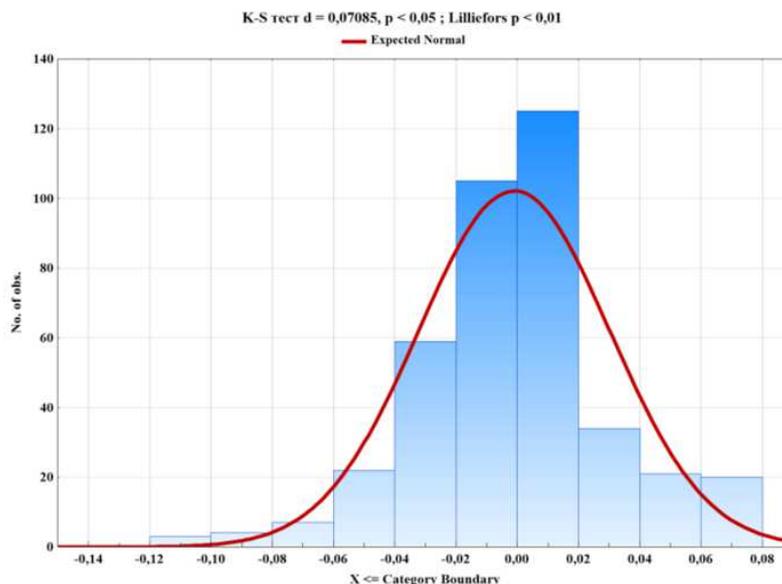


Рис. 16. Гистограмма ряда  $RMM1750$

Основные статистики ряда  $RMM1750$  в интервале значений  $d = 401...701$ , т.е. с 1750 по 2050 годы, таковы:

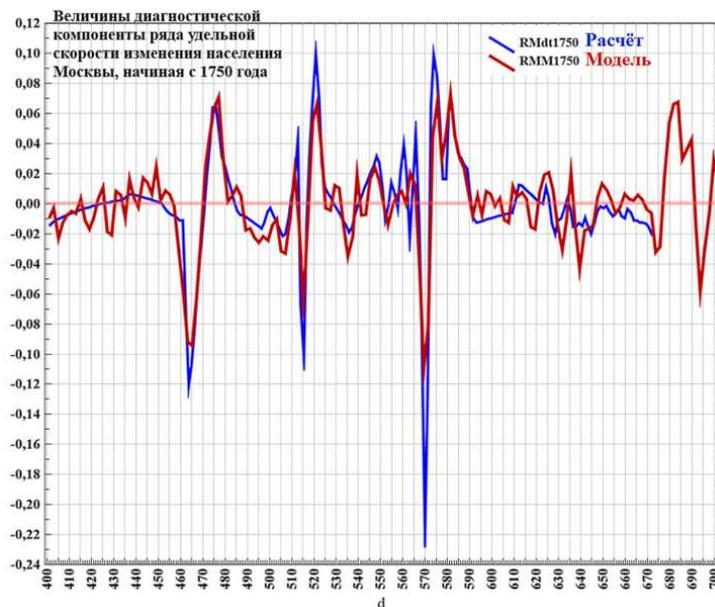
$$M = 0,0000103; SD = 0,0302; min = -0,1174; max = 0,0754.$$

При этом величины тех же параметров для исходного ряда  $RMdt1750$  в интервале значений  $d = 401...672$  ( $Year = d + 1349$ ), т.е. с 1750 по 2021 годы, таковы:

$$M = -0,0013; SD = 0,0335; min = -0,2235; max = 0,1066.$$

Примечательно, что выделенная **диагностическая часть ряда** величин удельной скорости изменения населения Москвы ( $RMM1750$ ), также как и трендовая компонента ряда, в целом, отвечает за фазы прироста населения города.

Ход фактических и модельных величин **удельной скорости прироста** населения Москвы, начиная с 1750 года (с позиции  $d = 401$ ), представлен на рис. 17.



**Рис. 17. Графики временного хода фактических и модельных величин «короткого» ряда диагностической компоненты поля**

Важно подчеркнуть, что на рис. 17 показан ход **диагностической** части ряда, отражающей свою долю общей дисперсии процесса развития. И только в сумме с трендовой составляющей ряда данная формальная модель, с некоторой математической точностью и физической достоверностью, отражает характер изменения большей доли дисперсии изучаемого процесса.

Более существенно, что, согласно и «длинной», и «короткой» моделям диагностической компоненты, в перспективе 2050 года ( $d = 701$ ) допускается, говоря языком экономистов, «отскок» вверх удельной скорости после текущей фазы кризиса 2019-2021 годов и снижение параметра до локального минимума в окрестности границы 2030-х и 2040-х годов, что может оказаться связанным

с существенным изменением как российских, так и глобальных обстоятельств жизни (рис. 18).

Укажем, что нам был необходим достаточно представительный фрагмент исторического ряда (например, 1750...2021 годы), а не последние 50 лет, для того, чтобы адекватно позиционировать в фазовом пространстве колебательные моды, в сумме отражающие не только даты уже состоявшихся и предполагаемых поворотов истории, но и тип связанных с ними ситуаций развития; именно о результатах применения данного подхода речь пойдёт далее. Понятно, что по последним 50 годам подгонка модели к фактическим данным была бы ещё точнее (что отражает коэффициент  $R$ ). Но такой результат, по видимому, позволил бы оперировать лишь самыми непродолжительными колебательными модами для формулировки заключений о возможном типе ситуаций развития. Поэтому мы вполне намеренно приняли к обсуждению последний 300-летний интервал истории.



**Рис. 18. Прогноз некоторых ключевых рубежей истории Москвы и ЦФО в интервале 2021...245 годов**

Цифрами на рис. 18 обозначены следующие состоявшиеся и, вероятно, перспективные события.

1. 1992 год – начало т.н. либеральных экономических реформ в России, включая приватизацию государственной собственности. Ему предшествовал 1991 год, в который состоялось избрание Б. Н. Ельцина президентом РСФСР, образование ГКЧП, провал попытки смены власти в стране (путча), распад СССР и завершение холодной войны. В 1993 году в стране произошли Конституционный кризис, нападение сторонников распущенного Верховного

Совета на здание мэрии Москвы и телецентр «Останкино», расстрел Российского парламента, принятие Конституции Российской Федерации.

2. 1998 год – дефолт России по долговым обязательствам.

3. 2004-2005 годы – существенное усиление внутренних террористических угроз: террористические акты боевиков на самолётах Ту-134 и Ту-154, захват заложников в Беслане (Северная Осетия), отмена выборов глав регионов; нападение боевиков на г. Нальчик (Кабардино-Балкария). Региональные последствия глобального кризиса «доткомов».

4. 2008 год – президентом РФ избран Д.А. Медведев, война в Южной Осетии (08.08.08), начало глобального экономического кризиса 2008-2013 годов.

5. 2014-2015 года – XXII Зимние Олимпийские игры в Сочи (февраль 2014 года); подписание договора между Российской Федерацией и Республикой Крым о принятии Республики Крым в состав России («Крымская весна»); заявление президента США Б. Обамы о невозможности решения «крымского вопроса» силовым путём (в 2013 году Б. Обама отказался от личной встречи с В.В. Путиным; <https://lenta.ru/articles/2013/08/08/cancel/>; <https://lenta.ru/news/2013/08/10/obama/>; [https://www.gazeta.ru/politics/2013/08/07\\_a\\_5545601.shtml](https://www.gazeta.ru/politics/2013/08/07_a_5545601.shtml)); начало всеобъемлющих *санкций* Запада в отношении РФ; участие ВС РФ с Сирийском конфликте.

6. 2024 год – возможный максимум 25-го солнечного цикла и существенное усиление геополитической напряженности на внешнем «контуре» РФ (вплоть до военных провокаций), а также внутри страны, согласно *теории историометрического цикла* А.Л. Чижевского.

7. Начало наиболее драматической фазы геополитического противостояния России с Западом (ориентировочно, 2028...3036 годы).

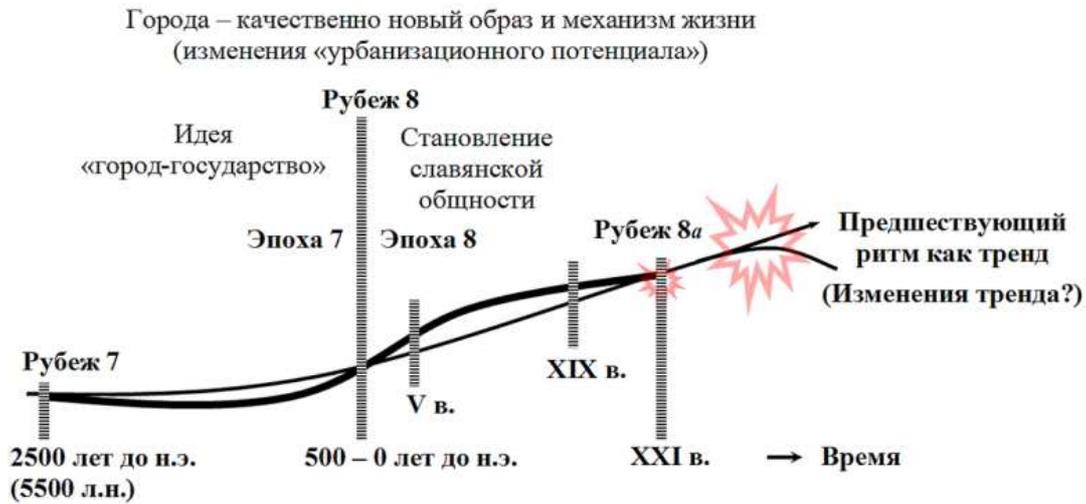
8. Резкое обострение военного противостояния между Россией и Западом, выраженная смена стратегии «гибридной войны» на тактику применения военной силы.

9-10. Вероятное окончание фазы нового геополитического передела и переустройства мира по результатам предыдущих событий.

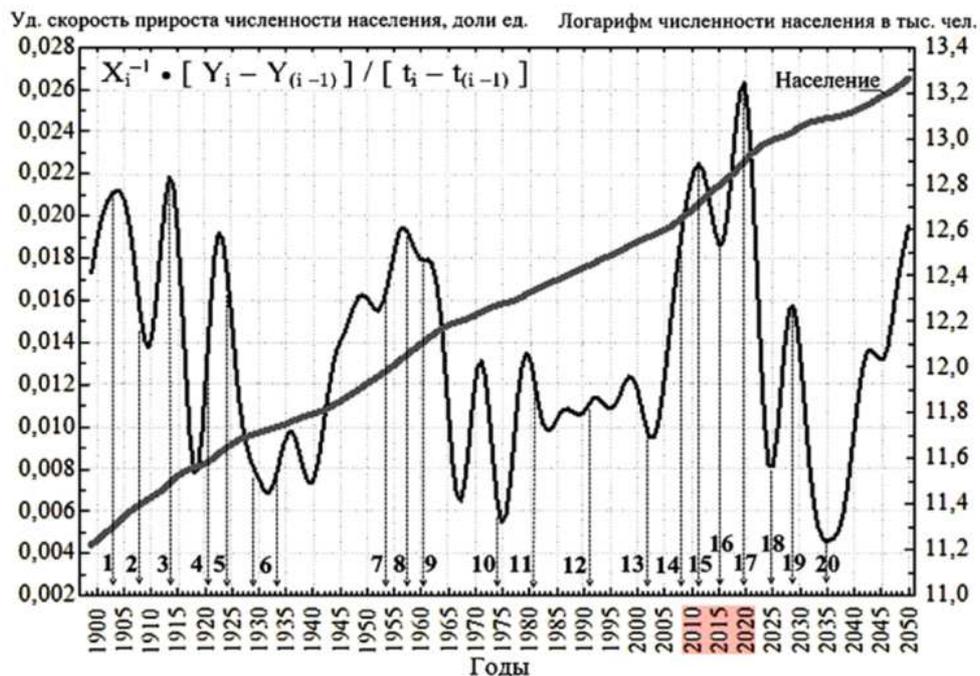
11. Выход глобального развития на новую фазовую траекторию, учитывающую текущее состояние общества, ресурсные и экологические ограничения.

В принципе, опираясь на расчёты по различным базам данных, о подобном ходе событий мы писали не раз, но в наиболее детальном изложении – в регулярном издании «Вестник ТулГУ. Серия «Экология и безопасность жизнедеятельности» (2010...2020 годы; URL: [http://tsu.tula.ru/files/40/vestnik-tulgu-eco-20\(16...19\).pdf](http://tsu.tula.ru/files/40/vestnik-tulgu-eco-20(16...19).pdf); <http://tsu.tula.ru/gs/science/>; <http://tsu.tula.ru/files/40/conf/>; <http://tsu.tula.ru/files/40/kadastr/>; <http://www.semikonf.ru/Архив>) [15-18]. При-

мечательно, что расчёты – приближения фазовых траекторий различных систем, начиная с 2004 года, неуклонно смыкаются в один-единственный узел – тип предстоящей ситуации глобального развития (рис. 19-21).



**Рис. 19. Рубежи, разделяющий фазы развития европейской (в том числе российской) культуры [18]**



**Рис. 20. Ход удельной скорости прироста общей численности постоянного населения континентальной части США (1...20 – даты выраженных фаз кризисов развития)**

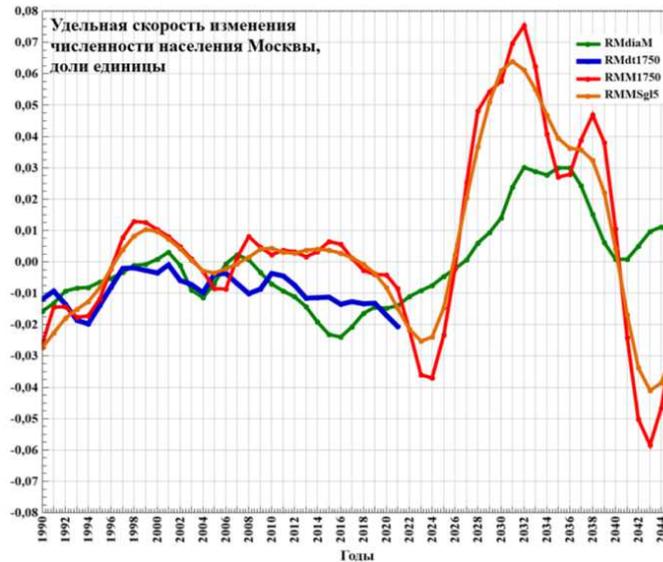


**Рис. 21. Возможное изменение общей дисперсии и направления вектора социально-исторического развития Москвы, как столицы РФ, начиная с 2024 года**

Обсуждаемые в данном отчёте тренды развития базируются преимущественно на характеристиках «короткого» ряда (1750...2021 годы + прогноз) диагностической компоненты удельных величин изменения скорости населения Москвы. Однако в интервале 2021...2045 годов наблюдается достаточное – для решения задач качественной интерпретации – подобие хода графиков «длинного» и «короткого» рядов (рис. 22).

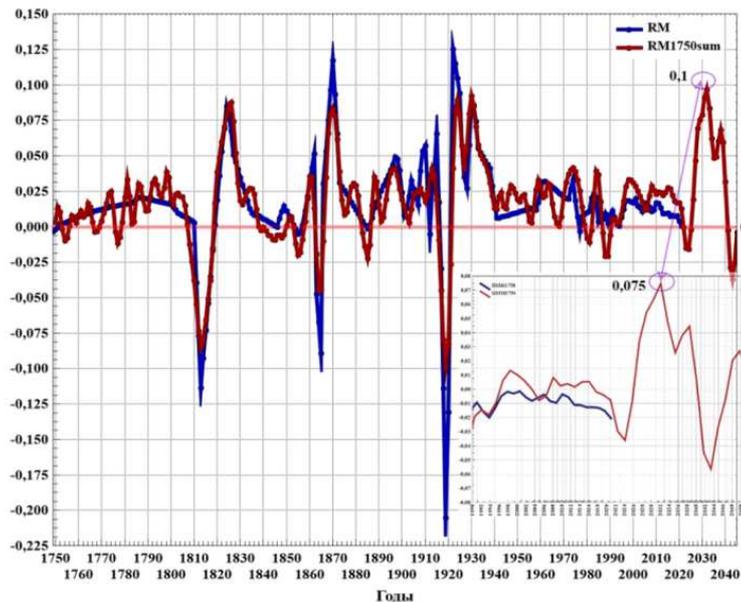
Возможно, временной ход модели  $RMdiaM$  ближе к сглаженному скользящим окном длиной пять позиций варианту ряда  $RMM1750$  (рис. 22). Поэтому, в первом приближении, можно допустить, что «длинный» модельный ряд – некий сглаженный вариант более короткого модельного ряда. Тем не менее, каждая из названных моделей решает свои, не совпадающие большей частью, задачи – в аспекте идентификации типа ситуаций развития исторического прошлого.

Далее трендовая компонента ( $RMIm$ ) и «короткая» диагностическая компонента ( $RMM1750$ ; напомним, что она представляет собой фрагмент полной диагностической компоненты, выделенной с помощью именно данного тренда) соединяются в одну полную модель изучаемого процесса ( $RM1750sum$ ).



**Рис. 22. Черты геометрического подобия графиков временного хода модельных величин диагностической компоненты удельной скорости изменения населения Москвы:  $RM_{diaM}$  – модель охватывает 1350...2021 годы;  $RMM1750$  – модель охватывает 1750...2021 годы**

Ход фактических ( $RM$ ) и модельных ( $RM1750sum$ ) величин удельной скорости изменения населения Москвы, исчисляемых в долях единицы (ось – слева), представлен на рис. 23.



**Рис. 23. Графики временного хода фактических ( $RM$ ) и модельных величин удельной скорости изменения населения Москвы в интервале 1750...2045 годов (на врезке приведён ход диагностической компоненты удельной скорости в 1990...2025 годах)**

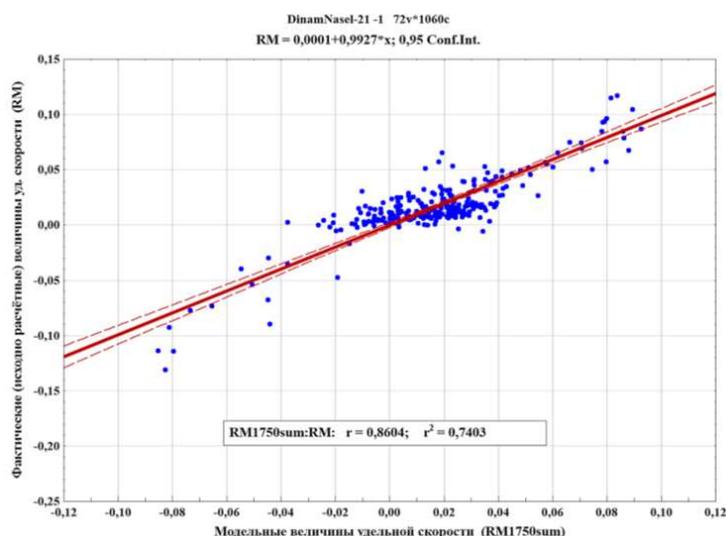
Согласно рис. 23, в данном случае трендовая компонента играет, пожалуй, *паритетную роль* в описании полной дисперсии процесса развития, особенно в его финальной и прогнозной частях, на что указывает табл. 6.

Таблица 6

**Вклад трендовой и диагностической компонент в формирование общей дисперсии ряда модельных значений полной удельной скорости изменения населения Москвы**

Year	Факт RM	Тренд RM1m	Диагн. RMM1750	RMM5gl5	Сумма RM1750sum
1990	0,00845087	0,020312	-0,02612732	-0,027421688	-0,00581511
1991	0,01107685	0,020336	-0,01448217	-0,022735455	0,005853901
1992	0,00684687	0,02036	-0,01426667	-0,017950997	0,006093229
1993	0,00180868	0,020384	-0,01764591	-0,015074367	0,002737779
1994	0,00064843	0,020407	-0,01723293	-0,012625516	0,003174514
1995	0,00659525	0,020431	-0,01174417	-0,008233969	0,008686994
1996	0,01242183	0,020455	-0,00223791	-0,002139607	0,018216928
1997	0,01835805	0,020478	0,007691067	0,0038071063	0,028169553
1998	0,01862979	0,020502	0,012825905	0,0082184602	0,03327998
1999	0,01779289	0,020526	0,012500637	0,0102894232	0,033026303
2000	0,01709352	0,020549	0,010312604	0,0096916456	0,030861807
2001	0,01970142	0,020573	0,008018903	0,007332901	0,028589606
2002	0,0146993	0,020596	0,004802179	0,0042255061	0,025398347
2003	0,01346345	0,02062	0,001034127	0,0004587114	0,021653724
2004	0,01085895	0,020643	-0,00303828	-0,002890486	0,017604706
2005	0,01667996	0,020666	-0,00852137	-0,003598194	0,012144978
2006	0,01697372	0,020689	-0,00872908	-0,002182517	0,011960586
2007	0,01386728	0,020713	0,001263639	-0,000622277	0,021976596
2008	0,01066359	0,020736	0,008112513	0,0015318623	0,028848722
2009	0,01212979	0,020759	0,004762916	0,004030252	0,025522341
2010	0,01706831	0,020783	0,002249327	0,004427546	0,023031934
2011	0,01636308	0,020806	0,003762864	0,0031161036	0,024568618
2012	0,01336674	0,020829	0,003250109	0,0028233024	0,024078975
2013	0,00922239	0,020852	0,001555302	0,0036799722	0,022407245
2014	0,00939622	0,020875	0,00329891	0,004067517	0,024173896
2015	0,00959975	0,020898	0,006532676	0,0036503155	0,02743067
2016	0,00738063	0,020921	0,005700588	0,002788988	0,026621557
2017	0,00629916	0,020944	0,001164102	0,0013174099	0,02210801
2018	0,00760359	0,020967	-0,00275134	-0,000829062	0,018215478
2019	0,00786816	0,02099	-0,00405898	-0,003661784	0,016930705
2020	0,00391537	0,021013	-0,00419968	-0,008197311	0,016812841
2021	0,00044098	0,021035	-0,00846303	-0,014844781	0,012572301

Линейная регрессия фактических и модельных величин полного «короткого» ряда удельной скорости изменения населения Москвы (1750...2021 годы) представлена на рис. 24.



**Рис. 24. Линейная регрессия фактических и модельных значений удельной скорости изменения населения Москвы**

## Главные (типологические) черты ситуаций социально-исторического развития Москвы в интервале 1350-2045 годов

Далее перейдём к анализу *типа* ситуаций развития, что требует разделения общих моделей на формирующие их колебательные моды (с учётом особенностей их амплитудной и фазовой модуляций), а также внимания к локализации экстремумов отдельных мод скорости процесса в окрестностях единой исторической фазы.

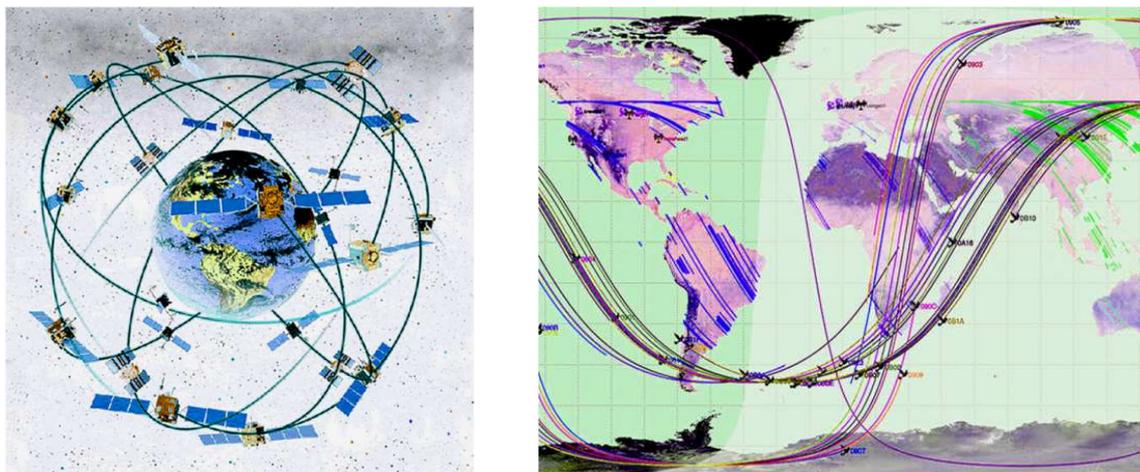
Начнём данный этап исследований с анализа колебательных мод, образующих «длинный» модельный ряд. Здесь важно отметить вновь, что модели «длинного» и «короткого» рядов *построены по единому набору периодов*, за исключением последней компоненты каждой модели – компоненты № 14. Она подобрана формально так, чтобы увеличить величину  $R$ . Поэтому величина периода колебания компоненты № 14 в моделях «длинного» и «короткого» рядов неодинакова. Более существенно, что каждая из компонент №№ 1...13, имея одинаковый главный период колебания, по-своему осложнена амплитудной и фазовой модуляциями, обеспечивающими её оптимальное позиционирование на оси времени. Следовательно, численные коэффициенты данных мод также различаются.

В данном исследовании обозначения мод «короткого» ряда начинаются с индекса « $M$ », а обозначения мод «длинного» ряда – с индекса « $Mf$ », где « $f$ » – первая буква английского слова *full*, т.е. полный.

На первом этапе установим характер взаимного согласования лишь наиболее низкочастотных мод изучаемого процесса, формирующих модель *диагностической* компоненты ряда удельных скоростей в интервале 1350-2021 годов. Таковыми являются следующие моды: 1) 335,0 ( $Mf335$ ); 2) 83,750 ( $Mf84$ ); 3) 49,698 ( $Mf50$ ); 4) 34,382 ( $Mf34$ ); 5) 25,769 ( $Mf26$ ) и 14) 51,269 ( $Mf51i3$ ). Включение в анализ ряда относительно более высокочастотных мод нецелесообразно, поскольку они не обеспечены должной детализацией исходных данных (особенно на ранних исторических этапах) и предельно затрудняют визуальный анализ изображений.

В аспекте последнего замечания, обратимся к следующей аналогии. В околоземном пространстве размещена группировка искусственных спутников Земли (ИСЗ) и иных аппаратов различных стран, численность которой неуклонно растёт (рис. 25). Каждый ИСЗ, имея своё предназначение, движется по определённой орбите. Визуализация орбит представляет собой фазовое пространство в виде квазисферической оболочки, заполненной действующими и вышедшими из строя ИСЗ, их фрагментами и другими объектами. Специалисты, анализируя орбиту, или пространственную траекторию, ИСЗ – геостационарная, эллиптическая, низкоорбитальная, с изменяемыми параметрами, – могут сделать предварительное заключение о его целевом назначении

и режиме эксплуатации. При этом особенности конструкции аппарата известны только разработчикам и эксплуатантам ИСЗ. Подобным образом дело обстоит и в нашем случае, только единичные ИСЗ представлены единичными же колебательными модами, а пространственные орбиты объектов – их временными развёртками.



**Рис. 25. Искусственные спутники Земли различного назначения и двумерные проекции их орбит**

Примечательно, что вошедшая в модель последняя колебательная мода (№ 14), установленная формальным подбором, характеризуется главным периодом  $T = 51,269$  года, хотя в основном наборе мод уже присутствовала компонента с  $T = 49,698$  (правда, представляющая собой *полусумму* сближенных пиков с  $T = 47,857$  и  $T = 51,539$ ). Колебательная компонента с периодом около 50-60 лет связывается с динамикой крупных технологических укладов – по сути, промышленных революций – и довольно отчётлива проявляет себя в ходе социально-исторических процессов; речь обычно ведут о т.н. цикле Кондратьева.

В истории накоплен значительный опыт выделения больших циклов развития социальных систем и теоретического обоснования их содержания, т.е. выявления типа сопряжённых с ними изменений. Приведём лишь два примера.

В XIX веке, на основании изучения корпуса исторических документов, генерал-лейтенант В.А. Мошков установил продолжительность ряда универсальных, по его мнению, циклов исторического развития общества, однако, увязать их в единую систему не смог. «Продолжительность <базового> цикла для всех народов без исключения, – писал В.А. Мошков, – ровно 400 лет. Хотя в прохождении циклов и у разных народов, и у одного и того же народа *встречается много разнообразия*, но распределение в цикле подъемов и упадков и

общий характер цикла у всех народов одинаковы. Получается такое впечатление, что через каждые 400 лет своей истории народ возвращается к тому же, с чего начал. Цикл – это год <мировой> истории» (табл. 7) [19].

Таблица 7

**Основные циклы социальной истории (согласно В.А. Мошкову)**

400 лет – «год» истории							
200 лет – подъём и благополучие; к концу фазы – максимум развития в текущем «году»				200 лет – спад и неудовлетворённость жизнью; к концу фазы – максимум упадка в текущем «году»			
100 лет («Золотой», I)		100 лет («Серебряный», II)		100 лет («Медный», III)		100 лет («Железный», IV)	
50 лет, ↓	50 лет, ↑	50 лет, ↓	50 лет, ↑	50 лет, ↓	50 лет, ↑	50 лет, ↓	50 лет, ↓
Обозначения: «↑» – фаза подъёма; «↓» – фаза упадка.							

Несмотря на *полемику*, вызванную ранее предложенными вариантами схем ритмической организации истории (на что обращал внимание К.Л. фон Бергаланфи), системы ритмов развития различной сложности продолжили появляться и в XX веке. В частности, обоснование некоторых принципов формирования подобных систем дал С.П. Капица (рис. 26). По мнению учёных, «наиболее внушительно» среди этих проектов выглядят таблицы, разработанные С.Н. Гринченко. Однако, как заключил специалист по истории биологии из Санкт-Петербурга И.Ю. Попов, не только в самих таблицах, но в пояснениях к ним реальные биологические и биолого-социальные системы практически не фигурируют (рис. 27) [20].

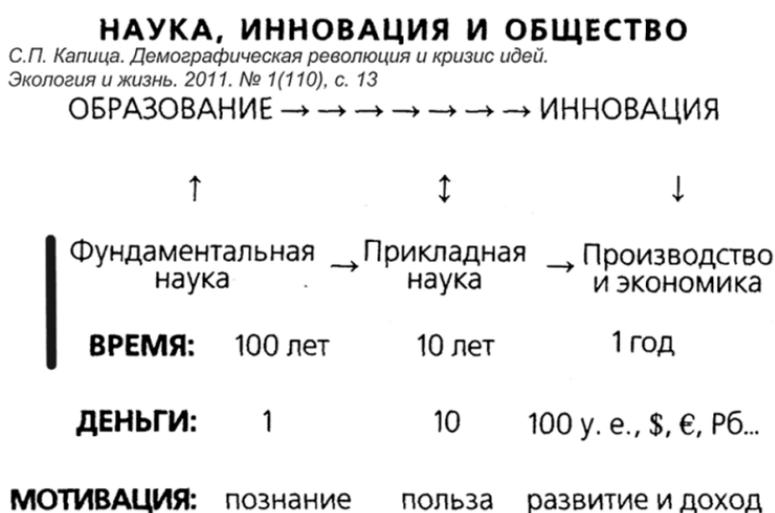


Рис. 26. Характерные времена развития некоторых

*компартиментов культуры (по С.П. Капице)*

Временные характеристики надорганизменных структур (постоянные времени процессов жизнедеятельности)				
№	история до XVIII в. «Челове- чество-0» (лет)	конец XVIII-XX вв. «Челове- чество-1» (лет)	начало XXI в. «Челове- чество-2» (лет)	Название иерархического уровня
7	~ 3400 лет	~54 года	~4.7 года	Эпигеосфера / Земля (Человечество - 0 / 1 / 2) ПЗС
6	~ 230 лет	~7.12 лет	~0.94 года	Зоны/Цивилизации: (конфедерации и союзы сообществ) А
5	~ 15 лет	~0.94 года	~67.8 сут	Биомы/Сообщества: (федерации «стран») ВС
4	~ 1 год месяцы	~45 сут	~13.4 сут	Биогеоценозы/Нации: макро-Родина D
3	~24 сут	~6 сут	~2.6 сут	Парцеллы/Народности: микро-Родина E
2	~38 час	~19 час	~12.6 час	Популяции/Семьи: дом, быт
1	~2.5 час	~2.5 час	~2.5 час	Организм/Человек: физиология E

*Рис. 27. Иерархия уровней организации биосферы и общества с указанием характерных времен изменения свойств систем каждого уровня (по С.Н. Гринченко; Институт проблем информатики РАН, //zhurnal.apr.relarn.ru/articles/2001/145.pdf; ПЗС – задающая потенциал ландшафтов природная среда, А...Е – индекс уровня)*

Нами обоснована теоретическая идея построения классификации ритмов социально-исторического развития и предложена собственно классификация ритмов, по-видимому, обладающая чертами периодического строения. Данная аргументация излагалась нами весьма подробно в серии публикаций 2007-2019 годов, и повторить здесь эту аргументацию возможности нет [21-23]. Укажем лишь, что идею формирования классификации ритмов отражает, на наш взгляд, рис. 28, а сама классификация, используемая в данном исследовании для интерпретации состоявшихся и перспективных ситуаций развития, представлена на рис. 29.

Соотношение числа элементов N инвариантов Гражданская цв.	Система инвариантов соцногенеза				Характерные времена, дни / ГОДЫ	Фрактальность ритмов волнового поля соцногенеза, ГОДЫ	Диапазон «спектра причинности»	Влияние человек. фактора	v. 5
	ЭНДОГЕННЫЙ	I	II	III					
E	↑ ЧЕЛОВЕК ДОСТИГАЕТ ПРИ ЖИЗНИ ↓ Конфликт	"СОЦИАЛЬНЫЕ АТОМЫ"	14 дней	0,56 1,54 2,53 3,51 4,50	<b>0,038</b>	СВЧ	0,0,15 ↓ ↑ 1	КРИЗИС ПРОЯВЛЕННЫЙ	
D		РЕФ. ГРУППА СМИ	1	0,56 1,54 2,53 3,51 4,50					<b>0,37</b>
C		ЭКОНОМ. Сп. ЭКОНОМ. Р. ПРИК. НАУКА	3 ÷ 12	0,56 1,54 2,53 3,51 4,50	<b>3,6</b>	ВЧ			
B		"ПРИНУЖДЕНИЕ" ФУНДАМЕНТ. НАУКА НАУЧНАЯ КАРТИНА МИРА ФИЛОСОФИЯ	30 ÷ 90	0,56 1,54 2,53 3,51 4,50	<b>35</b>	СЧ			
A		РЕЛИГИЯ ОБЩАЯ КАРТИНА МИРА МИФ КОЛЛЕКТ. БЕССОЗНАТЕЛЬНОЕ	1 200	0,56 1,54 2,53 3,51 4,50	<b>340</b>	НЧ			
Общ. цв.		ЭПИГЕОСФЕРА			3 300				
ПЗС	ЛИТОСФЕРА			10 <sup>6</sup>		СНЧ	КРИЗИС СКРЫТЫЙ		
	КОСМОС			10 <sup>9</sup>					
	ЭКЗОГЕННЫЙ								

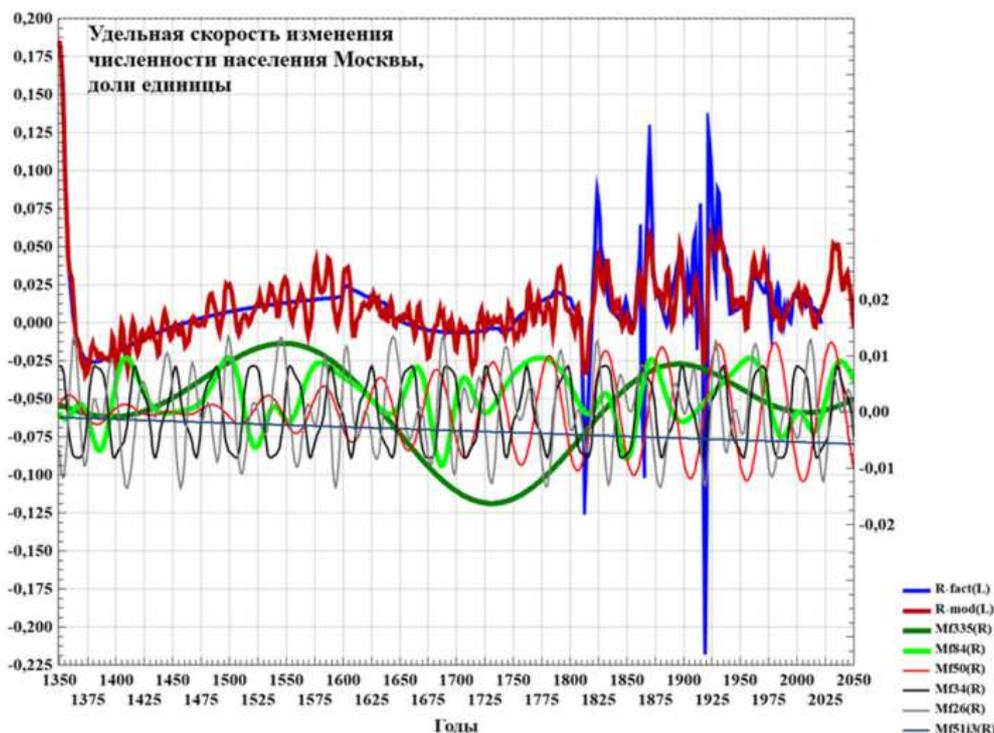
Рис. 28. Система инвариантов, формирующих современную российскую культуру, и характерные времена их исторической трансформации

Эшелон	Группа ритмов																		
	I	II	III	IV	V	VI	VI	VI	VI	VI	VI	VI	VI	VI	VI	VI	VI	VI	
E <sub>0</sub>	0	0,002	0,004	0,006	0,01	0,014	0,018												
E	0,018	0,02	0,04	0,06	0,10	0,14	0,17												
D	0,17	0,21	0,37	0,57	0,94	1,31	1,67												
C	РЕФЕРЕНТНАЯ ГРУППА			СМИ И МАССОВАЯ КУЛЬТУРА															
	1,67	2,0	3,6	5,6/5,5	9,1/9,5	12,6/13,3	16,2/17												
	ЭКОНОМ. СПЕКУЛ. ЭКОНОМ. РЕАЛЬНАЯ (ПРОИЗВОДСТВО)			ПРИКЛАДНАЯ НАУКА															
B	Торговля, производство			Техническая культура															
	17	19,4/21,5	26	30,5	34,8/36	39,5	45,5	53,7/52	59,3	70	82,5	88/91,5	98,5	107	114	122/127	144	154	157/171
	«ПРИНУЖДЕНИЕ» Армия, наука			«Высокая» культура															
A	РЕЛИГИЯ			ОБЩАЯ КАРТИНА МИРА, МИФ															
	Религия, идеология			КОЛЛЕКТИВНОЕ БЕССОЗНАТЕЛЬНОЕ															
	Этнокультура																		
Номер	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	

Жизнедеятельность общества в форме природо- и ресурсопользования

Рис. 29. Система ритмов социально-исторического развития, обладающая чертами периодического строения

Итак, временной ход и закон согласования во времени колебательных мод  $Mf335... Mf26$  и  $Mf51i3$  представлен на рис. 30.



**Рис. 30. Ритмическая организация ряда удельных скоростей изменения населения Москвы с 1350 по 2050 годы**

Вынесенная на рис. 30 мода с периодом  $T = 335$  лет ( $Mf335$ ) в наших исследованиях связывается с границей смысловых категорий, или компартов культуры, «религия» и «общая картина мира». Формальная модель моды такова ( $2\pi/T = 0,018756$ ):

$$Mf335 = -0,016574 \cdot \cos(-0,004849 \cdot d + 1,665617) \times \\ \times \cos(0,018756 \cdot d - 1,22273 \cdot \cos(0,003343 \cdot d - 1,973241)).$$

Период амплитудной модуляции моды составляет 1296 лет и близок к циклу этногенеза Л.Н. Гумилёва (с учётом его – этногенеза – «реликтовых» фаз).

Примечательно, что с последней четверти XIV века мода была вовлечена в восходящее движение (до середины XVI века – эпохи правления Ивана IV Грозного в 1533...1584 годах). Следующий восходящий отрезок моды пришёлся на послепетровскую эпоху реформ. Начиная с последних аккордов «серебряного» XIX века, на протяжении XX столетия данная мода снижалась, но чуть более медленными темпами, по сравнению с предыдущими историческими фазами. И лишь после 2000 года оказалась вновь вовлечена в восходящее движение. Здесь следует указать, что в исследовании представлено *сугубо формальное истолкование* хода мод социально-исторического развития. В наши дни характер изменения данной моды, в целом, восходящий.

Колебательная мода с периодом  $T = 83,75$  лет ( $Mf84$ ) интерпретируется нами как рубеж смысловых категорий «фундаментальные науки» и «научная картина мира»; продолжительность моды составляет три поколения исследователей и отражает известную формулу онтологии «тезис – антитезис – синтез»:

$$Mf84 = 0,009655 \cdot \cos(-0,034322 \cdot d + 2,006974) \times \\ \times \cos(0,075023 \cdot d - 1,84925 \cdot \cos(0,040111 \cdot d + 0,4515003)).$$

Период амплитудной модуляции моды достигает 183 лет. Этот ритм принадлежит смысловому блоку «религия» и, видимо, отражает влияние последней на развития науки и научной картины мира в той мере, в какой её понимал В.И. Вернадский (Очерки по истории современного научного мировоззрения/ Труды по истории науки, 2002).

Первая четверть XVI века отмечена минимумом моды, что можно истолковать как некий регресс цивилизационного развития после падения «севернорусских народовластий». Минимум отмечена эпоха последней трети XVII века, в ходе которой произошло восстание под водительством Степана Разина (1670-1671), русско-турецкая война (1677-1681), стрелецкий бунт в Москве (1698), начало Северной войны (1700); в эту же эпоху самостоятельное правление начал Пётр I (1689-1725).

Выраженный максимум моды пришёлся на годы правления российской императрицы Екатерины II (1762-1796), который сменился минимумом вскоре после ухода её из жизни. События 1825 года также повлияли на ход данной компоненты (см. рис. 30). И лишь ближе к 1860-м годам мода проходит свой неширокий максимум. Следующий максимум состоялся в 1950-60 годах, а на последнюю четверть XX века пришёлся его очередной минимум. После 2000 года мода кратковременно снижалась, но, начиная со второго десятилетия XXI века, вовлечена в рост. Этот рост смениться снижением компоненты в окрестности 2025 года.

Мода с периодом  $T = 49,7$  лет ( $Mf50$ ) в наших исследованиях связывается с ядром компатмента «фундаментальные науки», а в прикладном аспекте – со сменой крупных технологических укладов общества, или динамикой промышленных революций (цикл Кондратьева). Формальная модель моды такова:

$$Mf50 = 0,01239 \cdot \cos(0,002793 \cdot d + 1,296351) \times \cos(0,126428 \cdot d - 1,284991).$$

Период амплитудной модуляции моды составил 2250 лет, то есть половину времени современного существования на Земле т.н. городской цивилизации, качественно отличной от первобытного «варварства». Согласно нашей классификации ритмов социально-исторического развития, мода с таким периодом выходит за границы ритмов собственно социально-культурного развития и тяготеет, скорее, к циклам природного окружения социальной

системы. Другая альтернатива предполагает, что завершение Ордынской эпохи явилось собой мощный водораздел между цивилизационными укладами в истории Москвы и, возможно, России в целом.

Минимум *модуляции* моды пришёлся на завершение XIV – первую половину XV веков (см. рис. 30), вобравших в себя Куликовскую битву 1380 года, разорение городов Северо-Восточной Руси, включая Москву, ханом Тохтамышем в 1382 году, начало чеканки монет в Москве, разгром Золотой Орды Тамерланом в 1395 году, эпоху междоусобных войн на Руси 1425-1453 годов, окончательное разделение митрополии всей Руси на Киевскую и Московскую в 1458 году, эпоху великого княжения Ивана III Васильевича 1462-1505 годов (табл. 8).

По сути, в табл. 8 приведены оценки фаз *минимумов* моды *Mf50*.

Примечательно, что *Mf50* не осложнена фазовой модуляцией, т.е. с течением времени частота крупных событий подобного рода не меняется. Возможно, эта особенность модели отражает то обстоятельство, согласно которому такого рода культурные механизмы, или тенденции, существенно инвариантны и мало подвластны воле человека и общества (как и большинство механизмов с характерными временами, не превышающими эпоху одного поколения людей:  $T \leq 30$  лет).

Таблица 8

**Основные вехи полувекового цикла российской истории**

№	Годы	Ключевые события
1	1941-1945	Великая Отечественная война. Советско-японская война.
2	1894-1897 1904-1907 1914-1917	Восшествие на престол Николая II (до 1917). «Холдинская катастрофа». I всероссийская перепись населения. Денежная реформа Витте. Русско-японская война. «Кровавое воскресенье». I российская революция (до 1907). Начало реформ Столыпина. Новый избирательный закон. I мировая война. Отречение Николая II. Временное правительство. Октябрьская революция. Начало Гражданской войны (до 1922-1923).
3	1861-1865	Начало великих реформ. Манифест об отмене крепостного права. Польское восстание. Начало судебной реформы. Учреждение земств. Восстановлена автономия университетов. Цензурная реформа.
4	1812-1817	Отечественная война 1812 года. Заграничный поход русской армии, взятие Парижа. Начало Кавказской войны (до 1864).
5	1762-1764	Начало царствования Екатерины II (до 1796) Манифест о вольности дворянства. Секуляризация церковных земель. Отмена гетманства на Украине.
6	1703-1712	Основание Санкт-Петербурга. Победа русских войск в Полтавской битве. Учреждён Сенат. Перенесение столицы в Санкт-Петербург.
7	1648-1662	Завершён процесс закрепощения крестьян. «Соборное уложение». Восстания в Москве («Соляной бунт», «Медный бунт»), Воронеже, Курске и других городах. Переяславская рада. Начало русско-польской войны (до 1667). Начало русско-шведской войны (до 1658).
8	1605-1613	«Смутное время». Свержение династии Годуновых. Убийство Лжедмитрия I и воцарение Василия Шуйского. Восстание Ивана Болотникова. Лжедмитрий II. Осада Москвы. Шведская интервенция в Новгородскую землю. Освобождение Москвы от интервентов ополчением Минина и Пожарского. Земский собор. Избрание на царство Михаила Романова (правил до 1645), начало династии (до 1917).
9	1533-1558	Начало княжения Ивана IV Грозного (правил до 1584). Созыв первого Земского собора. Судебник. Создание стрелецкого войска. «Стоглавый собор». Присоединение земель. Начало Ливонской войны (до 1583).
10	1480-1510	«Стояние» на реке Угре. Освобождение Руси от ордынского ига. Падение независимости Великого Новгорода. Война с Великим княжеством Литовским и Ливонской конфедерацией. Смерть Ивана III, начало правления Василия III (правил до 1533). Присоединение Пскова к Москве.

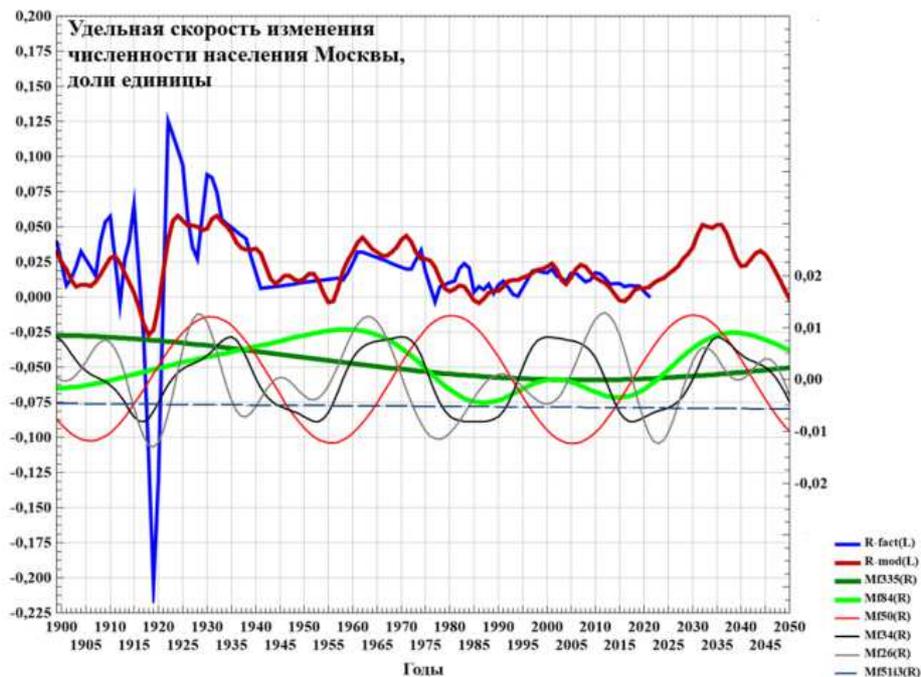
Итак, на современном этапе социально-исторического развития РФ, в качестве наиболее низкочастотных *трендов* представлены смена тенденции и

медленный рост (т.е. собственно развитие) компартов культуры «религия» и «общая картина мира», а также блоков «фундаментальные науки» и «научная картина мира».

Укажем повторно, что именно для задач укрупнённого формального зонирования исторической траектории социальных систем и пригодны композиции колебательных мод – преимущественно низкочастотного блока данной композиции, анализируемые на максимально продолжительных отрезках истории. При этом детализация выявленных закономерностей социально-исторического развития выступает специальной задачей и требует перехода к анализу взаимного сопряжения высокочастотных мод на более коротких временных интервалах.

Поэтому анализ других, отмеченных на рис. 30, колебательных мод ( $Mf34$ ,  $Mf26$ ), требует перехода к менее продолжительным историческим отрезкам.

Так, ситуации развития на протяжении XX века отражает рис. 31.



**Рис. 31. Характер локализации на оси времени и взаимного согласования колебательных мод «длинного» ряда  $Mf335...Mf26$  и  $Mf51i3$  в XX веке – первой половине XXI века**

Как уже отмечалось, мода с периодом  $T = 335$  ( $Mf335$ ) прошла свой широкий минимум на границе XX – XXI столетий. Начиная с 2015 года, мода с периодом  $T = 83,75$  ( $Mf84$ ) вовлечена в восходящий ход. Примечательно, что минимумы моды, связываемой с заметными изменениями технологических укладов государства ( $Mf50$ ), пришлось на 1906, 1956 и 2006 годы.

Подобранная формально, мода с близким периодом  $T = 51,27$  года ( $Mf51i3$ ; показана на рис. 31 единственной пунктирной линией) оказалась полностью нивелирована её ничтожной амплитудой и добавленным к ней общим компонентом модели:

$$Mf51i3 = -0,000055 \cdot (0,122553 \cdot d + 0,375819) - 0,000938.$$

Далее рассмотрим ход колебательных мод, образующих в классификации ритмов блок «принуждение», включающий как способы ведения боевых действий для защиты страны от внешних угроз, так и действий для защиты суверенитета и целостности от угроз внутренних, включая финансово-экологическую стабильность государства.

Мода с  $T = 34,382$  года ( $Mf34$ ) разделяет компартменты культуры «принуждение» и «фундаментальные науки». Поэтому речь ведётся о тестировании в реальных (боевых) условиях передовых научно-технических разработок (изделий). Модель данной моды такова:

$$Mf34 = 0,008168 \cdot \cos(0,182748 \cdot d + 0,399447 \cdot \cos(-0,324839 \cdot d + 3,943486)).$$

Амплитудная модуляция в данном случае отсутствует.

Минимумы данной моды состоялись в окрестности 1917, 1953 (1944-53), 1979-1991 и 2017 годов. Максимумами отмечены 1935, 1962-1971, 1999-2007 годы. Достижение нового максимума возможно в окрестности 2035 года. В целом, эпоха 2017-2035 годов отмечена восходящим трендом данной моды.

Добавим, что в природе ритм с  $T = 35,67$  лет определяет т.н. *барицентрическое движение* Солнца в Солнечной системе.

Мода с периодом около 25 лет ( $Mf26$ ,  $T = 25,77$  года) связывается с ходом разномасштабных военных конфликтов, военных столкновения и попытками разрешать геополитические противоречия именно силовыми методами. В нашем исследовании её модель такова:

$$Mf26 = -0,013610 \cdot \cos(0,067085 \cdot d - 0,811656) \times \\ \times \cos(0,243825 \cdot d + 1,295401 \cdot \cos(0,056076 \cdot d + 3,668294)).$$

Мода осложнена амплитудной модуляцией с периодом  $T = 94$  года, который тяготеет к границе блоков «фундаментальные науки» и «научная картина мира». Возможно, с одной стороны, речь идёт о процессе конверсии военных разработок и технологий, востребованных в фазе ведения войны, в мирные технологии, обеспечивающие жизнедеятельность общества в эпохи между масштабными войнами. С другой стороны, – о потребности тестирования в условиях реальных боевых действий достижений науки и техники, включая социальные дисциплины и технологии, наработанных на протяжении жизни трёх поколений специалистов. К примеру, тезисом может выступить какое-либо фундаментальное открытие в области молекулярной биологии и

биохимии, удерживаемое в границах лабораторий ограничениями биологической и медицинской этики. Антитезис связан с ситуативным тестированием данных результатов в натуральных условиях при финансовой поддержке заинтересованных групп, формально автономных от государственных структур. Синтез определяется легитимацией результатов на государственном уровне с включением соответствующих алгоритмов в программные и нормативные документы (до очередного Нюрнбергского процесса).

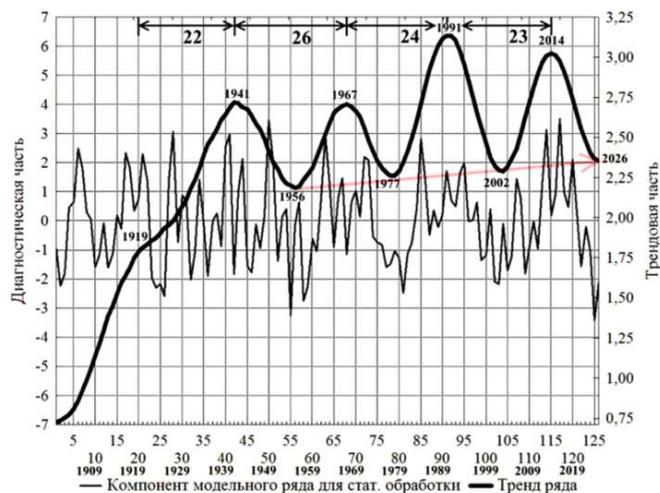
В XX веке *максимумы* моды *Mf26* пришлись на окрестности 1908 (эпоха, охватывающая революцию 1905 года и официальное вступление России в Первую мировую войну в 1914 году), 1928 (эпоха образования СССР в 1922 году, смерти В.И. Ленина в 1924 году, первой пятилетки и ускоренной индустриализации и коллективизации страны в 1928-29 годах), 1945 (завершение Второй мировой войны, советско-японская война), 1963 (фаза, включающая события кубинской революции 1959 года, возведения берлинской стены 1961 года и войны во Вьетнаме 1964-1973 годов), 1991 (завершение Холодной войны, распад Югославии), 2012 годы (усиление террористических угроз внутри РФ, массовые акции протеста в Москве), а также возможны в окрестности 2032 и 2045 годов (разделяемых невыраженным минимумом 2039 года).

Минимумы моды *Mf26* пройдены в 1918, 1937, 1952, 1977-78 и 2000 годах (далее – резкий рост). Начиная с 2023 года РФ вновь окажется вовлечена в резкое усиление военно-политической напряженности с ближайшим её максимумом в окрестности 2032 года.

Примечательно, что на эпоху 2032-35 годов, когда свой максимум будут проходить мода военных действий и мода военных инноваций, приходится и максимум увеличения скорости прироста населения Москвы. В целом, именно так и происходило на протяжении всего XX века (выполнение крупным городом, тем более, столицей, своих защитных функций).

В 2017 году нами предложен анализ и прогноз динамики выраженных боевых действий, в которые, так или иначе, вовлекалась Россия [16].

В этом исследовании, на основании используемых фактических данных, установлено, что в XX веке *средняя продолжительность* военного конфликта с участием России составляла 5,37 года. В качестве *численной меры события* рассматривался десятичный логарифм произведения безвозвратных потерь на расстояние между Москвой и столицей противостоящего государства. В роли «точки записи» события выступала *середина интервала* его реализации, что можно выразить как  $data \pm 2,7$  года. Исследование предполагало обращение к «длинному» ряду событий, продолжительностью около 500 лет, и «короткому» ряду событий, продолжительностью 100 лет. Прогнозные заключения базировались на результатах анализа «короткого» ряда, приближаемого его фоновой и диагностической компонентами. В *спектральной картине* диагностической компоненты выделены следующие периоды колебательных мод (годы): 55,778; 25,0; 11,111; 4,546 лет (рис. 32).



**Рис. 32. Флуктуации диагностической и трендовой компонент ряда вооружённых конфликтов, в которые вовлекалась Россия в XX веке**

Применительно к рис. 32 подчёркивалось, что в жизни общества проявляются самые различные – по типу вызываемых изменений – ритмы, или жизненные «пульсы», включая и ритм военных конфликтов. Подобно другим событиям, обстоятельства развязывания конфликтов могут и облегчаться, и усложняться.

Сопоставление оценок дат минимумов и максимумов военного противостояния, полученных в расчётах 2017 и 2021 годов, приведено в табл. 9.

**Таблица 9**

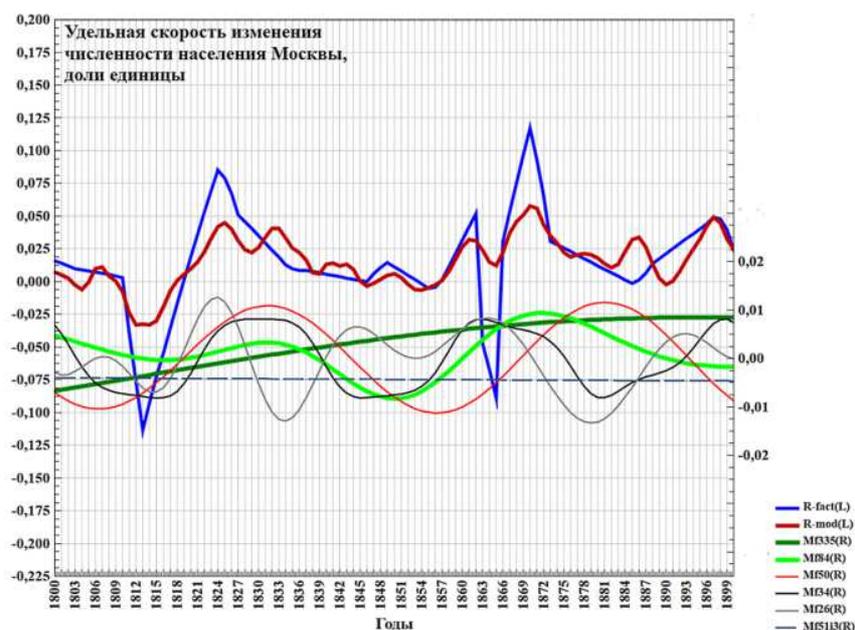
**Сопоставления эпох военной напряжённости по расчётам различных лет**

Расчёт 2021 года (T = 25,77 года)		Расчёт 2017 года (T = 25,0 лет)*	
<i>Min</i>	<i>Max</i>	<i>Min</i>	<i>Max</i>
1918	1908	25	1919
1937	1928		1941
	1945	1967	
1952	1963	56	1991
1977-78	1991	1977	1991
2000	2012	2002	2014
2023	2032	2025-26	Н.д.

\*Точки записи события – середина интервала его реализации:  $data \pm 2,7$  года

Формально, ритм с  $T = 23,78$  года соответствует одному из мощных солнечных циклов – т.н. циклу Хэйла.

Эпоха XIX века представлена на рис. 33.



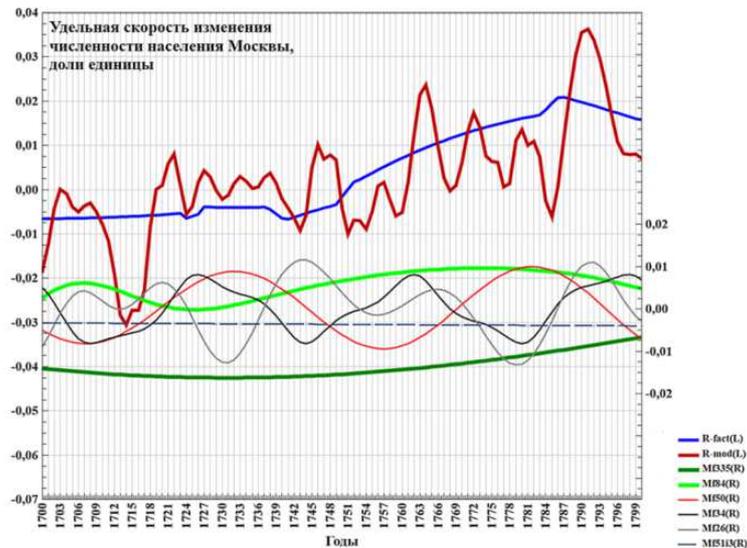
**Рис. 33. Характер локализации на оси времени и взаимного согласования колебательных мод «длинного» ряда  $Mf335...Mf26$  и  $Mf513$  в XIX веке**

Согласно рис. 33, весь XIX век отмечен восходящим участком моды, характеризующей состояние религии и динамику развития общей картины мира. *Минимумы* моды, связываемой с научной картиной мира и состоянием фундаментальной науки, пришлись на 1816-17, 1850, 1895-1900 годы, в то время как *максимумами* данной моды отмечены 1828-32 (т.н. кодификация законов, сокращение автономии университетов в 1835 году) и 1867-1874 годы (начало «великих реформ» в 1862 году, экспедиция русского флота к берегам Америки в 1863-64 годах, начало судебной реформы, учреждение земств, принятие устава Университетов и восстановление их автономии в 1864 году, цензурная реформа 1865 года, присоединение к России центральноазиатских государств в 1865-73 годах).

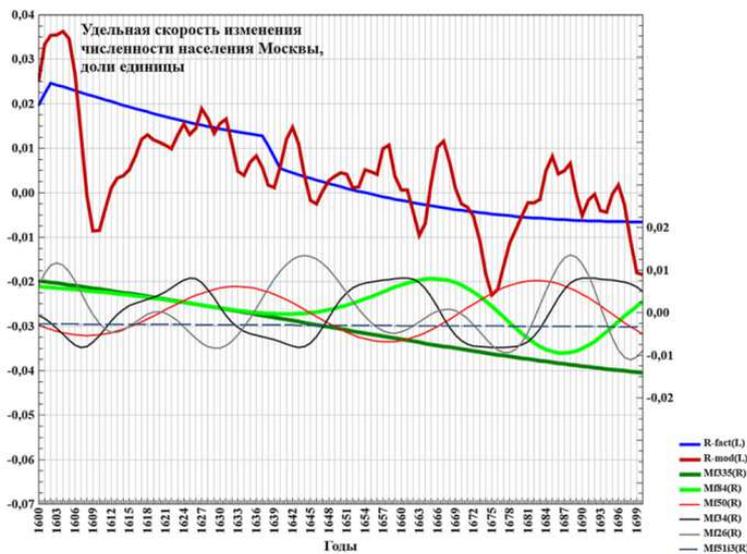
*Минимумы* моды, связываемой со сменой технологических укладов ( $Mf50$ ), состоялись в 1806 и 1856 годах, а *максимумы* – в 1831-32 и в окрестности 1880-х годов.

*Максимумами* «военной моды» отмечены окрестности 1807 (битва при Аустерлице 1805 года, начало русско-турецкой войны в 1806 году (до 1812 года), русско-шведская война 1808-09 годов), 1824 (кавказская война 1817-64 годов, восстание декабристов 1825 года, русско-персидская война 1826-28 годов, русско-турецкая война 1828-29 годов, польское восстание 1830 года), 1844 (реформы по управлению государственными крестьянами, участие России в подавлении революции в Венгрии в 1849 году), 1864 (крымская война 1853-56 годов, кавказская война 1817-64 годов) и 1891-92 годов, а *минимумами* «военной моды» – окрестности 1801-02, 1815, 1833, 1853 и 1878 годов.

На рис. 34 показана эпоха XVIII века, на рис. 35 – эпоха XVII века.



**Рис. 34. Характер локализации на оси времени и взаимного согласования колебательных мод «длинного» ряда Mf335...Mf26 и Mf51i3 в XVIII веке**



**Рис. 35. Характер локализации на оси времени и взаимного согласования колебательных мод «длинного» ряда Mf335...Mf26 и Mf51i3 в XVII веке**

Детальному анализу характера согласования колебательных мод, образующих «короткий» ряд удельных скоростей изменения населения Москвы посвящена специальная публикация.

### Библиографический список

1. Медоуз Д.Х., Медоуз Д.Л., Рандерс Й. За пределами роста: учебное пособие. М.: Изд. группа «Прогресс», «Пангея», 1994. 304 с.
2. Капица С.П. Общая теория роста человечества: сколько людей жило, живет и будет жить на Земле. М.: Наука, 1999. 190 с. (Кибернетика: неограниченные возможности и возможные ограничения).
3. Переходные эпохи в социальном измерении: История и современность/ отв. ред. В.Л. Мальков. Ин-т всеобщей истории РАН. М.: Наука, 2003. 482 с.
4. Гумилев Л.Н. География этноса в исторический период. Л.: Наука, Л. отд., 1990. 280 с.
5. Циклы природных процессов, опасных явлений и экологическое прогнозирование// Материалы к международной конференции, посвященной 100-летию Н.Д. Кондратьева/ под ред. О.Л. Кузнецова. М.: 1991. 160 с.
6. Раков А.А. Демографические основы народнохозяйственного планирования. – Мн.: Навука і тэхніка, 1990. 270 с.
7. Медков В.М. Демография: учебник. М.: ИНФРА-М, 2004. 576 с. (Классический университетский учебник).
8. Волков А.В. Принципы изучения биофизических механизмов экологически безопасного развития общества// Безопасность жизнедеятельности. М.: Изд-во Новые технологии. 2005. № 9. С. 45-50.
9. Вычислительная математика и техника в разведочной геофизике: Справочник геофизика/ Под ред. В.И. Дмитриева. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Недра. 1990. 498 с.
10. Volkov A.V. The studying of ethnology laws by cyclical dynamics methods// Annals of Disasters, Periodicity&Predictions. Vol. 2. 2004. P. 1-31. URL: <http://www.netpilot.ca/geocryology/annals/index.html>.
11. Волков А.В. Географические и биофизические основания формального описания региональных систем этногенеза// Известия ТулГУ. Серия «Экология и рациональное природопользование». Вып. 2. Тула: Изд-во ТулГУ, 2004. 320 с. С. 63-78.
12. Волков А.В. Место этнологических закономерностей взаимодействия общества и природы в региональных моделях развития// Известия ТулГУ. Серия «Экология и рациональное природопользование». Вып. 2. Тула: Изд-во ТулГУ, 2004. 320 с. С. 128-145.
13. Волков А.В. Природные факторы развития региональной системы «природа – общество»// Известия ТулГУ. Серия «Экология и рациональное природопользование». Вып. 2. Тула: Изд-во ТулГУ, 2004. 320 с. С. 145 - 155.
14. Волков А.В. Основания и результаты перспективного исчисления населения мира с использованием полигармонических приближений// Известия ТулГУ. Серия «Экология и рациональное природопользование». Вып. 3. Тула: Изд-во ТулГУ, 2006. 324 с. С. 194-206.
15. Волков А.В. Основания, методология и контуры «Дорожной карты» сбалансированного развития Тульской области// Экологические проблемы. Евразийское пространство/ ред. колл.: Садовничий В.А. и др. М.: Издательство Московского университета, 2014. 624 с. (Серия «Евразийские университеты XXI века»). С. 282-290.
16. Волков А.В. Войны России XX века: формальный анализ причин// Вестник ТулГУ. Серия «Экология и безопасность жизнедеятельности». Тула: Изд-во ТулГУ, 2017, 252 с. С 49-91. URL: <http://tsu.tula.ru/files/40/vestnik-tulgu-eco-2017.pdf>.
17. Волков А.В. Прогноз рисков социально-экономического развития России в 2018- 2023 годах на основе идей комплексирования методов познания// Вестник ТулГУ. Серия «Экология и безопасность жизнедеятельности». Тула: Изд-во ТулГУ, 2018. 262 с. С. 158-167. URL: <http://tsu.tula.ru/gscience/sborn/vestnik-tulgu-eco-2018.pdf>.

18. Волков А.В. Ключевые рубежи и низкочастотные ритмы древнейшей истории человечества// Вестник ТулГУ. Серия «Экология и безопасность жизнедеятельности». Тула: Изд-во ТулГУ, 2015. Вып. 2. 199 с. С. 127-144.

19. Волков А.В. Представления В.А. Мошкова о механизмах и результатах социальной истории// Вестник ТулГУ. Серия «Экология и безопасность жизнедеятельности». Тула: Изд-во ТулГУ, 2017. 252 с. С 49-91. URL: <http://tsu.tula.ru/files/40/vestnik-tulgu-eco-2017.pdf>.

20. Попов И.Ю. Периодические системы и периодический закон в биологии. СПб.; М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. 223 с.

21. Волков А.В. Иерархия инвариантов социального развития// Экология и безопасность: Всероссийская научно-техническая конференция: сб. материалов конф. Тула: Изд-во ТулГУ, 2007. 172 с. С. 28-32.

22. Волков А.В. Классификация ритмов поведения биосоциальных систем// Экология и безопасность: Всероссийская научно-техническая конференция: сб. материалов конф. Тула: Изд-во ТулГУ, 2007. 172 с. С. 32-37.

23. Волков А.В. Ритмы развития региональных социально-экономических систем и их формальная классификация// Тульский экологический бюллетень. 2008. Вып. 2. Тула: Гриф и К, 2008. 162 с. С. 40-43.

24. Волков А.В. Периодическая классификация ритмов социально-экономического развития для целей анализа и прогноза региональных геоситуаций// Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики. 10-я Международная конференция по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики. Материалы конференции. Тула: Изд-во ТулГУ, 2014. Т. 1. 511 с. С. 395-405. URL: <http://tsu.tula.ru/files/40/conf>.

25. Волков А.В. Принципы построения периодической системы ритмов социокультурного развития// Вестник ТулГУ. Серия «Экология и безопасность жизнедеятельности». Тула: Изд-во ТулГУ, 2014. 296 с. С. 198-212.

26. Волков А.В. Ритмодинамическая основа анализа и прогноза ситуаций природопользования// Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей сред: сб. докладов Международной научн.-техн. конференции. Белгород, 24-25 ноября 2015 г. Ч. II. Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. 387 с. С. 301-311.

27. Волков А.В. Метод интерпретации ритмов социально-экономического развития для целей анализа и прогноза ситуаций природопользования// Известия ТулГУ. Технические науки. Вып. 5: в 2 ч. Ч.2. Тула: Изд-во ТулГУ, 2015. 361 с. С. 199-208.

28. Волков А.В. Классификация ритмов социально-экономического развития для целей анализа и прогноза ситуаций природопользования// Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). № 6. 2016. С. 137-148. URL: <http://giab-online.ru/catalog/11517>.

УДК 316.4.051.2: 316.4.06

А.В. Волков, канд. техн. наук, доц., [wolkow.av@mail.ru](mailto:wolkow.av@mail.ru)

(Россия, Тула, ТулГУ)

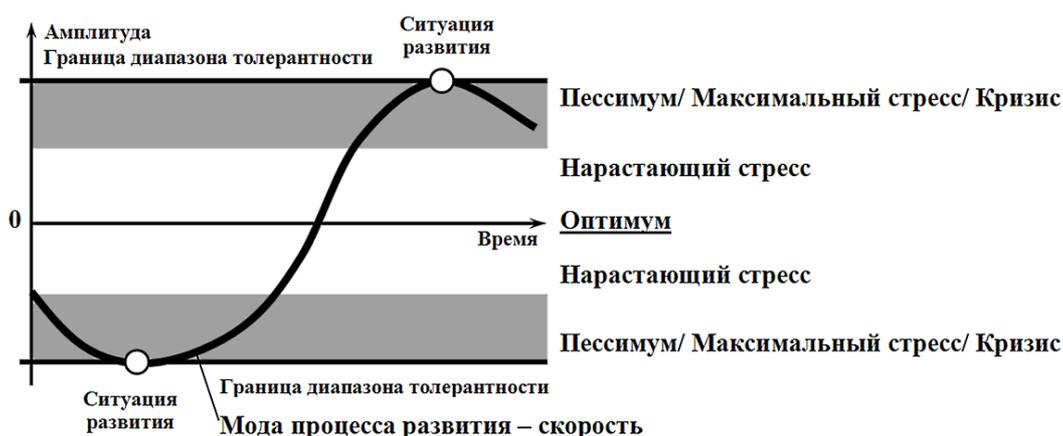
## МЕТОД АНАЛИЗА И ПРОГНОЗА СИТУАЦИЙ РАЗВИТИЯ СОЦИАЛЬНЫХ СИСТЕМ И ОПЫТ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ПОСЛЕДНИХ ДЕСЯТИЛЕТИЙ ИСТОРИИ МОСКВЫ

*Представлены теоретические и прикладные основания исследований в области анализа и прогноза временной динамики социально-исторических процессов формальными (статистическими) методами; на основе обработки исторических данных Москвы, установлены некоторые типологические черты ситуаций социально-исторического развития России в 1985-2021 года; выполнен прогноз развития государства до 2045 года.*

*Ключевые слова:* поле социального поведения, динамика социальных процессов, ритмы, волны, статистические методы обработки данных, ряды наблюдений, спектральный анализ, метод интерпретации результатов расчётов, COVID-19.

Решение задач зонирования исторической траектории социальных систем, выполняемое в рамках методологии научных направлений ритмодинамика и геофизика, предполагает обращение к композиции колебательных мод процессов социально-экономического развития – преимущественно низкочастотного её блока и анализ данной композиции на продолжительных отрезках истории. Детализация установленных закономерностей является специальной задачей и требует перехода к анализу взаимного сопряжения высокочастотных мод на более коротких временных интервалах.

Представления о колебательных модах развития могут быть совмещены с экологическим толкованием диапазонов толерантности изучаемых систем к действию тех или иных факторов окружающей среды (рис. 1).

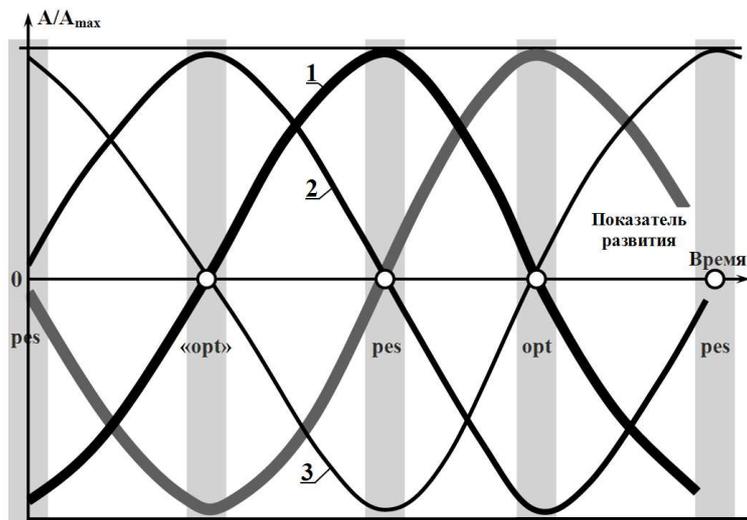


**Рис. 1.** Двумерное представление диапазона толерантности системы к действию одного фактора среды

Термин «пессимум» переводится с латыни как причинять вред, мучить, терпеть ущерб, то есть даже филологически отражает этап жизненных ограничений и высоких рисков развития системы. Поэтому нахождение значения показателя развития в области пессимума свидетельствует о наиболее неблагоприятном, возможно, кризисном, этапе её истории.

В работах выдающегося российского физиолога академика А.А. Ухтомского показано, что ключевым раздражителем в процессах нейрофизиологического регулирования поведения высших млекопитающих и человека выступают факторы среды, *быстро* меняющие свои характеристики. При этом факторы, медленно меняющие свои свойства, либо соответствующие фазы долговременно действующего фактора исключаются из рецепции образа среды. «Раздражитель, по преимуществу, является новостью в среде, – писал А.А. Ухтомский. – Чем внезапнее возникает изменение, тем более она горячая новость. Теоретически вероятно, что существуют определённые *optima* скорости! Адаптация может рассматриваться как аппарат привыкания и исключения более медленных влияний. Лишь исключив привычное, монотонное, можно сосредоточиться на новом, быстро наступающем» [1, с. 138-139]. Например, для всех организмов подобной «новостью в среде» выступают флуктуации приземного геомагнитного поля, обусловленные всплеском активности Солнца.

Поэтому именно скорость изменения параметров развития социальных систем, определяемая динамикой условий и ресурсов среды обитания, а также производные более высоких порядков служат надёжным индикатором изменения поведения систем и закономерной смены их состояний (рис. 2).



**Рис. 2. Индикатор развития системы и его производные: скорость (1), ускорение (2), скорость изменения ускорения (3)**

На рис. 2 линией максимальной ширины на рисунке показан временной ход самого параметра, а линиями уменьшающейся ширины – его производные. Фазы «устойчивого развития» обозначены как оптимумы (*opt*), а переходные, неустойчивые фазы – как пессимумы (*pes*). Однако, и это необходимо подчеркнуть, относительно медленные трансформации системы в фазе потенциально низких уровней развития также выделена как оптимум («*opt*»; примером служат военные эпохи для некоторых категорий людей). Очевидно, что отмеченные на рисунке «оптимумы» различаются не только количественно, но и качественно. Следовательно, пессимумы – такие же естественные, биологически целесообразные этапы исторического развития системы, как и «оптимумы». При этом этапы т.н. «устойчивого развития» соответствуют экстремальным уровням исходного показателя и его чётных производных, а переходные исторические фазы, связанные одновременно и с желанием реализовать внутренние потенции, и с неуверенностью в будущем (с рисками), – экстремальными значениями нечётных производных.

Таким образом, в наших исследованиях представления о механизмах толерантности систем к действию средовых факторов рассматриваются в двумерном варианте и предполагают переход от анализа временной динамики исходного показателя развития к изучению его производных. Как уже отмечалось, эмпирической базой исследований служат результаты расчёта характеристик колебательных мод – гармоник и/или элементарных циклов – производного временного ряда вида  $r_t = N_t^{-1} \cdot (\Delta N / \Delta t)$ , где  $N_t$  – число элементов системы в момент времени  $t$ ,  $\Delta N$  – оценка изменения числа элементов за предшествующий интервал времени  $\Delta t$ . В том случае, если речь идёт о квазистационарном процессе, величина  $r_t$  называется биотическим потенциалом и, в целом, пропорциональна сумме различных факторов, препятствующих увеличению численности группы. Отрицательные величины  $r_t$  соответствуют регрессивным фазам развития группы в том понимании, которое закладывал в этот термин немецкий социопсихолог Курт Левин. Если же изучаемый процесс нельзя назвать стационарным, то анализу подлежит та часть ряда (и та часть информации о процессе), которая соответствует критерию стационарности.

Согласно ранее выполненным исследованиям, на современной этапе исторического развития России в качестве мощных низкочастотных трендов культурных трансформаций выступают смена тенденции и *медленный* рост – то есть собственно развитие – компарментов культуры «религия» и «общая картина мира», а также компарментов «фундаментальные науки» и «научная картина мира».

Для анализа ситуаций недавнего исторического прошлого – начиная с 1990 года – и формулировки качественных прогнозных заключений в работе используется следующий набор колебательных мод *скорости* ( $r_t$ ), полученный в результате спектрального анализа соответствующих рядов данных (годы; в

скобках указаны обозначения мод): 1) 335,0 (M335); 2) 83,750 (M84); 3) 49,698 (M50); 4) 34,382 (M34); 5) 25,769 (M26); 6) 20,938 (M21); 7) 17,406 (M17); 8) 14,565 (M15); 9) 12,885 (M13); 10) 10,635 (M11); 11) 8,933 (M9); 12) 7,614 (M7i6); 13) 4,653 (M4i7); 14) 20,696 (M20i7).

Другими словами, диагностическая компонента ряда приближается суммой указанных мод (M335 + M84 + M50 + M34 + M26 + M21 + M17 + M15 + M13 + M11 + M9 + M7i6 + M4i7 + M20i7), а представленный на следующих рисунках полный модельный ряд являет собой сумму диагностической и трендовой компонент.

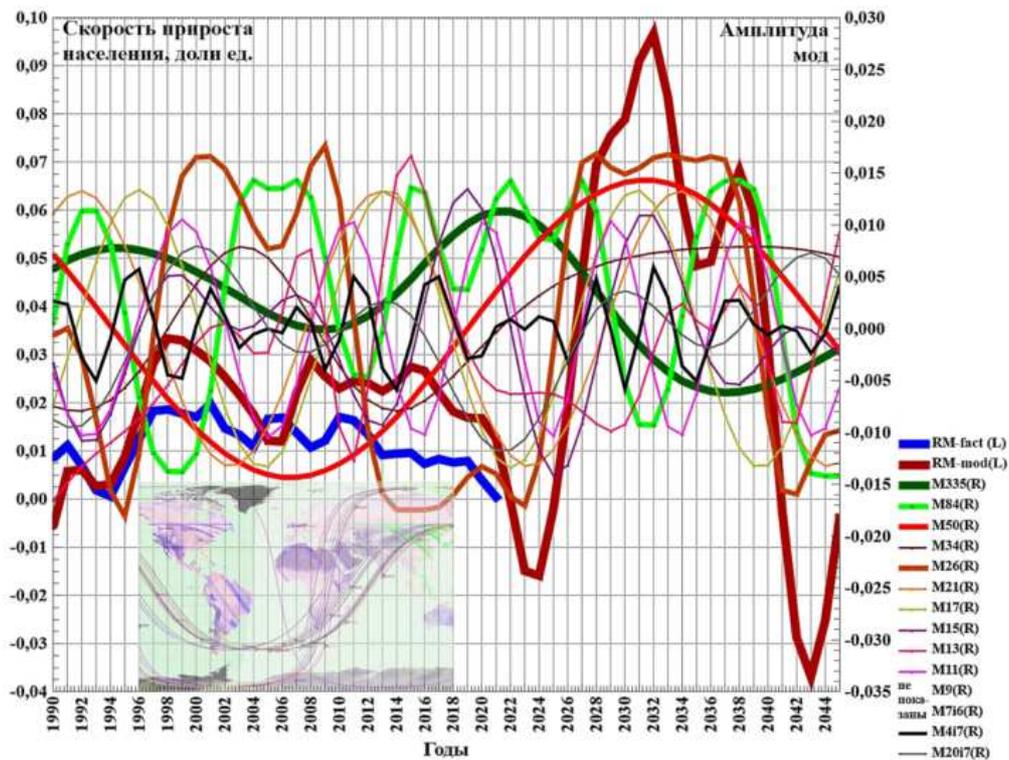
Для качественного истолкования, или интерпретации, мод привлекается классификация ритмов социально-экономического развития, обладающая чертами периодического строения, показанная на рис. 3.

Эшелон	Группа ритмов																		
	I			II			III			IV			V			VI			
Е <sub>0</sub>	0	0,002				0,004			0,006			0,01			0,014			0,018	
Е	0,018	0,02				0,04			0,06			0,10			0,14			0,17	
Д	0,17	0,21				0,37			0,57			0,94			1,31			1,67	
С	РЕФЕРЕНТНАЯ ГРУППА						СМИ И МАССОВАЯ КУЛЬТУРА												
	1,67	2,0				3,6			5,6/5,5			9,1/9,5			12,6/13,3			16,2/17	
	ЭКОНОМ. СПЕКУЛ.						ЭКОНОМ. РЕАЛЬНАЯ (ПРОИЗВОДСТВО)						ПРИКЛАДНАЯ НАУКА						
В	Торговля, производство						Техническая культура												
	17	19,4/21,5	26	30,5	34,8/36	39,5	45,5	53,7/52	59,3	70	82,5	88/91,5	98,5	107	114	122/127	144	154	157/171
	«ПРИНУЖДЕНИЕ»						ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ НАУКИ						НАУЧНАЯ КАРТИНА МИРА, ФИЛОСОФИЯ						
А	Армия, наука						«Высокая» культура												
	171	187/195	217	337		520			852			1184			1516				
	РЕЛИГИЯ						ОБЩАЯ КАРТИНА МИРА, МИФ						КОЛЛЕКТИВНОЕ БЕССОЗНАТЕЛЬНОЕ						
Номер	Религия, идеология						Этнокультура												
	+		-		+			-		+		-							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	

Жизнедеятельность общества в форме природо- и ресурсопользования

Рис. 3. Классификация ритмов социально-исторического развития территориальных систем, применяемая для интерпретации ситуаций развития

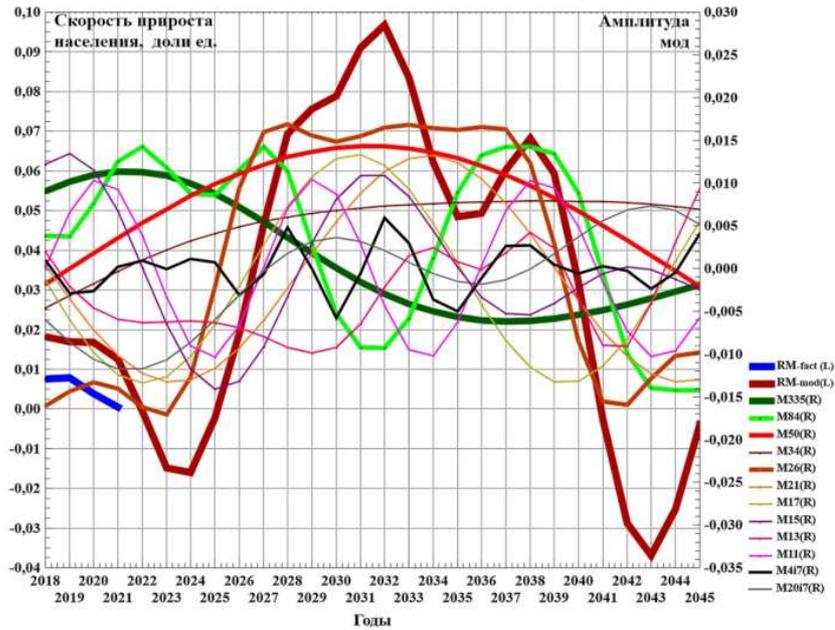
Временной ход колебательных мод на историческом отрезке 1990-2045 годы представляет рис. 4. Укажем, что рисунок иллюстрирует лишь то обстоятельство, что моды весьма плотно заполняют фазовое пространство истории (подобно траекториям спутников, заполняющих околоземное космическое пространство) и их детальный анализ возможен и результативен только на коротких отрезках истории.



**Рис. 4. Временной ход и взаимное согласование низко-, средне- и высокочастотных мод социально-исторического развития Москвы на отрезке 1990-2045 годов (R-fact – фактические, т.е. рассчитанные исходя, величины удельной скорости изменения населения Москвы в долях единицы, ось – слева; R-mod – модельные величины данного параметра)**

Кроме того отметим, что при обсуждении хода всех мод скорости, особенно сопряжённых с динамикой прикладной науки, инновационной деятельности, реального производства и биржевой активности, экстремумы мод, т.е. позиции изменения соответствующей ситуации, в основном определяются обстоятельствами предшествующего года, поскольку используемые в расчёте статистические данные за учётный год ( $N_t$ ) приурочены к 1 января следующего года.

Прогнозный фрагмент данного ряда представлен на рис. 5.



**Рис. 5. Временной ход и взаимное согласование мод социально-исторического развития Москвы на отрезке 2018-2045 годов (R-fact – фактические, т.е. рассчитанные исходно, величины удельной скорости изменения населения Москвы в долях единицы, ось – слева; R-mod - модельные величины данного параметра)**

Как уже отмечалось, на современной этапе исторического развития России в качестве низкочастотных трендов культурных трансформаций представлены смена тенденции и невыраженный рост компартов культуры «религия» и «общая картина мира» (M335), а также компартов «фундаментальные науки» и «научная картина мира» (M84).

Модель «короткого» ряда (1750-2045 годы) не противоречит этому заключению, скорее, детализирует его: рис. 5 показывает относительно более высокочастотные флуктуации данных мод, обусловленные наличием в их моделях иных численных коэффициентов амплитудной и/или фазовой модуляций, по сравнению с «длинным» рядом.

Действительно, привлекаемая к анализу модель моды M335 имеет вид:

$$M335 = -0,0134002 \cdot \cos(0,079512 \cdot d + 5,720533) \times \\ \times \cos(0,018756 \cdot d - 1,978607 \cdot \cos(-0,076432 \cdot d - 0,543573)).$$

Для сравнения приведём модель моды, входящей в композицию «длинного» ряда (1350-2045 годы), что обозначено дополнительным индексом «f»:

$$Mf335 = -0,01657 \cdot \cos(-0,004849 \cdot d + 1,665617) \times \\ \times \cos(0,018756 \cdot d - 1,22273 \cdot \cos(0,003343 \cdot d - 1,973241)).$$

Таким образом, в случае «короткого» ряда мода  $M335$  осложнена как амплитудной (АМ), так и фазовой (ФМ) модуляциями. Период АМ наиболее низкочастотной моды составляет  $T = 79$  лет, что можно истолковать как непосредственное влияние состояния фундаментальной науки на мировоззрение людей и научную картину мира.

С учётом ранее выявленного восходящего тренда данной моды, примечателен её локальный максимум в окрестности 2020-2022 годов. Локальный минимум допускается в окрестности 2036-2038 годов, события которого вновь обещают, видимо, восходящее движение компартмента «общая картина мира».

Первую позицию вполне можно трактовать в контексте общих и специфических последствий влияния пандемии *COVID-19* на глобальное общество, о которых ныне высказываются многие специалисты и аналитики.

Так, в интервью немецкому изданию *Handelsblatt* историк Нил Фергюсон (Стэнфордский университет) заявил: «Исторически пандемия коронавируса не входит в число самых смертоносных пандемий в истории человечества. Но её экономические последствия больше сопоставимы с последствиями мировой войны. <...> Мы ведём себя так, как будто переживаем третью мировую войну... И её исход будет определяться в первую очередь тем, кто будет лидировать в плане технологий... Новые технологии помогают правительствам гораздо быстрее реагировать на новые потребности своих граждан. Однако в настоящий момент мы делаем всё наоборот, создавая всё новые бюрократические структуры» ([https:// www.inopressa.ru/ article/13 Sep 2021/handelsblatt/ferguson.html](https://www.inopressa.ru/article/13-Sep-2021/handelsblatt/ferguson.html)).

По мнению *Handelsblatt*, «вирус сотрясает мир с головокружительной скоростью... Он... довёл до предела возможности финансовые системы государств, привел к коллапсу национальные системы здравоохранения, заставил некоторые правительства уйти в отставку. <...> Пандемия сотрясает всё больше правительств стран Юго-Восточной Азии (Япония, Таиланд, Малайзия, Австралия), Центральной и Южной Америки (Аргентина, Бразилия, Перу, Куба)» ([https:// www.inopressa.ru/ article/09Sep2021/ handelsblatt/delta.html](https://www.inopressa.ru/article/09Sep2021/handelsblatt/delta.html)).

В обзоре глобальных последствий *COVID-19*, подготовленном европейским изданием *Le Temps*, отмечается, что в мире «растёт беспокойство о детях: около 20 из них умирают каждую неделю по ту сторону Атлантики». Как пишет турецкая газета *Hurriyet Daily News*, «невакцинированные люди имеют право умереть от *COVID*, но не имеют право причинять смерть третьим лицам, не опасаясь выразительных сравнений <с террористами-смертниками>». В то же время газета *Irish Independent* призывает не относиться к непривитым как к зачумленным: «Так много болезней и несчастных случаев являются результатом нашего образа жизни. И многие из них можно предотвратить. <...> Нам потребуется большая терпимость и уважение к дру-

гим, чтобы оправиться от этой пандемии. Дорога будет долгой, как в экономическом, так и в психологическом плане, поэтому было бы хорошо, если бы те, кто ведет священную войну против COVID, стремились разрядить обстановку» (<https://www.inopressa.ru/article/10Sep2021/letemps/unvaccinated.html>).

Помимо ограничений пандемии, себя проявляет и другой мощный фактор, сказывающийся на устойчивости общей картины мира (в той мере, в какой это допускал Е.Н. Трубецкой, утверждая, что «звериное в человеке замазано культурой»).

В работе «Прогноз рисков социально-экономического развития России в 2018-2023 годах на основе идей комплексирования методов познания» [2] нами рассмотрена гипотетическая структура т.н. делового цикла, выделяемого в различных рядах социально-экономического развития (рис. 6). Главной задачей исследования являлось обоснование внутренней структуры цикла без учёта его фактической продолжительности на конкретном отрезке истории. Поэтому в качестве характерной продолжительности цикла – периода колебания – была принята величина, близкая к 5 годам (табл. 1).

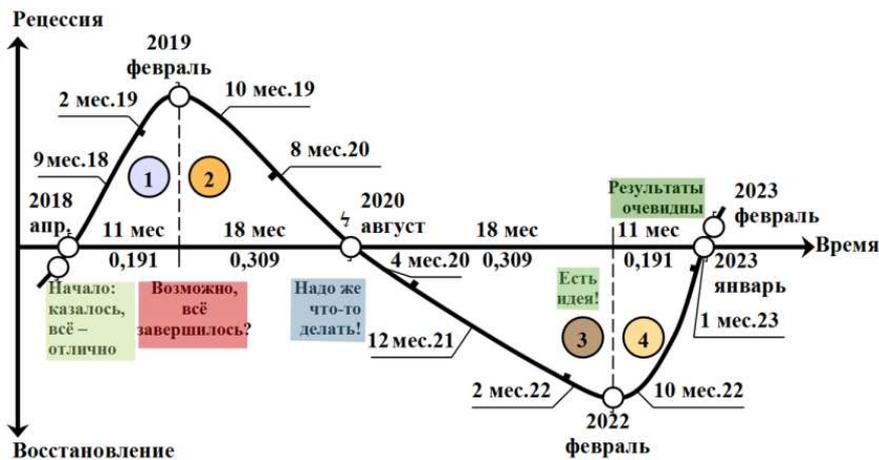


Рис. 6. Структура делового цикла 2018-2023 годах

Таблица 1  
Характеристики деловых циклов в США в 1854-2009 годах

the NATIONAL BUREAU of ECONOMIC RESEARCH				
	Фаза сжатия	Фаза расширения	Длительность цикла, месяцы/ годы	
	Max to min	Min to max	Между min	Между max
В среднем все циклы:				
1854 – 2009 (33 цикла)	17,5	38,7	56,2/ 4,68	56,4/ 4,7
1854 – 1919 (16 циклов)	21,6	26,6	48,2/ 4,02	48,9/ 4,08
1919 – 1945 (6 циклов)	18,2	35,0	53,2/ 4,43	53,0/ 4,42
1945 – 2009 (11 циклов)	11,1	58,4	69,5/ 5,79	68,5/ 5,71
			4,73 года	4,73 года
Комитет по определению сроков делового цикла Национального бюро экономических исследований США: фиксированного правила для определения фаз цикла нет ( <a href="http://www.nber.org/cycles/recessions.html">http://www.nber.org/cycles/recessions.html</a> )				

Согласно рис.6, ситуация на рубеже лета-осени 2020 года оценивалась нами как весьма напряжённая, имеющая выражено негативную экономическую составляющую, но далее допускалась тенденция к восстановлению экономики (на протяжении 2021-2022 годов), что индексировано как третья фаза цикла под условным наименованием «Есть идея!» и четвёртая фаза «Результаты очевидны». При этом механизм, подобный пандемии *COVID-19*, мы тогда не рассматривали.

Примечательно, что вынесенная на рис. 5 колебательная мода  $M_{4i7}$  действительно прошла свой локальный минимум в 2018 году – начале 2019 года, а максимум – в 2021 году – начале 2022 годов. Затем рецессионные тенденции в экономике усилятся, но лишь на короткое время. В целом, эпоха второй половины 2020 – 2024 годов окажется благоприятной для экономического развития РФ. Новый минимум определят обстоятельства 2025 года.

Таким образом, временной ход сложно модулированной моды «общая картина мира определяется участием в её оформлении фундаментальных наук, а также соответствующими изменениями в образе жизни людей и культуре общества, начиная с 2019 года.

Действительно, один из императивов познания утверждает, что научное познание и развитие философии, понимаемой как методология поиска, связаны друг с другом. Этот постулат обоснован профессором Московского университета, основоположником геохимии, биогеохимии и радиогеологии академиком В.И. Вернадским и объединяет работы учёного, опубликованные в книге «Труды по истории науки», в том числе «Очерки по истории современного научного мировоззрения» [3]. Основу «Очерков...» составил лекционный курс, разработанный для студентов университета в 1902-1903 годах. По прошествии ряда лет В.И. Вернадский писал: «Многое теперь пришлось бы в ней изменить, но основа мне представляется правильной» [3, с. 27].

Мода «фундаментальные науки» ( $T = 83,75$  лет) определяется моделью вида:

$$M_{84} = 0,014296 \cdot \cos(0,075023 \cdot d + 1,385389 \cdot \cos(-0,482884 \cdot d - 3,540927)).$$

В композиции «длинного» ряда данная мода такова:

$$M_{f84} = 0,009655 \cdot \cos(-0,034322 \cdot d + 2,006974) \times \\ \times \cos(0,075023 \cdot d - 1,84925 \cdot \cos(0,040111 \cdot d + 0,4515003)).$$

В «коротком» ряду моду осложняет лишь фазовая модуляция.

Эта мода проходит выраженный сдвоенный максимум с 2021 по 2027 годы, включающий небольшой локальный минимум в 2024 году – в эпоху вероятного максимума активности Солнца в границах 25-го солнечного цикла (см. рис. 5). Ситуацию в окрестности солнечного максимума мы истолковываем в соответствии с теорией историометрического цикла А.Л. Чижевского, которая подробно рассматривалась в публикациях 2020-2021 годов.

Далее мода  $M84$  демонстрирует резкое снижение до второй половины 2029 года и снижение более медленными темпами после этой даты, достигая минимума в 2031 году. Следующий её максимум – с 2036 по 2039 годы, который сменяется мощным минимумом в 2043 году.

Это заключение не противоречит гипотезе, согласно которой в окрестности 2028 года РФ предстоит мощная бифуркация, предваряющая коренную трансформацию жизненного уклада людей и новое геополитическое и геоэкономическое переустройство мира с институционализацией новых разделительных линий, норм и правил жизни. Видимо, наиболее драматическая фаза глобального конфликта состоится на рубеже 2030-40 годов.

Мода, характеризующая смену технологических укладов, определяемую изменениями науки и технологий ( $T = 49,698$  лет), в «коротком» ряду представлена простой моделью вида

$$M50 = -0,014358 \cdot \cos(0,126428 \cdot d - 1,454137),$$

а в «длинном» ряду – более сложной моделью:

$$Mf50 = 0,012390 \cdot \cos(0,002793 \cdot d + 1,296351) \times \cos(0,126428 \cdot d - 1,284991).$$

В первом случае она не потребовала ни амплитудной, ни фазовой модуляции, что, видимо, отражает её инвариантную природу.

Мода  $M50$  проходит широкий максимум в окрестности 2030-2032 годов, что вновь не противоречит гипотезе о возможной социально-исторической бифуркации в районе 2028 года. Затем мода вовлекается в нисходящий тренд. Иначе говоря, рассматривать представления о «неминуемой» позитивной смене технологических укладов мира у нас оснований нет. А вернуться, пока не поздно, к концепции т.н. «замыкающих технологий» причины существуют.

Связываемая с ведением боевых действий и применением военной силы, основанными на *новых технологических принципах* и научных разработках, мода ( $M34$ ;  $T = 34,382$  года; длительность цикла барицентрического движения Солнца в Солнечной системе – 35,67 лет) имеет вид:

$$M34 = 0,007912 \cdot \cos(0,182748 \cdot d + 1,248096 \cdot \cos(0,101938 \cdot d - 5,590829)).$$

В «длинном» ряду она такова:

$$Mf34 = 0,008168 \cdot \cos(0,182748 \cdot d + 0,399447 \cdot \cos(-0,324839 \cdot d + 3,943486)).$$

Моду осложняет фазовая модуляция.

В композиции мод она представлена весьма широким максимумом, охватывающим эпоху 2024-2044 годов. Столь широкий максимум данной, уже довольно высокочастотной моды, примечателен, поскольку набор и принципы композиции мод определялись исключительно формальными, расчётными методами и в дальнейшем не предполагали какую-либо дополнительную корректировку. Видимо, максимум знаменует собой всю эпоху глобальных трансформаций, которую вскоре предстоит преодолевать мировому сообществу.

Внимание привлекает и «необычный» ход «военной» моды ( $M26$ ;  $T = 25,769$  года; один из мощных циклов солнечной активности – цикл Хэйла – длится около 23,78 лет), осложнённой в данном случае и амплитудной, и фазовой модуляциями, имеющей вид:

$$M26 = -0,026436 \cdot \cos(0,001864 \cdot d + 5,889628) \times \\ \times \cos(0,243825 \cdot d + 1,124182 \cdot \cos(0,4275498 \cdot d + 4,700158)).$$

В композицию «длинного» ряда мода входит в следующем виде:

$$Mf26 = -0,013610 \cdot \cos(0,067085 \cdot d - 0,811656) \times \\ \times \cos(0,243825 \cdot d + 1,295401 \cdot \cos(0,056076 \cdot d + 3,668294)).$$

Данная мода, по-видимому, отражает динамику именно боевых действий – разномасштабных военных конфликтов и столкновений.

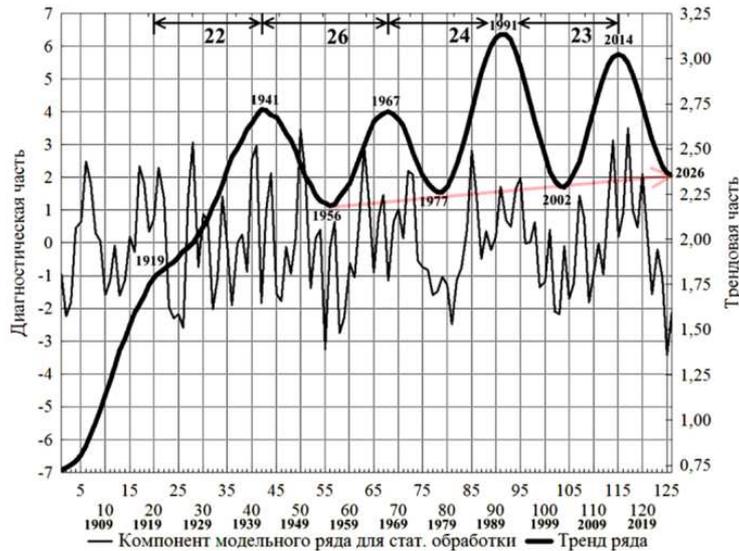
В окрестности 2020 года мода проходила невыраженный локальный максимум, что можно связать с ситуацией на Украине, moderирующей на данном историческом этапе более масштабный конфликт «Россия – Запад». Особой остроты конфликт достиг в первых месяцах 2021, когда СМИ открыто говорили о возможной войне. Но к 2023 году будет достигнут локальный минимум данной моды, после которого вероятен резкий «взлёт» вероятности военного противостояния с участием России. И вновь модель показывает широкий максимум моды, охватывающий 2027-2037 годы. В границах этого максимум проявляется дополнительная модуляция с локальным максимумом в районе 2032-2033 годов. В начале 2038 года военная ситуация снизит свою напряжённость, достигая минимума в 2041 году; а далее – вновь её усиление.

Ранее выполненные расчёты, но не по *скоростям* процессов, а по их *исходной интенсивности*, допускали подобный ход событий (рис. 7) [4].

Блок «военных» мод дополняет компонента  $M21$  ( $T = 20,938$  года) следующего вида:

$$M21 = 0,013278 \cdot \cos(0,300092 \cdot d + 1,840082).$$

Для неё не характерна ни амплитудная, ни фазовая модуляции, что свидетельствует о её инвариантной природе (по крайней мере, на данном отрезке истории).



**Рис. 7. Флуктуации диагностической и трендовой компонент ряда вооружённых конфликтов, в которые вовлекалась Россия в XX веке: в интервале 1940-1990-х годов, в эпоху безусловной субъектности России, провоцирование масштабных конфликтов ограничивалось системой международных договоров; за пределами данного интервала конфликт – приемлемый инструмент геополитики**

На наш взгляд, данная мода отражает формы и инструменты «принуждения», применяемые внутри государства для обеспечения его суверенитета, целостности, финансово-экономической и социальной стабильности. По-видимому, речь может идти о применении Росгвардии (в рамках купирования террористических угроз), полиции и служб финансового надзора и контроля. Если эта гипотеза верна, то уже в 2023 году (по сути, в начальной фазе солнечного максимума) состоится смена тенденции – с ослабления, либерализации внутренних связей на их усиление и даже ужесточение. Максимум мода будет проходить в окрестности 2034 года, а далее пойдёт на спад.

Ещё более высокочастотная мода  $M17$  ( $T = 17,406$  года), не изменённая АМ и ФМ, связывается нами с рубежом компартов «прикладная наука» и «принуждение». Видимо, в данном случае можно говорить о внедрении новых технических средств и алгоритмов в практику действия «силовиков», обеспечивающих устойчивость государства. Минимум этой моды пришёлся на 2021 год, а затем отмечается её рост по достижении максимума в начале 2031 года. Примечательно, что минимум данной моды вероятен в районе 2039 года, что следует связывать с нарушением работы инженерной инфраструктуры, обеспечивающей эффективную деятельность «силовиков».

Мода  $M15$  ( $T = 14,565$  года; приблизительно 14-летний цикл связывают с динамикой технологических инноваций, временем удвоения количества научно-технических публикаций и даже номинальным сроком нахождения на

посту главы ФРС США) характеризует состояние прикладной науки в целом и имеет вид

$$M15 = 0,014372 \cdot \cos(0,080134 \cdot d - 3,7628601) \times \\ \times \cos(0,431383 \cdot d - 2,266356 \cdot \cos(-0,023796 \cdot d + 1,760604)).$$

Её ожидаемо отличает амплитудная модуляция с периодом  $T = 78,408$  лет (т.е. прикладная наука модулируется ходом, или динамикой, фундаментальной науки, что не вызывает возражений), а также фазовая модуляция.

Максимум моды состоялся в 2019 году, на фазу которого пришёлся пик государственного оборонного заказа, размещаемого на предприятиях ОПК. Как и обсуждалось, затем объёмы оборонного заказа стали снижаться. Однако, начиная с 2025 года (возможно, после событий фазы солнечного максимума) вложения в техническое переоснащение силовых структур и гражданскую инфраструктуру вновь начнут расти. Новый максимум будет достигнут в 2031 году, но далее усиление военной напряжённости изменит тенденцию, и очередной максимум (примечательно, что меньший по амплитуде) состоится лишь в 2042 году.

Мода  $M13$  ( $T = 12,885$  лет) также входит в блок «прикладная наука», тяготея к динамике реального производства, т.е. выпуску предприятиями физических товаров и изделий:

$$M13 = -0,018357 \cdot \cos(0,095447 \cdot d + 2,018843) \times \\ \times \cos(0,487651 \cdot d - 2,185749 \cdot \cos(0,220537 \cdot d + 0,585914)).$$

И вновь мода ожидаемо модулирована по амплитуде (с  $T = 65,829$  лет; речь идёт о модуляции данного ритма более продолжительным «кондратьевским циклом», характеризующим смену технологических укладов общества), а также по фазе.

Моду отличает немонотонный широкий минимум (скорее, медленный спад) с 2019 по 2029 годы (т.е. на протяжении двух последовательных «экономических циклов») с неким невыраженным максимумом в окрестности 2024 года. Следующий бимодальный максимум состоится с 2033 по 2039 годы; максимумы разделяет минимум в районе 2036 года, когда, на фоне усиления военных угроз, производить мирную продукцию окажется затруднительно. Следующий минимум возможен в 2041 году, т.е. в финальной фазе глобальной бифуркации. Смену тенденции можно объяснить возвращением к «замыкающим технологиям».

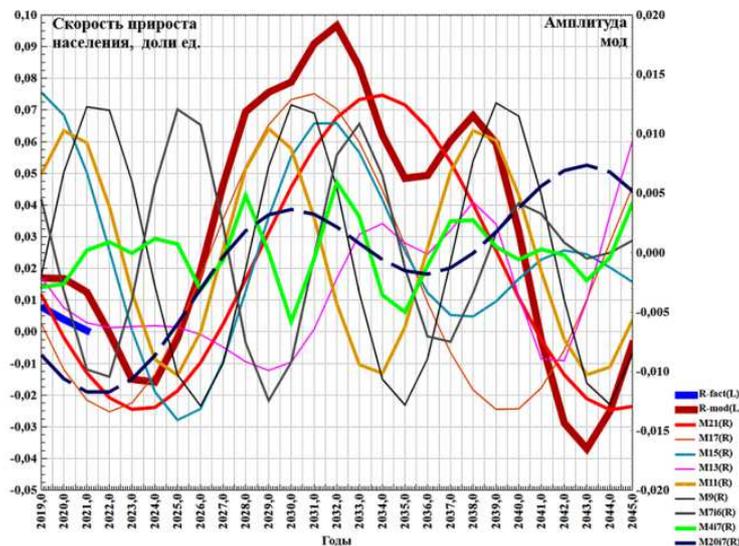
Наконец, наиболее высокочастотная мода рассматриваемого набора компонентов  $M11$  ( $T = 10,635$  года) также принадлежит блоку «прикладная наука», будучи ещё более близкой к реальному производству. Возможно, так или иначе, она отражает влияние солнечной динамики на самочувствие и трудоспособность людей, вовлечённых в экономические процессы:

$$M11 = 0,010489 \cdot \cos(0,590808 \cdot d + 1,346043 \cdot \cos(0,090741 \cdot d - 0,255271)).$$

Действительно, максимум моды  $M11$  пришёлся на самое начало 2021 года, что весьма точно совпало с «официальной» датировкой солнечного минимума, разделяющего сопряжённые 24-й и 25-цикла активности Солнца. Согласно теории историометрического цикла А.Л. Чижевского, годы «спокойного» Солнца, в целом, отмечены эпохами социальной стабильности, благополучия и достатка. Понятно, что подобный «эталонный» ход событий был скорректирован эпидемией *COVID-19*, возможно, и преднамеренно. Минимум моды ожидается в 2024 году, что вновь никак не противоречит положениям теории А.Л. Чижевского. В этом случае – случае инверсии моды  $M11$  по отношению к ходу солнечной активности – её минимум в окрестности 2033 года вновь, так или иначе, будет коррелировать с максимальной активностью Солнца и совпадёт (по крайней мере, совпадёт) с максимумами «военных» мод  $M34$ ,  $M26$  и  $M21$  (см. рис. 5). При этом производственная активность вновь снизится ( $M13$ ; а к максимуму  $M11$  вновь достигнет локального пика).

В целом, что подтверждает анализ и «длинного» и «короткого» рядов, усиление военных угроз и ухудшение экономического положения населения вызовет приток людей в наиболее крупные города, включая столицу (речь идёт о максимуме параметра  $R-mod$ ; см. рис. 5).

Подключение к анализу наиболее высокочастотных мод общей модели удельной скорости изменения населения Москвы даёт результат, представленный на рис. 8. Укажем, что в силу значительной трудоёмкости расчёта, на рисунке цветовые обозначения мод изменились, но их индексация и, тем более, локализация на оси времени остались прежними.



**Рис. 8. Временной ход и взаимное согласование высокочастотных мод социально-исторического развития Москвы на отрезке 2019-2045 годов ( $R-fact$  – фактические, т.е. рассчитанные исходно, величины удельной скорости изменения населения Москвы в долях единицы, ось – слева;  $R-mod$  - модельные величины данного параметра)**

Итак, ранее мы допустили, что принадлежащая блоку «прикладная наука» мода  $M_{11}$  ( $T = 10,635$  года) в определённой степени отражает влияние солнечной динамики на самочувствие, здоровье и трудоспособность людей, вовлечённых в экономические процессы.

Следующая мода  $M_9$  ( $T = 8,933$  года) входит в блок модели культуры «экономика реальная (производство)»:

$$M_9 = -0,012918 \cdot \cos(0,703344 \cdot d + 1,4144296).$$

Казалось бы, данный эшелон культуры вполне контролируется волей человека, но в нашем случае мода не потребовала ни амплитудной, ни фазовой модуляций. Её максимумы пришлись на 2021, 2030 и 2039 годы, а минимумы – на 2025 – первую половину 2026, 2034 – первую половину 2035 и 2043 годы. Возможно, с этих рубежей *массовое производство* начнёт восстанавливаться на фоне некоторого улучшения геополитической и геоэкономической ситуаций. К слову, с двумя последними минимумами коррелируют и локальные минимумы удельной скорости прироста населения Москвы, что можно связывать именно с ослаблением военных угроз.

Мода  $M_{7i6}$  ( $T = 7,614$  года) также наполняет «производственный» блок и представлена моделью вида

$$M_{7i6} = 0,012739 \cdot \cos(0,092556 \cdot d - 6,208218) \times \cos(0,825258 \cdot d + 1,065332).$$

В экономической теории данная мода квалифицируется вполне определённо (табл. 2) и, видимо, в этих аспектах уточняет картину социально-экономического развития государства.

Таблица 2

**Циклы социальной истории и их краткие характеристики**

Тип	Длина цикла	Главные особенности
Китчина	2-4 года	Величина запасов, колебания ВВП, инфляции, занятости, товарные циклы
Жуглара	7-12 лет	Инвестиционный цикл, колебания в ВВП, инфляции и занятости
Кузнеца	16-25 лет	Доход, Иммиграция, Жилищное строительство, совокупный спрос доход
Кондратьева	40-60 лет	Технический прогресс, структурные изменения
Форрестера	200 лет	Энергия и материалы
Тоффлера	1000-2000 лет	Развитие цивилизаций

Как уже отмечалось, мода  $M4i7$  ( $T = 4,653$  года) с высокой точностью характеризует ход т.н. «делового цикла» (табл. 1) и в нашем расчёте представлена моделью

$$M4i7 = -0,006121 \cdot \cos(0,175667 \cdot d + 8,861032) \times \\ \times \cos(1,350409 \cdot d - 1,0435486 \cdot \cos(0,305696 \cdot d + 1,6958199)).$$

Амплитудную модуляцию моды определяет период  $T = 35,768$  года, относимый нами к границе блоков «принуждение» и «фундаментальные науки». Данный результат расчёта можно истолковать в том ключе, что масштабные боевые действия, предполагающие реализацию качественно новых принципов ведения войны, не могут не сказываться на экономической динамике, особенно в её гражданском аспекте.

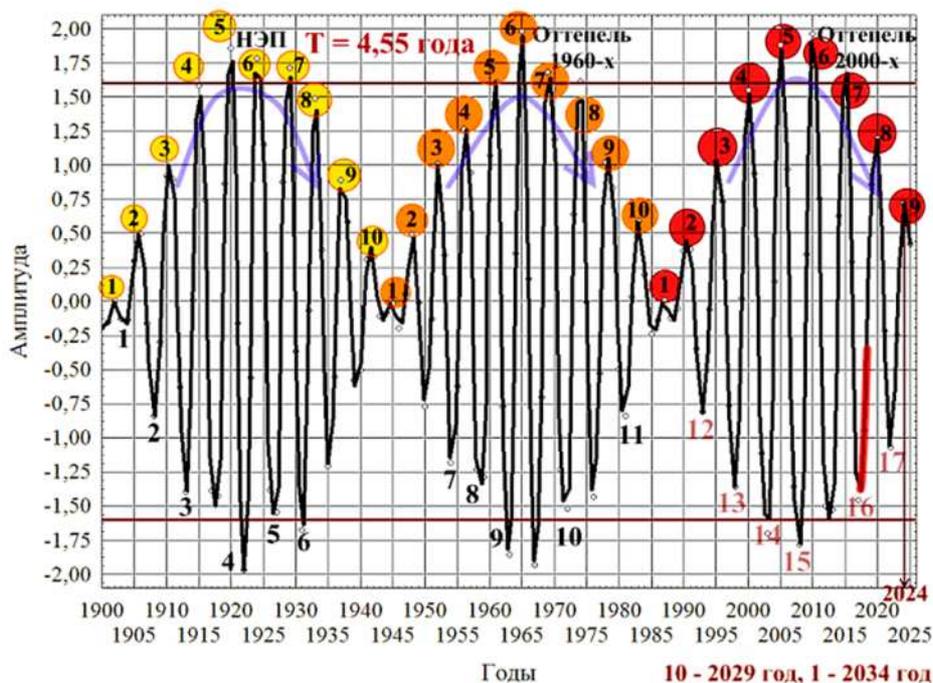
Как уже отмечалось, локальные минимумы моды пришлись на 2019 (первые этапы эпидемии *COVID-19*), середину 2025 года (возможное влияние событий, сопряжённых с максимумом солнечной активности; «Надо же что-то делать!»), начало 2030 года (первые аккорды глобальной бифуркации в районе 2028 года), 2033 (усиление военной напряжённости), вторую половину 2039 – начало 2044 года (финальные события глобальной бифуркации). Максимумы моды локализованы в первой половине 2021 – 2024 годов (широкий бимодальный максимум, разделяемый началом 2023 года, что вновь «отсылает» к теории Чижевского; «Начало: казалось, всё – хорошо»), 2028 году (собственно начало бифуркации, которая резко меняет любые тенденции социально-экономического развития; «Результаты очевидны» (табл. 3)), в начале 2032 года, в 2037 и 2041 (предельно не выраженный) годах.

Таблица 3

**Характерные точки исторической траектории РФ  
в аспекте динамики социально-экономического развития [2]**

Оценка всего интервала, годы	Датировки характерных точек траектории (месяц и год)					Общая структура цикла
	Начало: казалось, всё – хорошо	Возможно, всё завершилось?	Надо же что-то делать!	Есть идея!	Результаты очевидны	
2008–2013	Август 2008	Июнь 2009	Дек. 2010	Июнь 2012	Май 2013	5 + (4 × 12) + 5 2008 09,10,11,12 2013
2013–2018	Июнь 2013	Апрель 2014	Окт. 2015	Апр. 2017	Март 2018	7 + (4 × 12) + 3 2013 14,15,16,17 2018
2018–2023	Апрель 2018	Февраль 2019	Авг. 2020	Февр. 2022	Янв. 2023	9 + (4 × 12) + 1 2018 19,20,21,22 2023
2023–2027	Февраль 2023	Декабрь 2023	Июнь 2025	Дек. 2026	Ноя. 2027	11 + (4 × 12) – 1 2023 24,25,26,27 2027
Общий вид структуры цикла: $a + (4 \times 12) + b = 58$ месяцев, $a \pm b = 10$ месяцев; $m + n = 0,5$ и $n/m \approx 0,61803$						

Основание предположить наличие максимума экономической моды в районе 2024 года (до событий, порождаемых максимумом солнечной активности), а локализацию соответствующего минимума – в окрестности 2034 года давали расчёты, выполненные нами ещё в 2017-2018 годах ([2]; рис. 9, позиция № 9 третьего блока).



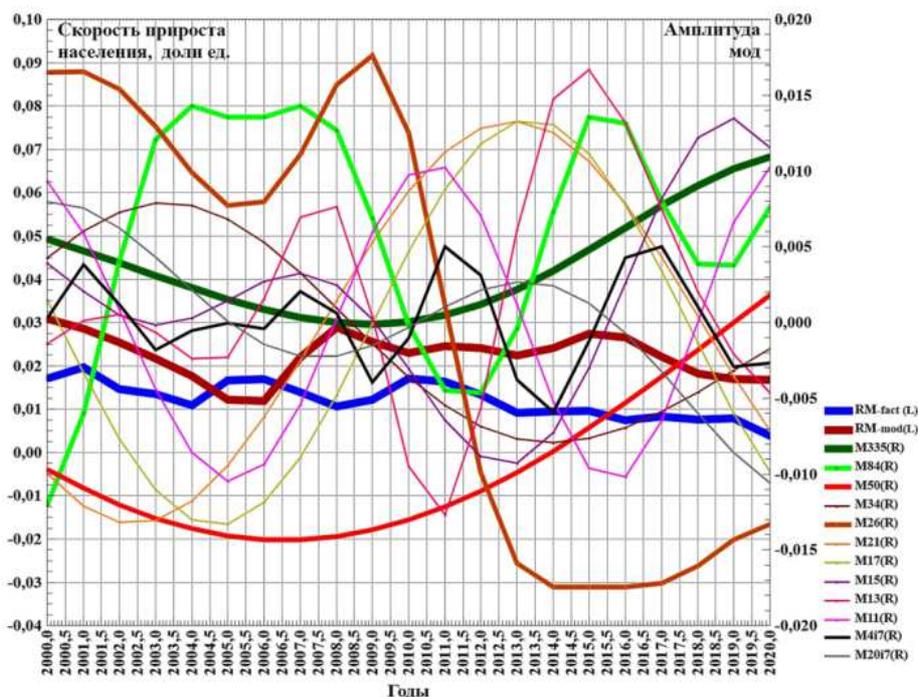
**Рис. 9. Ход экономической моды социально-исторического развития России: цифры внизу – кризисы и спады развития; десять циклов с  $T = 4,55$  лет составляют единый блок; блоки разделяют финалы глобальных изменений; начиная с середины 2000-х годов, роль управляемой экономики снижается; нисходящий фрагмент стрелок – активная фаза «большой игры»; увеличение общей дисперсии ритма маркирует эпохи появления новых инструментов познания, а снижение дисперсии до минимума – эпохи активной деятельности, зачастую в ущерб логическому мышлению**

Наконец, в наборе наиболее высокочастотных мод представлена, по сути, дублирующая компонента  $M20i7$  с  $T = 20,696$  года, видимо, принадлежащая блоку «принуждение», дополненная константой:

$$M20i7 = -0,010554 \cdot \cos(0,122909 \cdot d - 13,596306) \times \\ \times \cos(0,303591 \cdot d - 3,0875196) - 0,0013301.$$

На рис. 8 мода  $M20i7$  показана единственной пунктирной линией.

Характер согласования во времени различных наборов колебательных мод (набора  $M335...M11$  и набора  $M21...M4i7$ ), а также определяемые ими черты ситуаций социально-экономического развития РФ, точнее говоря, Москвы, как её столицы, в 2000-2020 годах представлен на рис. 10.



**Рис. 10. Временной ход и взаимное согласование низко-, средне- и высокочастотных мод социально-исторического развития Москвы на отрезке 2000-2020 годов (R-fact – фактические, т.е. рассчитанные исходно, величины удельной скорости изменения населения Москвы в долях единицы, ось – слева; R-mod – модельные величины данного параметра)**

Поскольку основная идея развиваемого нами метода анализа и прогноза типов ситуаций социально-исторического (социально-экономического) развития в данной работе сформулирована и на конкретных примерах показаны особенности реализации данного метода, далее уделим внимание локализации на оси времени лишь ключевых, на наш взгляд, колебательных мод исторического процесса.

Таковыми являются моды, наполняющие блок классификации ритмов, называемый «принуждение» ( $M34...M21$ ). Отметим повторно: в данном расчёте анализу подлежат не моды исходной интенсивности процессов какого-либо класса, а моды скорости изменения соответствующих ситуаций, к тому же опосредованные суммарной скоростью изменения численности населения

конкретной группы людей, т.е. реакцией группы на изменение комплекса факторов «окружающей среды», выступающих обстоятельствами жизнедеятельности этих людей.

В частности, на отрезке 2000-2020 годов военная мода *M26* проходила выраженный максимум в районе 2000 года. Этому рубежу эпох предшествовал дефолт России по финансовым обязательствам 1998 года, вторжение террористов в Дагестан, начало т.н. антитеррористической операции в Чеченской Республике, серия террористических актов в российских городах в 1999 году. В 2000 году произошла катастрофа АПЛ «Курск», пожар на телебашне «Останкино» в Москве; в 2002 году – захват заложников в театральном центре на Дубровке в Москве, а в 2004 году (невыраженный локальный минимум) – захват заложников в Беслане (Северная Осетия), террористические акты на пассажирских самолётах Ту-134 и Ту-154. Затем уровень военных угроз несколько снизился.

Следующий, локализованный по времени, пик моды состоялся ближе к началу 2009 года, что, учитывая формальный характер расчёта, мы связываем с военным конфликтом России и Грузии в Южной Осетии (т.н. события «08.08.08»). Именно после этого произошло резкое снижение уровня военных угроз (см. рис. 10).

Широкий минимум мода *M26* проходила со второй половины 2013 года по начало 2017 года. На эти годы пришлось террористические акты 21 октября, 29 и 30 декабря в Волгограде, активная фаза участия РФ в антитеррористической операции в Сирии, подписание договора между РФ и Республикой Крым о принятии Республики Крым в состав России («крымская весна»), атака турецким самолётом российского Су-24 (2015 год). Но данный временной интервал отражал, скорее, усиление военной мощи РФ и способности государства применять её эффективно для решения как внутривосточных, так и внешнеполитических задач. Утверждать, что в первой четверти XXI столетия найдутся вообще бесконфликтные годы, мы не берёмся.

Признаваемые мировым сообществом военные успехи РФ в Сирии, уверенная демонстрация государством боевой силы, достижения российского ОПК, возможно, выступили новым триггером усиления военных угроз, о чём мы писали в наших публикациях.

Примечательно, что ход моды *M34*, пройдя свой максимум в районе 2003 года (результаты усилий по срочному восстановлению потенциала ВС РФ), вновь оказался вовлечён в рост именно в районе 2014 года (сирийские события).

Ход моды «принуждение» *M21*, связываемой с соответствующими механизмами сохранения целостности и стабильности государства (включая финансово-экономическую стабильность), реализуемыми внутри страны, также примечателен: минимумы моды пришлось на 2002 год, которым отмечена

смена управляющих элит в России. Максимум моды формально совпал с началом 2013 года. При этом в августе 2013 года на саммите лидеров АТР было заявлено о завершении глобального финансово-экономического кризиса 2008-2013 годов. После этого наблюдалась либерализация контрольно-надзорных функций государства, насколько это позволяла текущая социально-экономическая ситуация (речь ведётся именно о тренде).

Ход моды  $M11$ , в силу близости её величины к основному периоду солнечной активности (11,11 года), мы связываем с динамикой производственных процессов, выступающих результатами научно-технологических инноваций. Поэтому, с учётом концепции солнечно-земных связей А.Л. Чижевского, мы допускаем, что фазы *максимальной* солнечной активности, видимо, *негативно* скажется на самочувствии, здоровье, трудоспособности людей и коллективов, а фаза *минимальной* активности будут *благоприятными* для различных форм социальной активности. Итак, минимумы моды  $M11$  состоялись в 2004-2005 годах (ближайший максимум солнечной активности – 04.2000 год; последствия кризиса «dotcom»); в 2015 – первой половине 2016 годов (ближайший максимум – 04. 2014 год; экономический кризис).

Здесь уместно напомнить императив А.Л. Чижевского, согласно которому Солнце не решает ни экономических, ни социальных вопросов, но в биологическую жизнь планеты вмешивается определённно. Поэтому, разумеется, не само усиление активности до максимума снижает величину моды  $M11$ , но какое-то влияние оно оказывает.

Максимумы моды  $M11$  пришлись на 2010 год (ближайший минимум активности 12.2008 год; выход глобального кризиса «в народ») и 2020 год (ближайший минимум активности пройден с 12.2019 по 01.2020 годов). Даты минимумов и максимумов последовательных циклов солнечной активности указаны по работе специалиста ИЗМИРАН (ГЦ РАН) В.Н. Ишкова «Эпохи «пониженной» и «повышенной» солнечной активности: наблюдательные особенности и ключевые факты».

Предложенная нами структура фаз финансово-экономических событий на отрезке 2013-2018 годов представлена на рис. 11 [2].

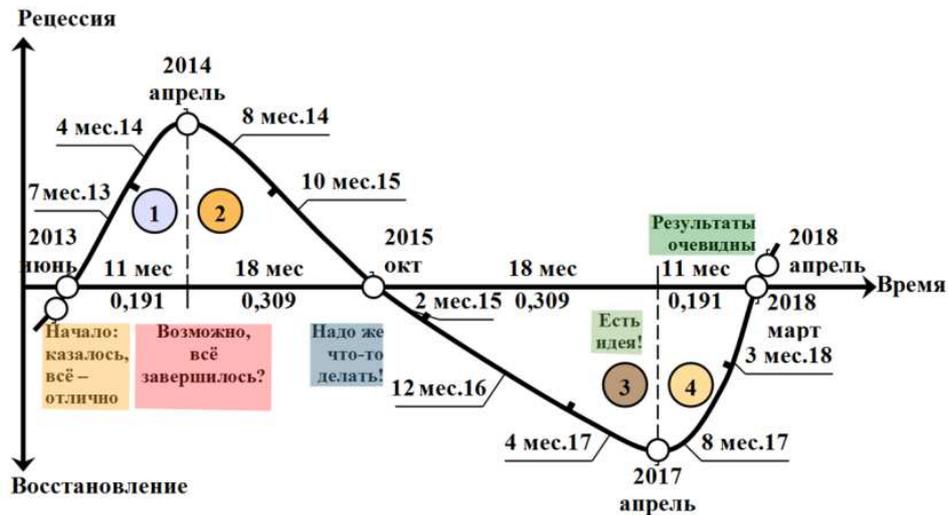


Рис. 11. Структура российского кризиса 2013-2018 годов

Эти оценки 2017 года уместно сопоставить с ходом наиболее высокочастотных мод  $M_{21}...M_{4i7}$ , хотя бы в аспекте динамики т.н. «делового цикла» (рис. 12).

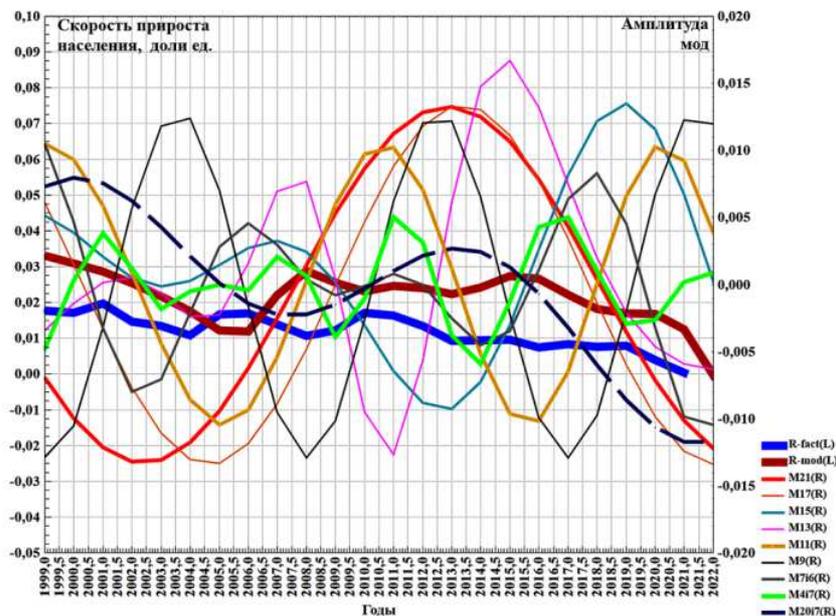


Рис. 12. Временной ход и взаимное согласование наиболее мод социально-исторического развития Москвы на отрезке 1999-2022 годов (*R-fact* – фактические, т.е. рассчитанные исходно, величины удельной скорости изменения населения Москвы в долях единицы, ось – слева; *R-mod* - модельные величины данного параметра)

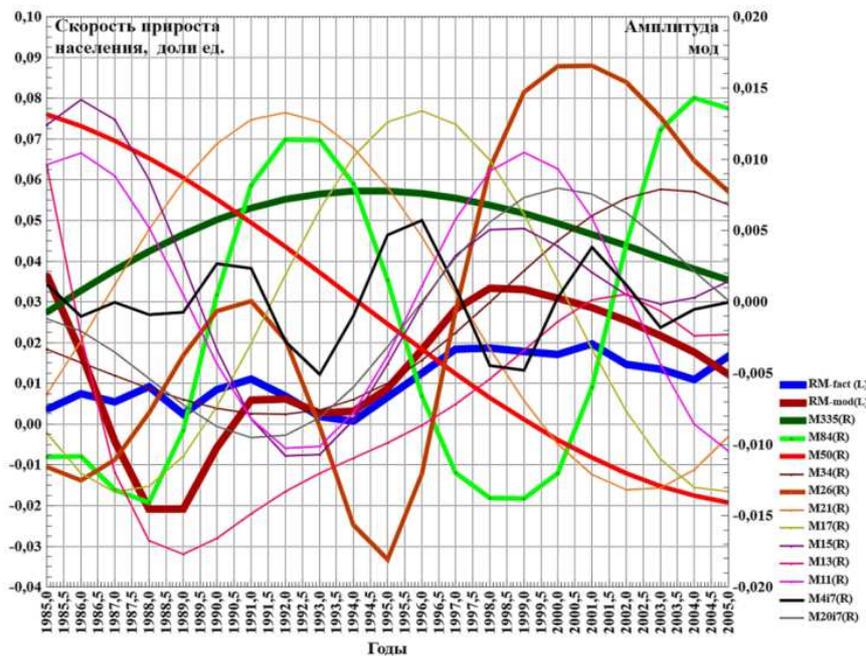
Согласно ходу моды «делового цикла»  $M_{4i7}$ , её минимум пришёлся как раз на глобальный кризис «dotcom» (окрестность 2003 года), наиболее острую

фазу глобального кризиса 2008-2013 годов (2009 год), начало 2014 года, на вторую половину 2018 – 2019 годы (экономические последствия пандемии COVID-19).

В этой ситуации начало 2014 года действительно можно было характеризовать вопросом «возможно, всё завершилось?» (см. рис. 11), а 2016 год – первую половину 2017 года тезисами «есть идея!» (по преодолению кризиса) и «результаты очевидны» (стоит только учесть, что логика рассуждений 2017 года потребовала направление усиления рецессионных (от лат. *recessus* – отступление) процессов условно ориентировать вверх, а усиления восстановительных процессов – вниз).

Ситуация осени 2017 года оценивалась экономистами как вполне устойчивая и успешная, однако, вскоре всё больше специалистов стали обращать внимание на выраженные и менее выраженные признаки приближающегося глобального неблагополучия, для которого пандемия COVID-19, скорее всего, выступила лишь триггером.

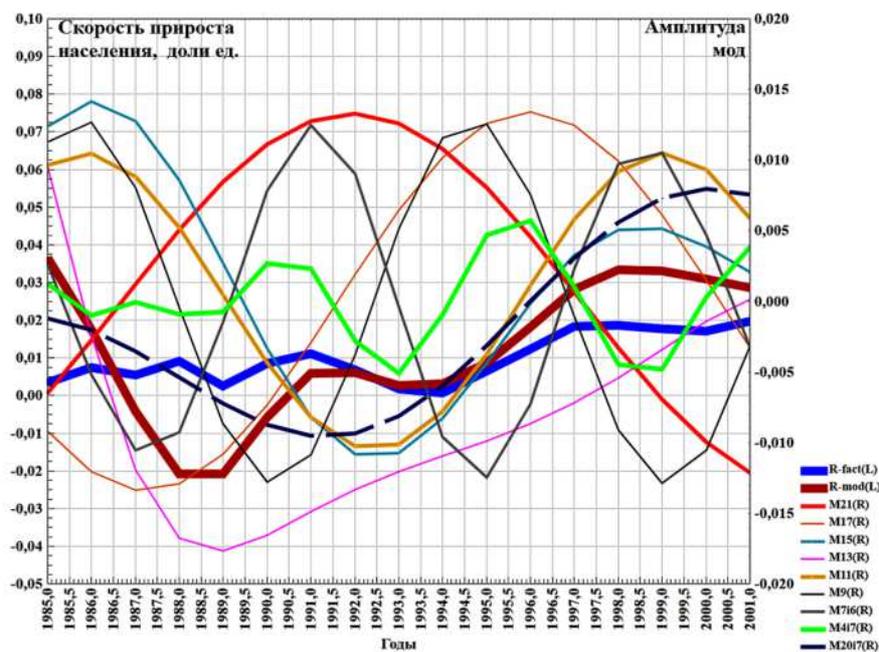
Характер согласования колебательных мод ( $M335...M11$ ) и определяемые ими черты ситуаций социально-экономического развития РФ (Москвы) на отрезке 1985-2005 годов отражает рис. 13.



**Рис. 13. Временной ход и взаимное согласование низко-, средне- и высокочастотных мод социально-исторического развития Москвы на отрезке 1985-2005 годов (R-fact – фактические, т.е. рассчитанные исходно, величины удельной скорости изменения населения Москвы в долях единицы, ось – слева; R-mod – модельные величины данного параметра)**

Согласно рис. 13, моды инновационного блока классификации ритмов ( $M11 \dots M17$ ) проходили свои минимумы с 1986 по 1994 годы (07.1989 года состоялся максимум 22-го цикла солнечной активности, с учётом того обстоятельства, что фаза максимума продолжается около трёх лет, как и фаза минимума данного цикла). В 1990 году – начале 1991 года военная мода  $M26$  достигает своего локального максимума, правда, относительно небольшой амплитуды. Наибольших значений уровень военных угроз достиг в 2000 году – первой половине 2001 года. С 1992 года по 2002 год снижалась и финансово-экономическая дисциплина в государстве. С 1989 по 1995 годы проходил свой минимум и уровень военных инноваций (мода  $M34$ ). Практически весь рассматриваемый интервал времени снижалась мода  $M50$ , связываемая с ходом цикла Кондратьева. После начала 1990-х годов и на протяжении всего десятилетия резко снижалась мода фундаментальной науки  $M84$ . Её новый рост (с учётом влияния АМ моды) отмечен после 2000 года, но был прерван глобальным кризисом «dotcom». Наиболее низкочастотная мода данного набора –  $M335$ , связываемая с компартаментами культуры «религия» и «общая картина мира», также проходила широкий минимум с 1990 по 2000 годы.

Временной ход наиболее высокочастотных мод  $M21 \dots M47$  в фазе распада СССР отражает рис. 14.



**Рис. 14. Временной ход и взаимное согласование высокочастотных мод социально-исторического развития Москвы на отрезке 1985-2001 годов ( $R$ -fact – фактические, т.е. рассчитанные исходно, величины удельной скорости изменения населения Москвы в долях единицы, ось – слева;  $R$ -mod – модельные величины данного параметра)**

Согласно рис. 14, мода «делового цикла»  $M_{47}$  проходила широкий минимум со второй половины 1985 года по 1989 годы. Затем состоялся незначительный по амплитуде её максимум 1990 года, видимо, связанный с яркой фигурой Б.Н. Ельцина, провалом попытки государственного переворота (нацеленного на сохранение СССР по результатам народного референдума), окончанием Холодной войны, началом либеральных социально-экономических реформ, включая приватизацию государственной собственности.

Однако народную эйфорию нарушили события 1992-1993 годов (конституционного кризиса). Следующий максимум «делового цикла» – в самых первобытных его проявлениях (это время автор прекрасно помнит) – состоялся в окрестности 1994-95 годов, но был нивелирован дефолтом 1998 года.

К моменту распада СССР достиг своего локального максимума и уровень внутренней координации государственных служб, после чего началась выраженная их деградация ( $M_{21}$ ).

Минимум моды  $M_{11}$  (1992 год) состоялся несколько позже максимума 22-го цикла солнечной активности – в окрестности июля 1989 года; повторим, что фаза максимума продолжается около трёх лет, а Солнце напрямую «не решает» социально-экономических вопросов.

Итак, в работе на отдельных исторических примерах показан алгоритм использования метода анализа и прогноза ситуаций социально-исторического развития социальных систем. Теоретическую основу метода составляет классификация ритмов исторического развития, обладающая чертами периодического строения и имеющая формальное математическое обоснование (выражение), что показано в ряде наших публикаций, в т.ч. в центральных научных изданиях. Ныне к этой аргументации мы, как правило, не возвращаемся. Эмпирическую основу метода образуют идеи, принципы и практические приёмы научных направлений ритмодинамики и геофизика, которые адаптированы нами применительно к особенностям решаемых ныне задач.

Мы прекрасно понимаем, что всех деталей предстоящих событий не знают ни ангелы, ни бесы. А детали событий прошлого зачастую выступают предметом оживлённых дискуссий специалистов, так как тоже актуально не существуют. Они могут быть лишь реконструированы (воссозданы) с той или иной «физической» достоверностью и математической точностью с опорой на классические и перспективные методы исторических исследований и сопряжённых с ними дисциплин.

Однако на протяжении последних 20 лет мы и не претендовали на то, чтобы указывать достоверные детали событий истории. Речь всегда велась лишь о возможности выделения главных трендов социально-исторических процессов и некоторых, наиболее крупных, генерализованных (от англ. *general* – общий, главный) черт, по сути, рамок, ситуаций развития. Именно на решения подобных задач и были направлены наши усилия. Кроме того, вни-

мание уделялось динамическим характеристикам окружающей среды, в совокупности определяющим обстоятельства социально-исторического и социально-экономического развития территориальных систем, но ни в коей мере не детерминирующими напрямую ход и вероятные последствия такого развития.

В процессе исследований мы охотно ассимилировали и осмысливали все идеи и подходы к решению подобных проблем, как определяющие эвристические возможности нашего метода, так и его существенные ограничения. К сожалению, в последние годы новых ярких конструктивных идей становилось всё меньше и меньше, а риски развития усилились многократно.

Подводя итог рассуждениям, напомним важную позицию профессора А.Л. Чижевского, который указывал, что ни опыт, ни математический анализ сами по себе не имеют никакой познавательной ценности, если тот, кто прибегает к ним, ничего не ждёт или ничего не видит, а пытается с помощью «спекуляций» что-либо открыть или изобрести. Вероятность такого события приближается к нулю. Для того, чтобы эта вероятность хотя бы приближалась к единице, надо уметь ожидать и видеть.

### **Библиографический список**

1. Соколова Л.В. А.А. Ухтомский и комплексная наука о человеке. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2010. 316 с.
2. Волков А.В. Прогноз рисков социально-экономического развития России в 2018-2023 годах на основе идей комплексирования методов познания// Вестник ТулГУ. Серия «Экология и безопасность жизнедеятельности». Тула: Изд-во ТулГУ, 2018. 262 с. С. 158-167. URL: <http://tsu.tula.ru/gs/science/sborn/vestnik-tulgu-eco-2018.pdf>.
3. Вернадский В.И. Труды по истории науки. М.: Наука, 2002. 501 с. (Серия «Библиотека трудов академика В.И. Вернадского»).
4. Волков А.В. Войны России XX века: формальный анализ причин// Вестник ТулГУ. Серия «Экология и безопасность жизнедеятельности». Тула: Изд-во ТулГУ, 2017, 252 с. С 49-91. URL: <http://tsu.tula.ru/files/40/vestnik-tulgu-eco-2017.pdf>.

УДК 316.4.051.2: 316.4.06

А.В. Волков, канд. техн. наук, доц., [wolkow.av@mail.ru](mailto:wolkow.av@mail.ru)  
(Россия, Тула, ТулГУ)

## **ЗАКОНОМЕРНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ЕДИНИЧНЫХ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ МОД ЛИНЕЙНЫХ МОДЕЛЕЙ ИСТОРИИ МОСКВЫ КАК ЭМПИРИЧЕСКАЯ БАЗА РАЗРАБОТКИ ИНСТРУМЕНТОВ УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ**

*На основе результатов статистической обработки рядов удельных скоростей изменения населения Москвы, начиная с 1350 года, показано, что картину исторически сложившихся связей колебательных мод, включаемых в состав моделей развития, определяют соотношения начальных фаз каждой единичной моды. Картина начальных фаз отражает принципиальную организованность мод, образующих итоговую модель процесса. Частным случаем организованности выступает регулярность в изменении величин фаз, рассматриваемая в зависимости от главного атрибута мод – периода их колебания. На базе данных закономерностей обоснована идея методического подхода к решению проблемы анализа, прогноза и управления ходом социально-экономического развития. На примерах рассмотрены особенности практическая реализация предложенной методологии.*

*Ключевые слова:* динамика исторических и социально-экономических процессов, волны и циклы истории, колебательные моды, ритмодинамика, классификация ритмов развития, удельная скорость изменения численности населения, статистические методы обработки данных, спектральный анализ, типология ситуаций развития, анализ, прогноз и управление развитием, бифуркация.

### **Введение**

В начале XXI века моделирование социально-исторических процессов остаётся эффективным инструментом анализа прошлого и познания будущего. Однако фундаментальное заключение экспертов Римского клуба, согласно которому «устойчивый» мир никогда не станет реальностью, если его невозможно представить, датируется ещё 1970-ми годами. Предвидение должно строиться из идей многих людей, прежде чем примет законченные и привлекательные формы. В физических границах времени и пространства предвидение порождает не только элементы нового знания и поведения, но и новые социальные институты [1].

Основные принципы циклического истолкования хода истории были сформулированы в работах итальянского философа, одного из основоположников исторического познавательного подхода Джамбаттисты Вико (1668 – 1744) и развиты в трудах О. Шпенглера, А. Тойнби, Н.Я. Данилевского, Л.Н. Гумилёва и других учёных. Согласно этому подходу, процесс возникновения цивилизаций определялся «вызовами» внешней среды. Взаимодействуя со средой, каждая цивилизация проходит стадии формирования, роста, надлома и распада [2-4].

Идея нашего подхода к проблеме математического анализа и прогноза временной динамики социально-исторических процессов заключается в следующем: приближение временного ряда удельной скорости изменения населения территориальных систем линейными моделями обеспечивает прогноз численности населения изучаемой территории, а истолкование природы выделенных в спектре ряда колебательных компонент (единичных мод), сопряжённых с ними изменений позволяет сформулировать заключение о характере предстоящих ситуаций социально-исторического развития, их наиболее общих, типологических чертах [5].

Задачами данного этапа работы явились:

- установление закономерностей организации начальных фаз единичных колебательных мод, входящих в модель социально-исторического процесса, с учётом величин их амплитуд и периодов колебаний, а также периодов амплитудной и фазовой модуляции мод;
- обоснование идеи методического подхода к решению проблемы анализа, прогноза и управления ходом социально-экономического развития на базе полученных закономерностей;
- уточнение особенностей практической реализации данной методологии.

Как уже отмечалось, исходные для расчётов данные заимствованы из соответствующей статьи в Википедии ([https://ru.wikipedia.org/wiki/Население\\_Москвы](https://ru.wikipedia.org/wiki/Население_Москвы)), обобщающей информацию Федеральной службы государственной статистики и её московского подразделения (<https://mosstat.gks.ru>), приводимые на 1 января каждого года, следующего за учётным, результаты всесоюзных и всероссийских переписей населения, данные численности населения РФ по муниципальным образованиям (в т.ч. представленные в архиве интернет-ресурса [www.demoscope.ru](http://www.demoscope.ru)), информацию опубликованных источников, например, результатов переписи Москвы 1902 года (издание Статистического отдела Московской городской управы, 1904-1906) и иных.

### **Анализ системы фаз колебательных мод «длинного» ряда**

Целесообразно отметить, что модели так называемых «длинного» и «короткого» рядов величин *удельной скорости* изменения населения Москвы построены по *единому набору* периодов, за исключением последней компоненты каждой модели – компоненты № 14. Она подобрана формально так, чтобы увеличить величину теоретического корреляционного отношения, или индекс корреляции,  $R$ . Поэтому величина периода колебания компоненты № 14 в моделях «длинного» и «короткого» рядов неодинакова. Более существенно, что каждая из компонент №№ 1-13, имея одинаковый главный период колебания, по-своему осложнена амплитудной и фазовой модуляциями, обеспечивающими её оптимальное позиционирование на оси времени. Потому

численные коэффициенты данных мод также различаются. Обозначения мод длинного ряда включают сочетание «*Mf*», где «*f*» – первая буква английского слова *full*, т.е. полный, а обозначения мод «короткого» ряда начинаются с буквы «*M*».

Численные величины параметров единичных мод «длинного» ряда приведены в табл. 1.

**Таблица 1**

**Величины параметров единичных колебательных мод, образующих модель «длинного» ряда, подлежащие статистической обработке**

Параметры моделей единичных колебательных мод («длинный» ряд)						
№	Индекс	$A_i$	$T_{AM-i}$	$T_i$	Фаза $_i$	$T_{FM-i}$
1	<i>Mf</i> 335	0,016574	1295,7683	335,0	-1,22273	1879,5050
2	<i>Mf</i> 84	0,009655	183,06583	83,750	-1,84925	156,64494
3	<i>Mf</i> 50	0,012390	2249,6188	49,6978	-1,284991	11000
4	<i>Mf</i> 51i3	0,000055	11000	51,269127	+0,375819	11000
5	<i>Mf</i> 34	0,008168	11000	34,3816	+0,399447	19,342460
6	<i>Mf</i> 26	0,013610	93,660063	25,7692	+1,295401	112,04767
7	<i>Mf</i> 21	0,005438	11000	20,9375	+1,973531	56,891782
8	<i>Mf</i> 17	0,009837	59,094704	17,4056	-0,687576	11000
9	<i>Mf</i> 15	0,003111	11000	14,5652	+0,618863	26,992874
10	<i>Mf</i> 13	0,003706	11000	12,8846	-0,500543	11000
11	<i>Mf</i> 11	0,005904	60,502623	10,6349	+2,521562	830,55986
12	<i>Mf</i> 9	0,004575	11000	8,9333	+1,757137	402,79411
13	<i>Mf</i> 7i6	0,003370	11000	7,6136	+1,298060	30,535586
14	<i>Mf</i> 4i7	0,003504	58,003095	4,6528	+2,483020	31,024552

Обозначения:  $A_i$  – амплитуда колебательной моды, номер ( $i$ ) и индекс которой указан в первом столбце, то есть *модуль* наибольшего отклонения моды от положения «равновесия»;  $T_{AM-i}$  – период амплитудной модуляции моды, годы;  $T_i$  – основной период колебания моды, годы; Фаза $_i$  – величина начальной фазы, рад;  $T_{FM-i}$  – период фазовой модуляции моды, годы. Эмпирический результат «отсутствие модуляции» отражён величиной периода  $T = 11\,000$  лет, поскольку  $2\pi/T_{AM} = 2\pi/11000 = 0,0005712$  и  $\cos(0,0005712) = 0,99(9) \approx 1$

Методами спектрального анализа в структуре «длинного» ряда установлены колебательные моды, имеющие следующие величины периодов колебаний (годы): 1) 335,0 (*Mf*335); 2) 83,750 (*Mf*84); 3) 49,698 (*Mf*50); 4) 34,382 (*Mf*34); 5) 25,769 (*Mf*26); 6) 20,938 (*Mf*21); 7) 17,406 (*Mf*17); 8) 14,565 (*Mf*15); 9) 12,885 (*Mf*13); 10) 10,635 (*Mf*11); 11) 8,933 (*Mf*9); 12) 7,614 (*Mf*7i6); 13) 4,653 (*Mf*4i7); 14) 51,269 (*Mf*51i3).

Именно на данные моды приходится основная доля общей дисперсии, или энергии, изучаемого ряда, а, по сути, энергии, определяющей динамику развития социальной системы.

Обратим внимание на особенность, затрудняющую заполнение табл. 1. При подгонке модельных величин к фактическим методом МНК *не все* еди-

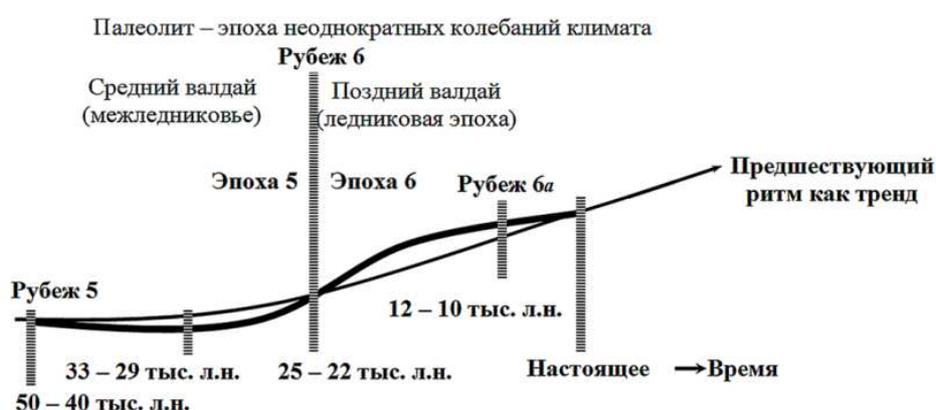
ничные моды, входящие в композиции модели, потребовали применения инструментов амплитудной и фазовой модуляции, увеличивающих итоговое значение коэффициента  $R$ . В этом случае эмпирический результат «отсутствие модуляции» интерпретировался как наличие периода очень большой продолжительности:  $T = 11\ 000$  лет. Формально, это эквивалентно отсутствию выраженной модуляции амплитуды и/или фазы ритма.

Обоснование данного приёма базируется на работах [6-8].

В частности, российский историк-востоковед Л.Б. Алаев выделил несколько интервалов и рубежей древнейшей истории человечества, включая мезолит (15-12 – 10 тысяч лет назад) и неолит – переход к производящему хозяйству (10 – 5-6 тысяч лет назад. По мнению учёного, фундаментальное разграничение следует проводить между мезолитом и неолитом по критерию возникновения производящего хозяйства – скотоводства, земледелия – около 10-11 тысяч лет назад. «Этот и ряд других рубежей, – указывает Л.Б. Алаев, – имеют большее значение, чем другие» [6, с. 23-24].

Данная эпоха совпала с завершением последнего оледенения – около 10 тысяч лет назад и отличалась довольно суровым климатом и распространением вечной мерзлоты не только в Сибири, но даже на Русской равнине (рис. 1). С позиции геологии, речь идёт о недавнем времени, но стратиграфическое расчленение соответствующих отложений и палеогеографическое истолкование этого периода дискуссионны [7].

Итак, ритм продолжительностью около 11 000 лет отражает изменения климата эпохи палеолита и потому может рассматриваться в роли наиболее низкочастотного периода амплитудной и/или фазовой модуляции единичных мод, входящих в композицию исторических процессов.



**Рис. 1. Эпоха окончания последнего оледенения, в ходе которой фаза наибольшего развития присваивающего хозяйства сменяется фазой возникновения производящего хозяйства (рубеж 6а)**

Особенности организации базы данных, по которой выполнялась статистическая обработка параметров «длинного» ряда, отражает табл. 2.

Таблица 2

**Фрагмент базы данных, используемой при анализе характеристик «длинного» ряда**

32 N	33 Ad	34 Tamd	35 Ta2	36 TadLN	37 Td	38 TdLN	39 FZd	40 Tfzd	41 Tf2	42 TfdLN
1	0,016574	1295,7683	1295,7683	7,16685908	335	5,81413053	-1,22273	1879,505	1879,505	7,5387637
2	0,009655	183,06583	183,06583	5,20984581	83,75	4,42783617	-1,84925	156,64494	156,64494	5,0539817
3	0,01239	2249,6188	2249,6188	7,71851606	49,6978	3,90596067	-1,284991	11000		9,3056506
4	0,000055	11000		9,30565055	51,269127	3,93708876	0,375819	11000		9,3056506
5	0,008168	11000		9,30565055	34,3816	3,53752154	0,399447	19,34246	19,34246	2,9623027
6	0,01361	93,660063	93,660063	4,53967188	25,7692	3,24917998	1,295401	112,04767	112,04767	4,7189244
7	0,005438	11000		9,30565055	20,9375	3,04154181	1,973531	56,891782	56,891782	4,0411509
8	0,009837	59,094704	59,094704	4,07914131	17,4056	2,85679199	-0,687576	11000		9,3056506
9	0,003111	11000		9,30565055	14,5652	2,67863512	0,618863	26,992874	26,992874	3,2955729
10	0,003706	11000		9,30565055	12,8846	2,5560328	-0,500543	11000		9,3056506
11	0,005904	60,502623	60,502623	4,10268672	10,6349	2,36414105	2,521562	830,55986	830,55986	6,7221
12	0,004575	11000		9,30565055	8,9333	2,18978587	1,757137	402,79411	402,79411	5,9984255
13	0,00337	11000		9,30565055	7,6136	2,02993612	1,29806	30,535586	30,535586	3,4188928
14	0,003504	58,003095	58,003095	4,06049637	4,6528	1,53746919	2,48302	31,024552	31,024552	3,4347789

Статистики выборок величин периодов основного колебания моды ( $T_d$ ), её амплитудной ( $T_{amd}$ ) и фазовой модуляций ( $T_{fzd}$ ) представлены в табл. 3

Таблица 3

**Статистические характеристики периодов, входящих в модели единичных мод «длинного» ряда**

Variable	Descriptive Statistics (DinamNasel-Msk-FZ - 1)											
	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Variance	Std.Dev.	Coef.Var.	Standard Error	Skewness	Std.Err. Skewness	Kurtosis	Std.Err. Kurtosis
Td	14	48,39252	4,652800	335,0000	7291,532	85,39047	176,4539	22,82156	3,339978	0,597380	11,73007	1,154050

$M_T = 48,4$  года – цикл Кондратьева

Variable	Descriptive Statistics (DinamNasel-Msk-FZ - 1)											
	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Variance	Std.Dev.	Coef.Var.	Standard Error	Skewness	Std.Err. Skewness	Kurtosis	Std.Err. Kurtosis
Tamd	14	5785,694	58,00310	11000,00	29627159	5443,084	94,07832	1454,725	-0,036713	0,597380	-2,30750	1,154050

Variable	Descriptive Statistics (DinamNasel-Msk-FZ - 1)											
	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Variance	Std.Dev.	Coef.Var.	Standard Error	Skewness	Std.Err. Skewness	Kurtosis	Std.Err. Kurtosis
Ta2	7	571,3876	58,00310	2249,619	751202,6	866,7195	151,6868	327,5892	1,625633	0,793725	1,620256	1,587451

Без  $T = 11\ 000$  лет.  $M_T = 571,4$  – ядро блока «общая картина мира»

Variable	Descriptive Statistics (DinamNasel-Msk-FZ - 1)											
	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Variance	Std.Dev.	Coef.Var.	Standard Error	Skewness	Std.Err. Skewness	Kurtosis	Std.Err. Kurtosis
Tfzd	14	3396,167	19,34246	11000,00	25150202	5014,998	147,6664	1340,315	1,032944	0,597380	-1,06130	1,154050

Variable	Descriptive Statistics (DinamNasel-Msk-FZ - 1)											
	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Variance	Std.Dev.	Coef.Var.	Standard Error	Skewness	Std.Err. Skewness	Kurtosis	Std.Err. Kurtosis
Tf2	10	354,6339	19,34246	1879,505	352254,1	593,5100	167,3585	187,6843	2,301477	0,687043	5,364827	1,334249

Без  $T = 11\ 000$  лет.  $M_T = 354,6$  – компартимент культуры «общая картина мира», ближе к «религии» (но не религия), выполняющий роль фактора, детализирующего историческую динамику ряда

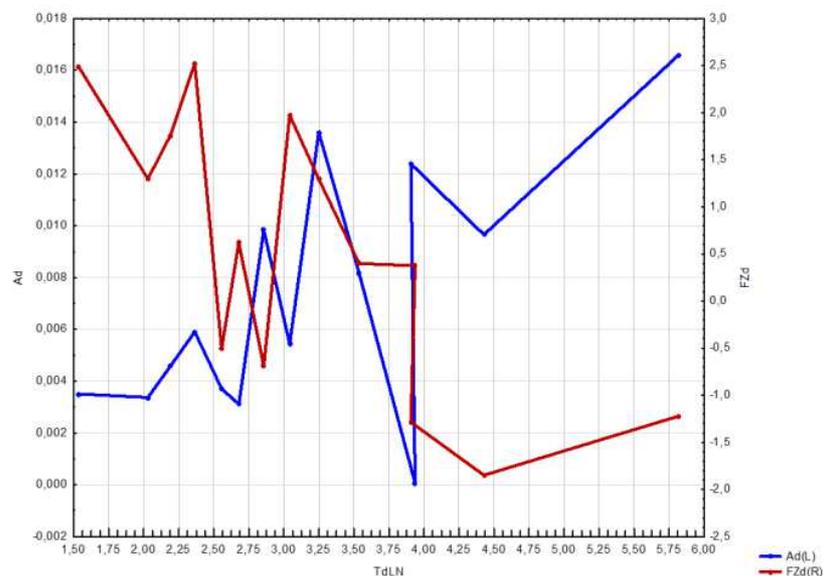
Применительно к результатам, представленным в табл. 3, отметим, что для соответствующих выборок «короткого» ряда, анализируемых без учёта пе-

риодов  $T = 11\ 000$  лет, и для случая амплитудной, и для случая фазовой модуляций величины математических ожиданий выборок ( $M_T$ ) меньше. Поскольку инструменты амплитудной и фазовой модуляций мод обеспечивают не только более адекватную – с позиции величины  $R$ , – но и более детализированное описание процесса, факт уменьшения величины  $M_T$  при переходе от «длинного» ряда к «короткому» мы интерпретируем как естественный в этом случае рост детализации описания.

Укажем, что для целей количественной характеристики результатов корреляции двух или более изучаемых параметров в данной работе используются следующие показатели тесноты связи между выборками (явлениями):

- коэффициент линейной корреляции ( $r$ );
- коэффициент детерминации ( $d_r = r^2 \times 100\ %$ ;  $d_R = R^2 \times 100\ %$ ; показывает, какая доля общей дисперсии изучаемого признака объясняется влиянием факторов, включённых в уравнение регрессии);
- теоретическое корреляционное отношение, или индекс корреляции ( $R$ ; применяется для характеристики связи параметров при любой её форме; чем ближе величина  $R$  к единице, тем связь между признаками сильнее).

Для проведения дальнейших рассуждений от соответствующих величин периодов ( $T$ ), исчисляемых в годах, перейдём к величинам их натуральных логарифмов. Зависимость амплитуды и начальной фазы единичных мод от величины натурального логарифма их *основного* периода ( $\ln(T_i)$ ) представлена на рис. 2.



**Рис. 2. Предварительная картина зависимости амплитуд ( $A_d$ ) и начальных фаз ( $Fz_d$ ) единичных мод модели «длинного» ряда от величин натурального логарифма их основного периода колебания ( $T_{dLN}$ )**

Приведённые на рис. 2 графики содержат признаки регулярного изменения, но эти признаки подавляются соответствующими линейными трендами. Определим эти тренды и удалим из каждой выборки.

Величины коэффициентов линейных трендов представлены в табл. 4.

Таблица 4

Величины численных коэффициентов моделей линейных трендов

Model: Ad = X*N+Y (DinamNasel-Msk-FZ - 1)	
Dep. var: Ad Loss: (OBS-PRED)**2	
Final loss: ,000178722 R= ,61900 Variance explained: 38,316%	
N=14	
	X Y
Estimate	-0,00069856 0,012375
Model: FZd = X*N+Y (DinamNasel-Msk-FZ - 1)	
Dep. var: FZd Loss: (OBS-PRED)**2	
Final loss: 12,374331683 R= ,73785 Variance explained: 54,443%	
N=14	
	X Y
Estimate	0,254953 -1,3994548

Результат процедуры удаления трендов из рассматриваемых выборок показаны на рис. 3.

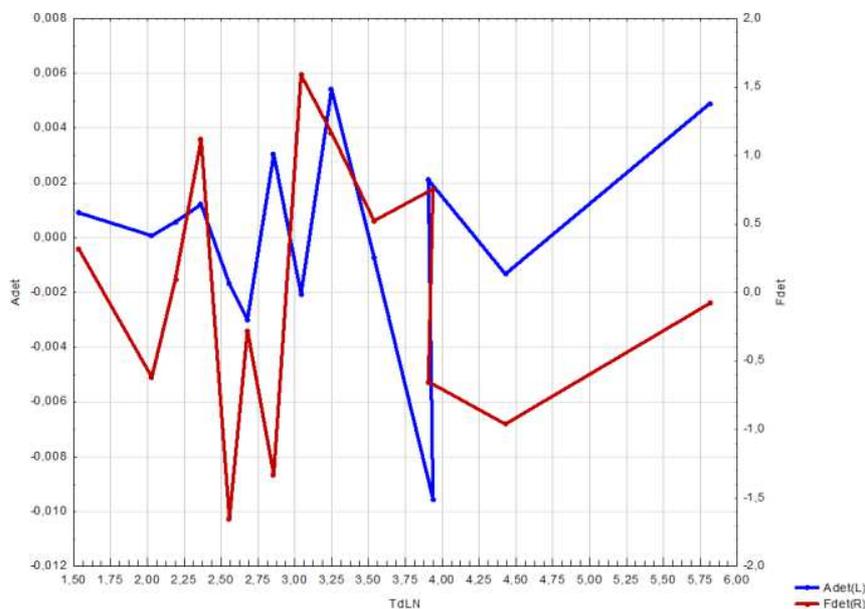


Рис. 3. Картина зависимости амплитуд ( $A_d$ ) и начальных фаз ( $F_{zd}$ ) единичных мод модели «длинного» ряда от величин натурального логарифма их основного периода колебания ( $T_{dLN}$ ) после удаления линейных трендов

По результатам расчёта периодограмм, или «сырых спектров», трансформированных выборок  $\{A_d\}$  и  $\{Fz_d\}$  рассмотрим линейные модели выборок ( $\{A_{d-det}\}$  приближается с  $R = 0,53$ , поэтому данную модель исключаем из анализа):

$$Fdet = A \cdot \cos(2\pi/2,3333 \cdot N + B1) + A2 \cdot \cos(1,686915 \cdot N - 0,0296005) \times \\ \times \cos(2\pi/3,5 \cdot N + B2 \cdot \cos(1,093557 \cdot N - 2,1942136)) + A3 \cdot \cos(0,142521 \cdot N + \\ + 5,117755) \cdot \cos(2\pi/7 \cdot N + B3) + Q,$$

где  $N$  – аргумент ряда (номер моды, см. табл. 2).

Величины численных коэффициентов модели приведены в табл. 5.

Таблица 5

**Величины численных коэффициентов регрессионной модели**

Model: Fdet = A*cos((2*Pi)/2,3333*N+B1)+A2*cos(1,686915*N-... (DinamNasel-Msk-FZ - 1							
Dep. var: Fdet Loss: (OBS-PRED)**2 Estimation method: Rosenbrock and quasi-Newton							
Final loss: ,396728413 R= ,98384 Variance explained: 96,794%							
N=14	A	B1	A2	B2	A3	B3	Q
Estimate	0,1474701	-1,4408139	1,898970	0,936141	1,256316	0,761203	-0,389301

Периодограмма, или «сырой спектр», ряда  $\{Fz_d\}$  приведён на рис. 4.

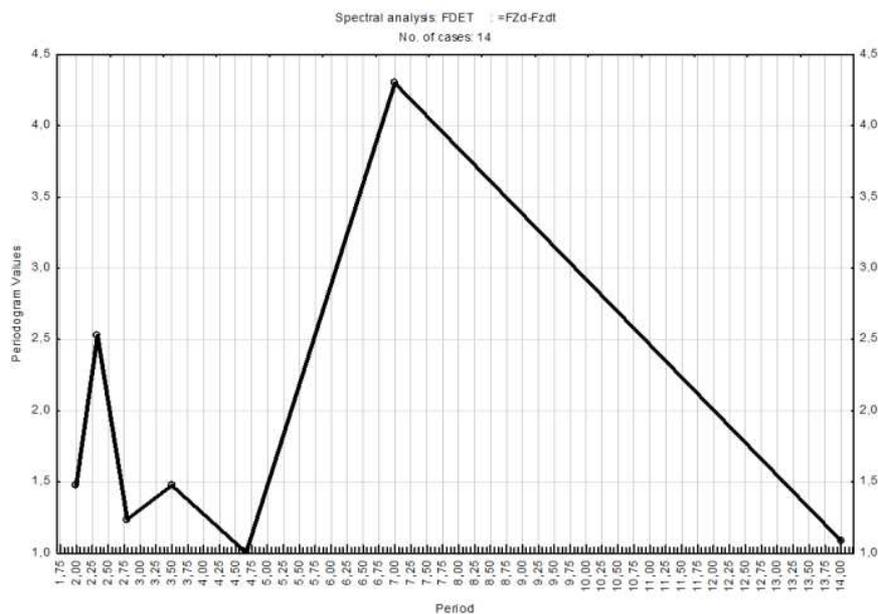
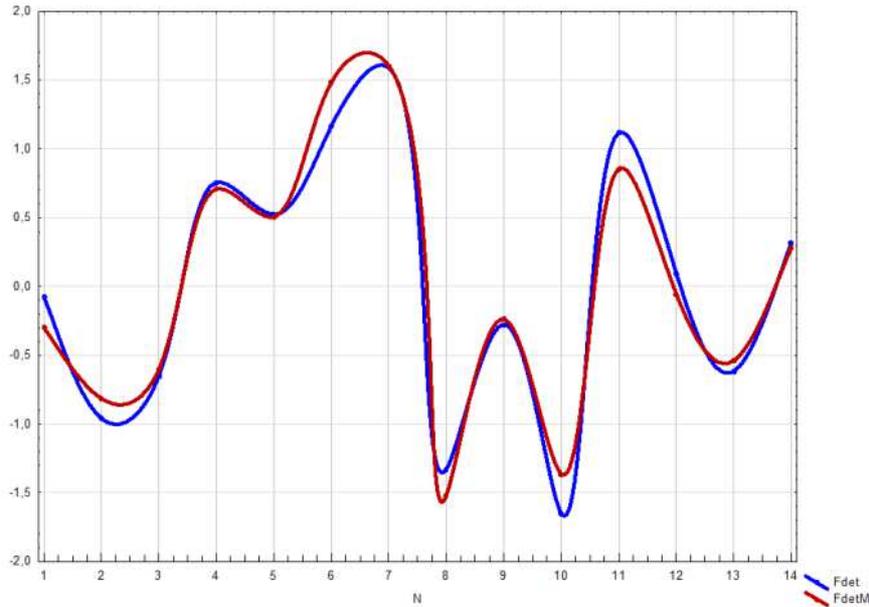


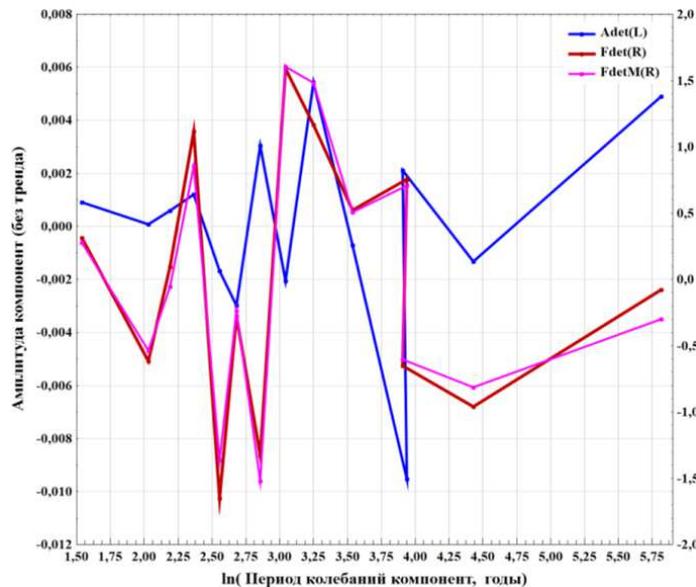
Рис. 4. Периодограмма ряда  $\{Fz_d\}$

Результат приближения  $\{Fz_d\}$  линейной моделью показан на рис. 5.



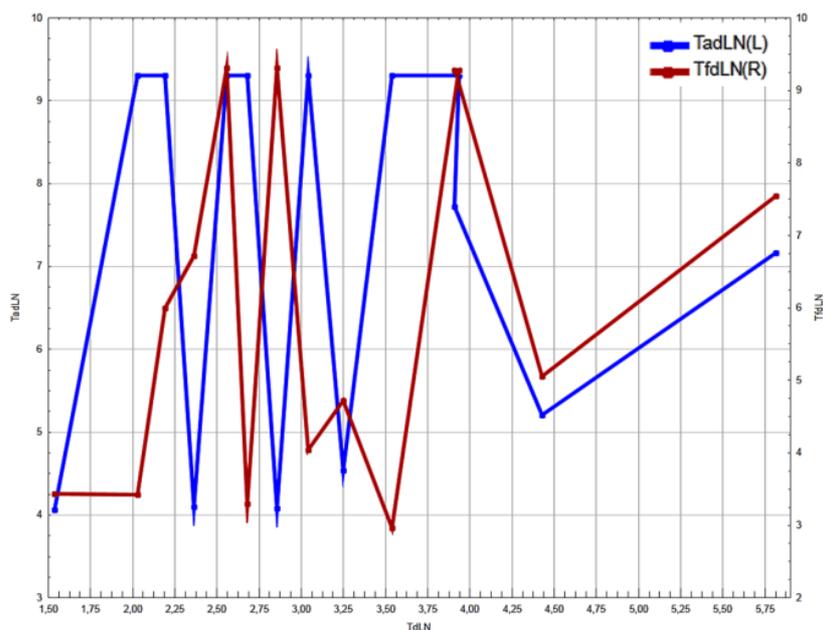
**Рис. 5. Ряд величин начальных фаз единичных мод, входящих в общую модель «длинного» ряда (без тренда) и его модельное описание**

Зависимости амплитуд и начальных фаз (расчёт и модель; без тренда) колебательных мод «длинного» ряда от величин натуральных логарифмов основных периодов (например,  $\ln(335) \approx 5,814$ ) представлены на рис. 6.



**Рис. 6. Картина регулярного изменения величин амплитуд и начальных фаз единичных мод «длинного» ряда с увеличение периода колебаний моды**

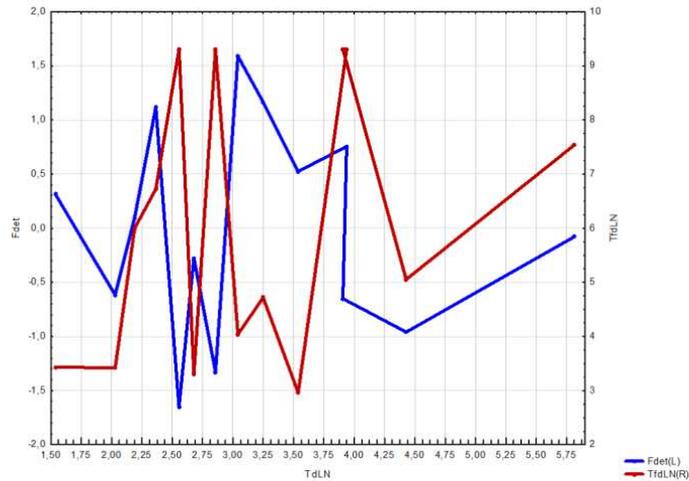
Зависимость величин натуральных логарифмов *периодов* амплитудной и фазовой модуляций компонент модели «длинного» ряда от величин логарифмов *главных периодов колебаний* компонент представлена на рис. 7. В используемых единицах исчисления оси абсцисс и оси ординат, данные графики также отражают наличие регулярности в композиции модулирующих периодов.



**Рис. 7. Картина регулярности значений периодов амплитудной и фазовой модуляции единичных мод, исчисляемых величинами натуральных логарифмов**

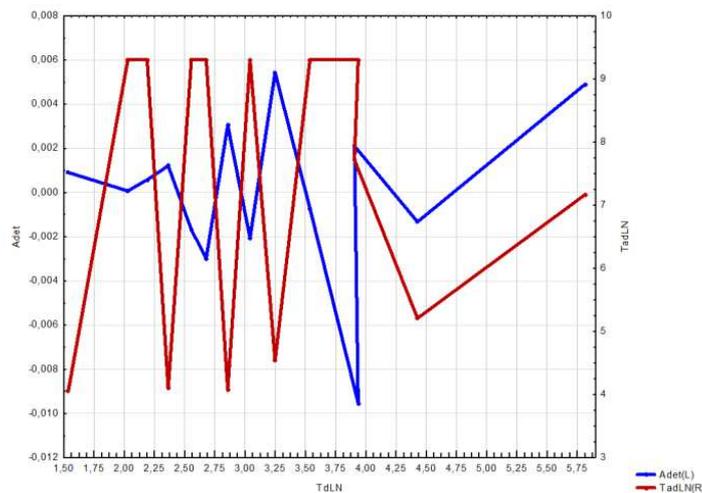
Согласно рис. 7, в данном случае регулярность лучше выражена, видимо, для периодов модуляций амплитуд компонент.

Кроме того, для основного блока мод – без учёта компонент с минимальными и максимальными периодами – можно допустить наличие *обратной зависимости* величин начальных фаз компонент (без линейного тренда;  $Fdet$ ) и натуральных логарифмов *периодов фазовой модуляции* компонент ( $TfdLN$ ), анализируемых в зависимости от логарифмов главных периодов колебания, по сути, упорядочивающих указанные выборки ( $TdLN$ ; рис. 8).



**Рис. 8. Картина регулярности и обратной зависимости значений начальных фаз и периодов фазовой модуляции колебательных мод «длинного» ряда**

Подобная закономерность себя проявляет и для соответствующих параметров амплитудной модуляции колебательных мод ( $A_{det}$ ,  $T_{detLN}$ ) (рис. 9).



**Рис. 9. Картина регулярности и обратной зависимости значений начальных фаз и периодов фазовой модуляции колебательных мод «длинного» ряда**

Предварительно заметим, что регулярность изменения и наличие обратной зависимости соответствующих параметров амплитудной ( $A$ ,  $T_A$ ) и фазовой ( $Fz$ ,  $T_{Fz}$ ) модуляций единичных мод (в случае, когда выборки упорядочиваются величинами натуральных логарифмов периодов основных колебаний  $T$ ) для «короткого» ряда выражена слабее, по сравнению с «длинным» рядом. Эту эмпирическую особенность, видимо, можно истолковать следующим образом: «длинный» ряд и его модель несут информацию об устойчивых,

инвариантных во времени и пространстве трендах развития социальной системы, что и отражает упорядоченность, регулярность (закономерность) композиции единичных мод. Правда, детализация такого описания, или реконструкции, невелика, но глубина прогноза по модели «длинного» ряда значительна. «Короткий» ряд и его модель содержат информацию о вариативных, быстро меняющихся признаках социальной системы, которые едва ли обладают инвариантными свойствами. Эта особенность находит выражение и в меньшей регулярности композиции единичных мод модели «короткого» ряда. Другими словами, если система «желает» закономерных и потому прогнозируемых изменений, она должна опираться на инвариантные исторические тренды – традиции культуры. Если же системой востребованы резкие и мало прогнозируемые изменения (реформы, революции), ход трендов может быть ею проигнорирован (насколько это возможно), а предметом анализа должны выступить наиболее высокочастотные моды социально-исторического процесса.

Следующий этап исследований опирается на результаты расчёта матрицы взаимных линейных корреляций изучаемых параметров модели «длинного» ряда (включая рассмотренные ранее модели выборок, индекс которых содержит букву «М»), которые представлены в табл. 6.

Таблица 6

**Корреляционная матрица параметров мод «длинного» ряда**

Correlations (DinamNasel-Msk-FZ - 1)														
Marked correlations are significant at $p < ,05000$														
N=14 (Casewise deletion of missing data)														
Variable	Means	Std.Dev.	Ad2	Adet2	Tamd2	TadLN2	Td2	TdLN2	Fd2	Fdet2	FdetM2	FdM2	Tfzd2	TfzdLN2
Ad2	0,0071	0,005	1,000000	0,785391	-0,633987	-0,405726	0,629792	0,652499	-0,499414	-0,063238	-0,068451	-0,508574	-0,038018	0,15904
Adet2	-0,000	0,004	0,785391	1,000000	-0,638353	-0,542540	0,298836	0,081596	-0,054346	-0,080517	-0,095485	-0,064214	-0,231025	-0,04587
Tamd2	5785,694	5443,084	-0,633987	-0,638353	1,000000	0,934811	-0,280985	-0,225541	0,187529	0,043606	0,074716	0,210355	0,002074	-0,18780
TadLN2	7,287	2,344	-0,405726	-0,542540	0,934811	1,000000	-0,024686	0,044977	-0,045516	-0,031444	-0,003122	-0,026701	0,074297	-0,06912
Td2	48,393	85,390	0,629792	0,298836	-0,280985	-0,024686	1,000000	0,838319	-0,506953	-0,053344	-0,108314	-0,549780	-0,035272	0,21732
TdLN2	3,152	1,115	0,652499	0,081596	-0,225541	0,044977	0,838319	1,000000	-0,723843	-0,033262	-0,048182	-0,742717	0,154270	0,32014
Fd2	0,513	1,445	-0,499414	-0,054346	0,187529	-0,045516	-0,506953	-0,723843	1,000000	0,674963	0,656256	0,992684	-0,496980	-0,49756
Fdet2	0,000	0,976	-0,063238	-0,080517	0,043606	-0,031444	-0,053344	-0,033262	0,674963	1,000000	0,983839	0,661634	-0,483012	-0,39265
FdetM2	0,000	0,960	-0,068451	-0,095485	0,074716	-0,003122	-0,108314	-0,048182	0,656256	0,983839	1,000000	0,664604	-0,484614	-0,42949
FdM2	0,513	1,427	-0,508574	-0,064214	0,210355	-0,026701	-0,549780	-0,742717	0,992684	0,661634	0,664604	1,000000	-0,499044	-0,52432
Tfzd2	3396,167	5014,998	-0,038018	-0,231025	0,002074	0,074297	-0,035272	0,154270	-0,496980	-0,483012	-0,484614	-0,499044	1,000000	0,89289
TfzdLN2	6,029	2,523	0,159042	-0,045878	-0,187801	-0,069120	0,217329	0,320143	-0,497560	-0,392659	-0,429498	-0,524326	0,892896	1,00000

В табл. 6 красным цветом отмечены наиболее значимые статистические связи рассматриваемых параметров. Их иллюстрируют рис. 10-15.

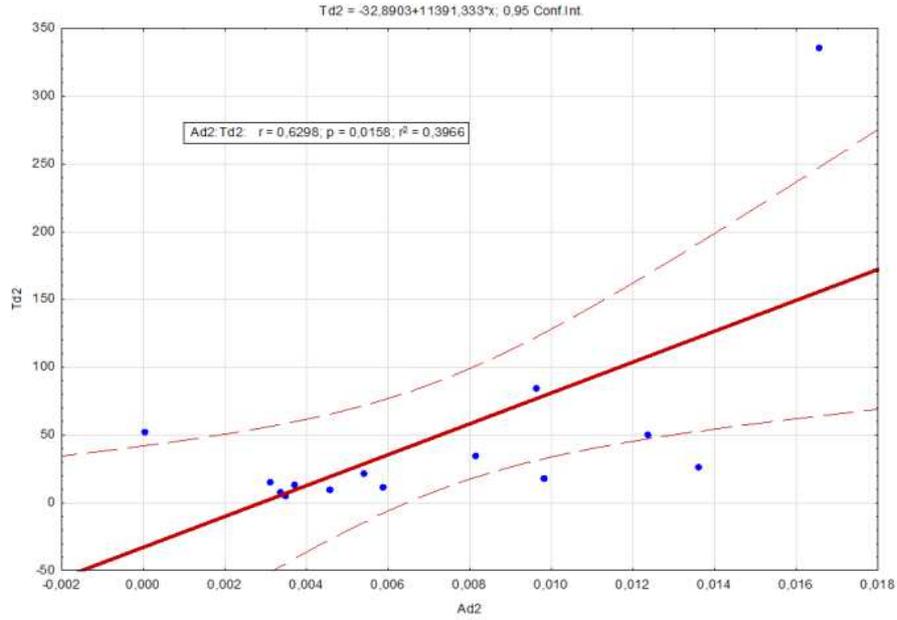


Рис. 10. Линейная регрессия величин амплитуды единичных мод и периодов главных колебаний

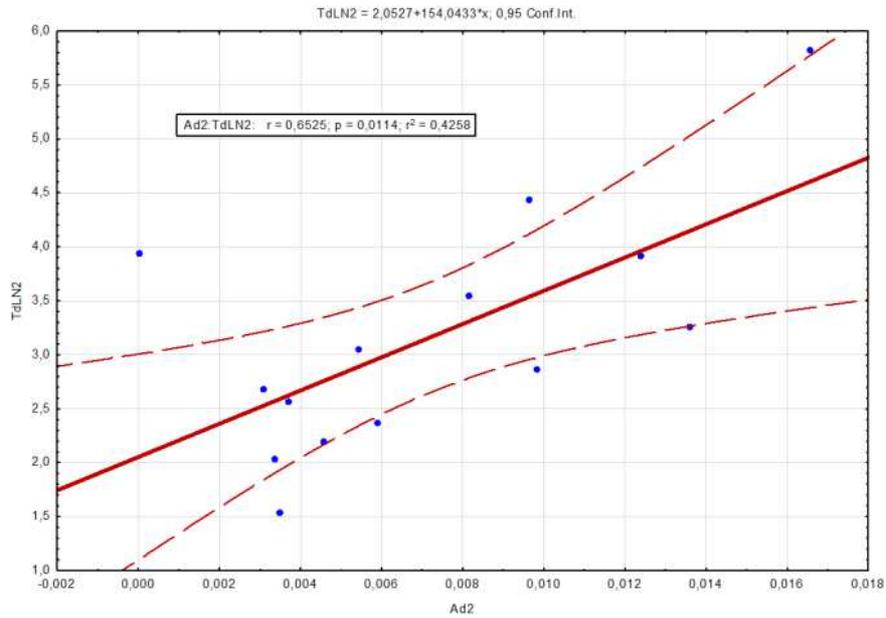


Рис. 11. Линейная регрессия величин амплитуд и натуральных логарифмов периодов главных колебаний

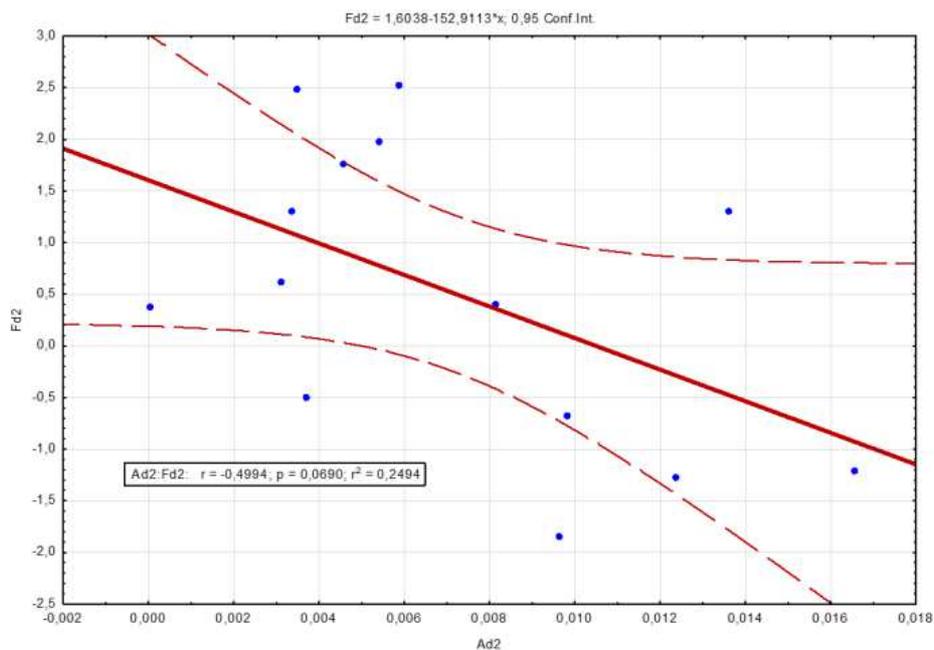


Рис. 12. Линейная регрессия величин амплитуд и начальных фаз единичных мод

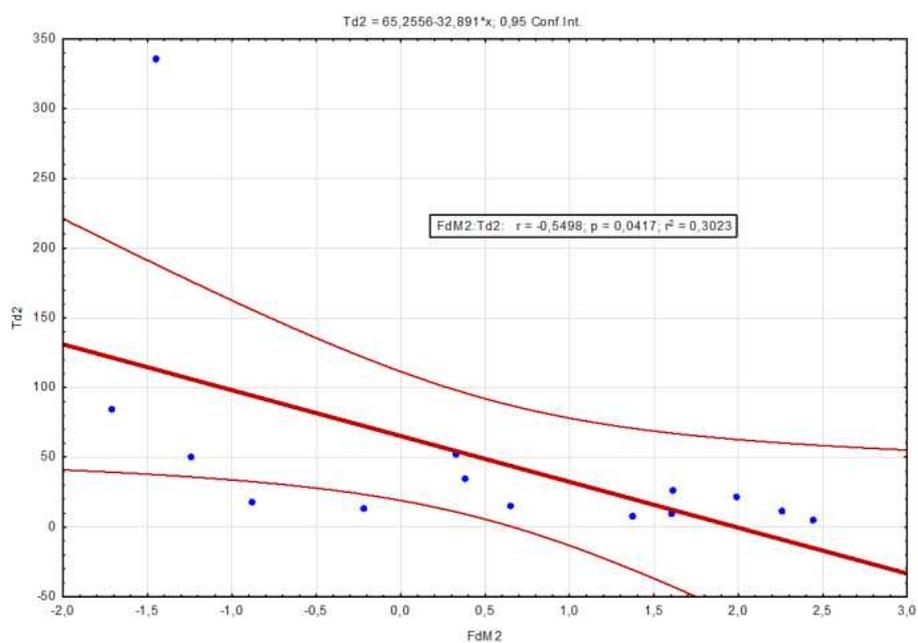
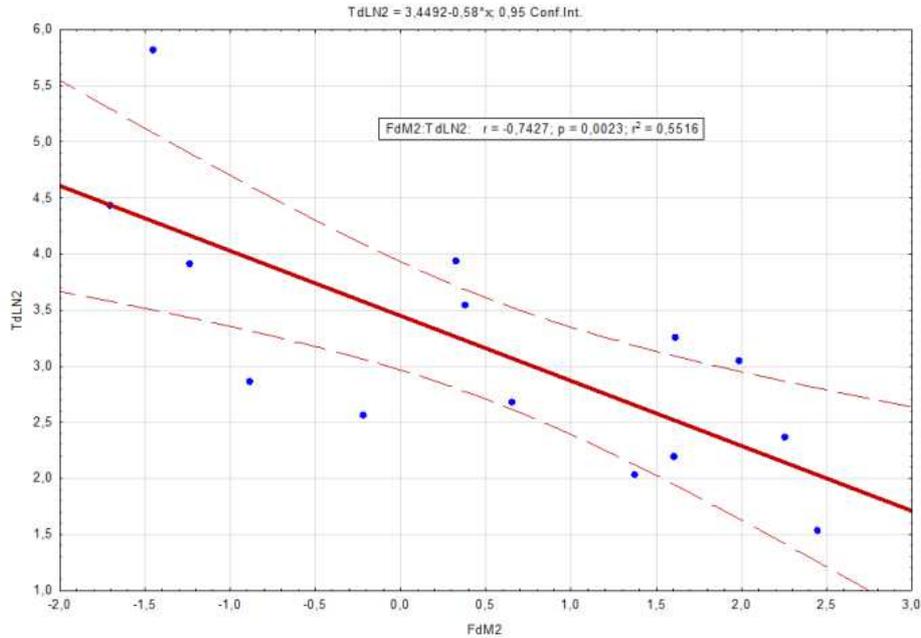
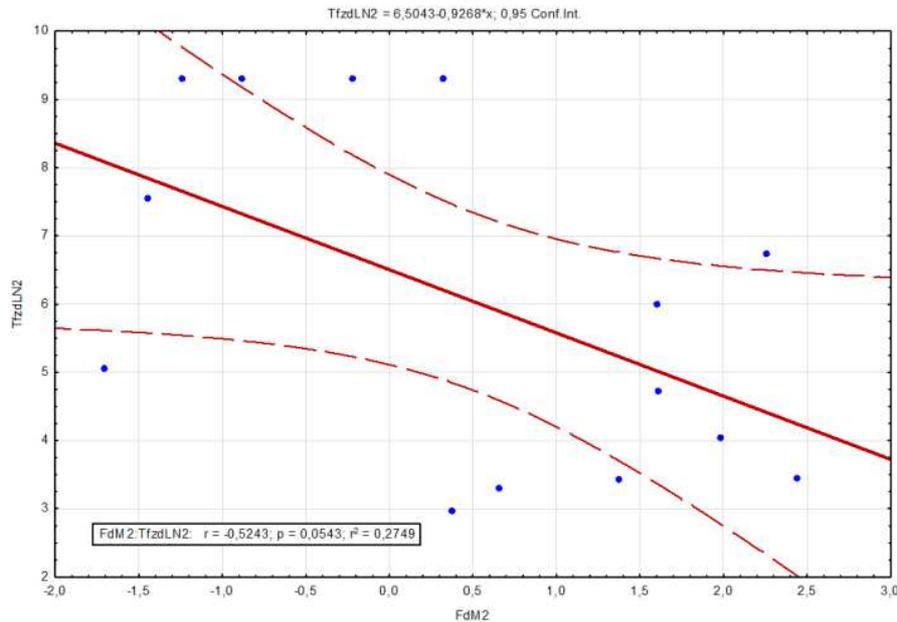


Рис. 13. Линейная регрессия величин фаз и периодов главных колебаний единичных мод



**Рис. 14.** Линейная регрессия величин начальных фаз и натуральных логарифмов основных периодов колебаний единичных мод



**Рис. 15.** Линейная регрессия величин начальных фаз и натуральных логарифмов периодов фазовой модуляции единичных мод

Рассмотрим матрицу взаимных линейных корреляций изучаемых выборок после исключения из анализа параметров моды с основным периодом  $T = 335$  лет (табл. 7).

Таблица 7

**Корреляционная матрица параметров мод «длинного» ряда  
без учёта параметров моды  $T = 335$  лет**

Correlations (DinamNasel-Msk-FZ - 1)														
Marked correlations are significant at $p < ,05000$														
N=13 (Casewise deletion of missing data)														
Variable	Means	Std. Dev.	Ad2	Adet2	Tamd2	TadLN2	Td2	TdLN2	Fd2	Fdet2	FdetM2	FdM2	Tfzd2	TfzdLN2
Ad2	0,0061	0,004	1,000000	0,749058	-0,626042	-0,485769	0,349733	0,432539	-0,391640	-0,061101	-0,020172	-0,374385	0,014814	0,074398
Adet2	-0,000	0,004	0,749058	1,000000	-0,610029	-0,580594	-0,286465	-0,267691	0,088755	-0,077588	-0,066347	0,101157	-0,214817	-0,122227
Tamd2	6131,073	5503,354	-0,626042	-0,610029	1,000000	0,958828	-0,205705	-0,088336	0,115722	0,039259	0,055046	0,130634	-0,019212	-0,153530
TadLN2	7,296	2,439	-0,485769	-0,580594	0,958828	1,000000	-0,040433	0,075901	-0,053939	-0,031796	-0,004473	-0,035406	0,073300	-0,067598
Td2	26,346	22,962	0,349733	-0,286465	-0,205705	-0,040433	1,000000	0,928236	-0,714099	-0,120208	-0,081533	-0,708717	0,189667	0,200191
TdLN2	2,947	0,842	0,432539	-0,267691	-0,088336	0,075901	0,928236	1,000000	-0,713591	-0,023961	0,019319	-0,706262	0,295973	0,282019
Fd2	0,646	1,412	-0,391640	0,088755	0,115722	-0,053939	-0,714099	-0,713591	1,000000	0,710962	0,668784	0,993155	-0,563798	-0,473882
Fdet2	0,006	1,015	-0,061101	-0,077588	0,039259	-0,031796	-0,120208	-0,023961	0,710962	1,000000	0,986052	0,710458	-0,486999	-0,394686
FdetM2	0,023	0,995	-0,020172	-0,066347	0,055046	-0,004473	-0,081533	0,019319	0,668784	0,986052	1,000000	0,687370	-0,496392	-0,421935
FdM2	0,663	1,365	-0,374385	0,101157	0,130634	-0,035406	-0,708717	-0,706262	0,993155	0,710458	0,687370	1,000000	-0,582845	-0,504219
Tfzd2	3512,833	5199,963	0,014814	-0,214817	-0,019212	0,073300	0,189667	0,295973	-0,563798	-0,486999	-0,496392	-0,582845	1,000000	0,925171
TfzdLN2	5,913	2,587	0,074398	-0,122227	-0,153530	-0,067598	0,200191	0,282019	-0,473882	-0,394686	-0,421935	-0,504219	0,925171	1,000000

После выполненного действия величины линейных корреляций параметров, в целом, возросли.

Тем не менее, ключевой вывод – следующий: связность, системная организация параметров «длинного» ряда выражена, безусловно, сильнее, чем таковая в «коротком» ряда.

Рассмотрим картину системной организации параметров «длинного» ряда в виде серии графических 2D и 3D моделей (индекс «dt» в обозначении каждого параметра отражает анализ соответствующей выборки, из которой удалён тренд). Согласование величин амплитуд ( $A$ ), начальных фаз ( $Faza$ ) и периодов главных колебаний единичных мод ( $T$ ) показано на рис. 16.

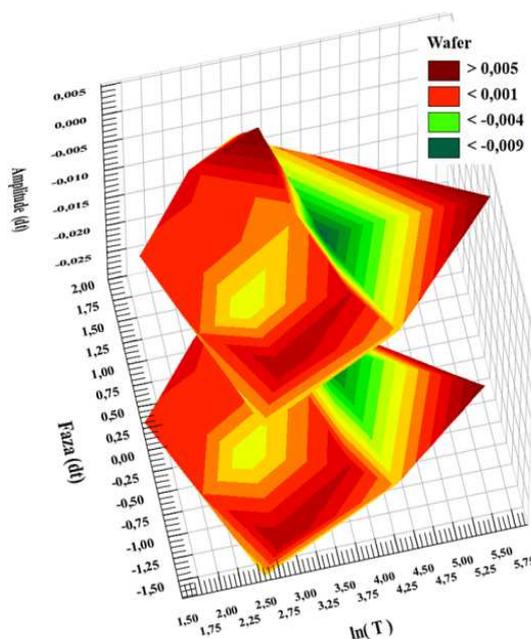


Рис. 16. Поле  $A = f(Faza, T)$

На рис. 16 выражены несколько областей экстремальных значений амплитуд: два максимума соответствуют средним по величине главным перио-

дам, а также максимальным и минимальным фазам. Третий максимум пришёлся на  $T = 335$ . Главный из двух минимумов соответствует более высоким величинам периодов и области слабopоложительных фаз. Геометрия центральной области изображения – крест.

В сглаженном варианте поле вида  $A = f(\text{Faza}, T)$  показано на рис. 17.

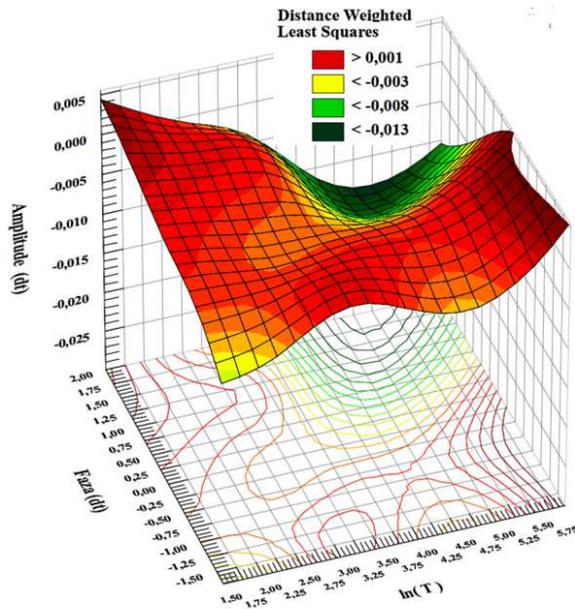


Рис. 17. Сглаженный вариант представления поля  $A = f(\text{Faza}, T)$

Геометрию поля  $A = f(\ln(T_{AM}), \ln(T))$  отражает рис. 18.

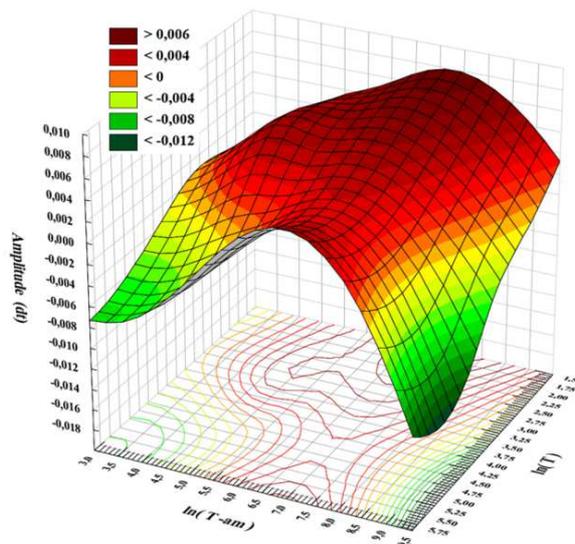


Рис. 18. Поле вида  $A = f(\ln(T_{AM}), \ln(T))$

Согласно рис. 18, для *небольших* величин *главных периодов*, в целом, характерны *большие величины периодов амплитудной модуляции* (и меньшая вероятность периодов другого рода); для *больших* величин *главных периодов* характерна *большая вероятность различных периодов амплитудной модуляции*. В картине поля представлен период амплитудной модуляции – наиболее вероятный по всей группе мод; для него и амплитуда максимальна. Для экстремальных периодов модуляции – самых больших и самых малых, амплитуда, в целом, снижается.

Геометрия поля  $A = f(\ln(T_{\Phi M}), \ln(T))$  показана на рис. 19.

Данное поле демонстрирует некоторые черты сходства с картиной поля вида  $A = f(Faza, T)$ .

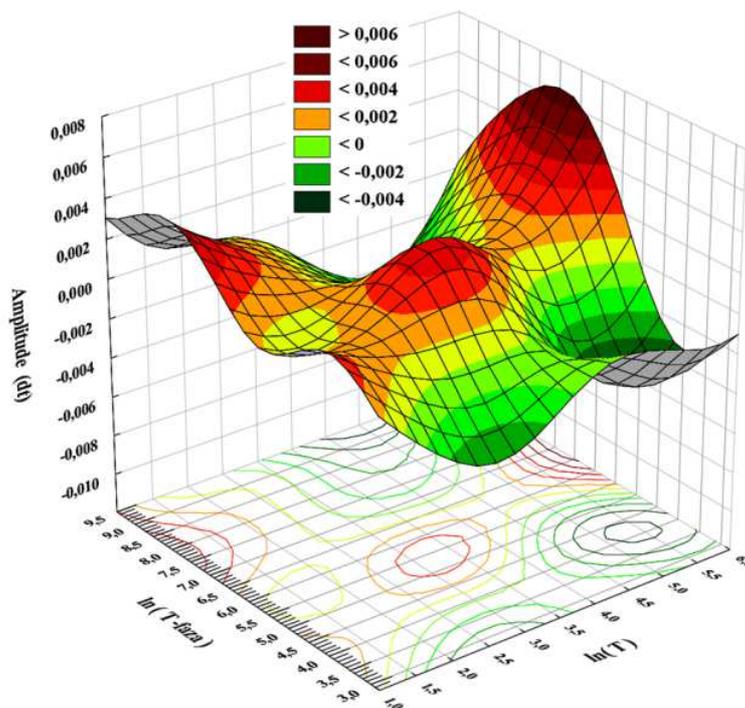


Рис. 19. Поле вида  $A = f(\ln(T_{\Phi M}), \ln(T))$

Картину поля вида  $A_{dt} = f(\ln(T_{\Phi M}), \ln(T_{AM}))$  отражает рис. 20.

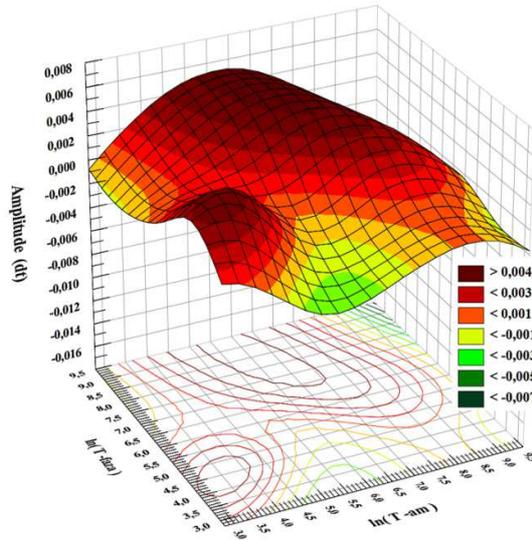


Рис. 20. Поле вида  $A_{dt} = f(\ln(T_{\Phi M}), \ln(T_{AM}))$

Согласно рис. 20, поле представлено двумя областями. В одной области средним по величине периодам амплитудной модуляции соответствуют максимальные периоды фазовой модуляции и максимальные же амплитуды мод (без учёта вклада тренда амплитуд). В другой области максимальные амплитуды совмещены с минимальными или небольшими по величине периодами амплитудной и фазовой модуляции.

Вновь рассмотрим картину поля вида  $A = f(\ln(T_{\Phi M}), \ln(T_{AM}))$ , но по вертикальной оси – оси  $Z$  – отложим величины полных амплитуд мод (с учетом вклада тренда данного ряда), а не значения диагностической компоненты, как в предыдущем случае (рис. 21).

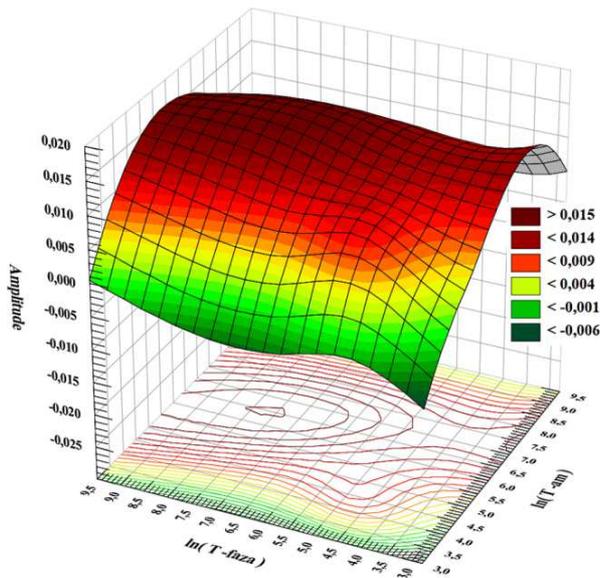
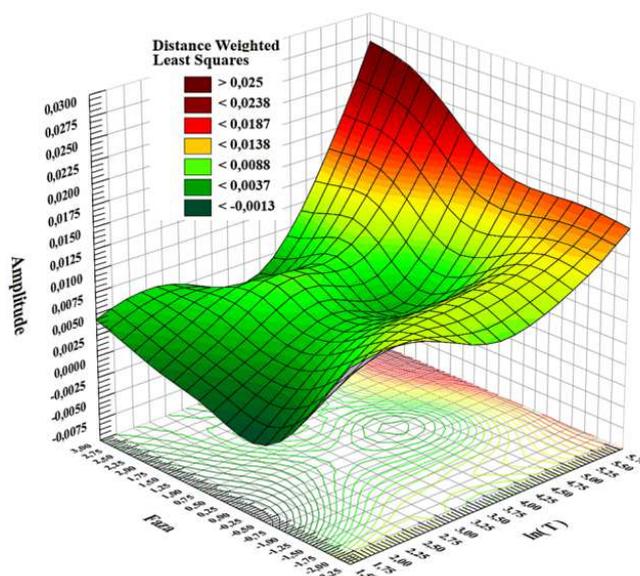


Рис. 21. Поле вида  $A = f(\ln(T_{\Phi M}), \ln(T_{AM}))$

Согласно рис. 21, в целом, геометрия нового поля подобна геометрии рассмотренного ранее: те же две области, о которых говорилось, но их разделение (локализация) менее выражена.

Наконец, на рис. 22 показана зависимость *полных* амплитуд единичных мод от величин логарифмов главных периодов и начальных фаз, рассматриваемых с учётом вкладов соответствующих трендов.



**Рис. 22.** Поле вида  $A = f(\text{Faza}, \ln(T))$  с учётом вкладов линейных трендов

Последний рисунок позволяет допустить, что величина амплитуд, в целом, повышается с ростом величины периода, но немонотонно. Возможно, амплитуды слабopоложительных фаз и существенно отрицательных – максимальны, других – меньше по величине. Локальный экстремум (в области увеличения амплитуд) локализован в области значений натуральных логарифмов около 2,5...3,3 (12...27 лет, что в классификации ритмов соответствует блокам «прикладная наука» и «принуждение» (в целях администрирования как внутреннего устройства государства, так и его внешнего геополитического окружения; видимо данный аспект поведения социальной системы имеет выраженное значение, в сравнении с другими аспектами) и слабopоложительных фаз. Кроме того, рис. 22 обладает некоторыми чертами подобия с полем диагностических блоков изучаемых компонент.

### Библиографический список

1. Медоуз Д.Х., Медоуз Д.Л., Рандерс Й. За пределами роста: учебное пособие. М.: Изд. группа «Прогресс», «Пангея», 1994. 304 с.
2. Переходные эпохи в социальном измерении: История и современность/ отв. ред. В.Л. Мальков. Ин-т всеобщей истории РАН. М.: Наука, 2003. 482 с.

3. Гумилев Л.Н. География этноса в исторический период. Л.: Наука, Л. отд., 1990. 280 с.

4. Циклы природных процессов, опасных явлений и экологическое прогнозирование// Материалы к международной конференции, посвященной 100-летию Н.Д. Кондратьева/ под ред. О.Л. Кузнецова. М.: 1991. 160 с.

5. Волков А.В. Принципы изучения биофизических механизмов экологически безопасного развития общества// Безопасность жизнедеятельности. М.: Изд-во Новые технологии. 2005. № 9. С. 45-50.

УДК 316.4.051.2: 316.4.06

А.В. Волков, канд. техн. наук, доц., [wolkow.av@mail.ru](mailto:wolkow.av@mail.ru)  
(Россия, Тула, ТулГУ)

## **ЗАКОНОМЕРНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ КОМПОНЕНТ МОДЕЛЕЙ ИСТОРИИ МОСКВЫ ПОСЛЕДНИХ СТОЛЕТИЙ КАК ЭМПИРИЧЕСКАЯ БАЗА РАЗРАБОТКИ ИНСТРУМЕНТОВ УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ**

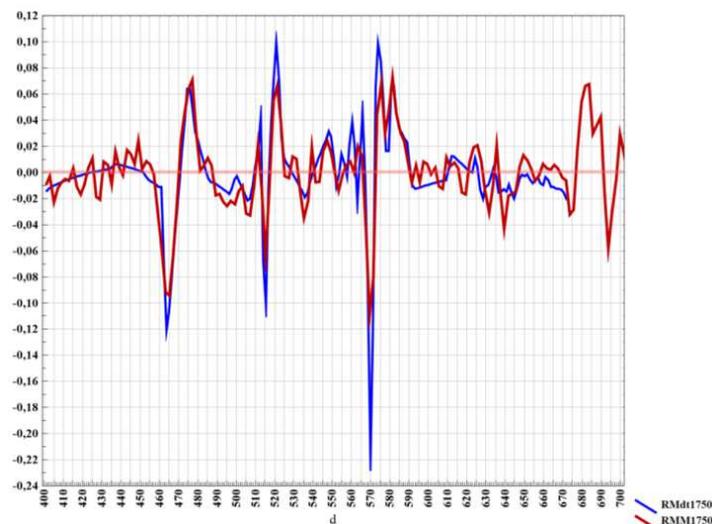
*На основе результатов статистической обработки рядов удельных скоростей изменения населения Москвы, начиная с 1750 года, показано, что картину исторически сложившихся связей колебательных мод, включаемых в состав моделей развития, определяют соотношения начальных фаз каждой единичной моды. Картина начальных фаз отражает принципиальную организованность мод, образующих итоговую модель процесса. Частным случаем организованности выступает регулярность в изменении величин фаз, рассматриваемая в зависимости от главного атрибута мод – периода их колебания. На базе данных закономерностей обоснована идея методического подхода к решению проблемы анализа, прогноза и управления ходом социально-экономического развития. На примерах рассмотрены особенности практическая реализация предложенной методологии.*

*Ключевые слова:* динамика исторических и социально-экономических процессов, волны и циклы истории, колебательные моды, ритмодинамика, классификация ритмов развития, удельная скорость изменения численности населения, статистические методы обработки данных, спектральный анализ, типология ситуаций развития, анализ, прогноз и управление развитием, бифуркация.

Прежде всего, отметим, что модели т.н. «длинного» и «короткого» рядов величин удельной скорости изменения населения Москвы построены по единому набору периодов, за исключением последней компоненты каждой модели – компоненты № 14. Она подобрана формально так, чтобы увеличить величину теоретического корреляционного отношения, или индекс корреляции,  $R$ . Поэтому величина периода колебания компоненты № 14 в моделях «длинного» и «короткого» рядов неодинакова. Более существенно, что каждая из

компонент №№ 1-13, имея одинаковый главный период колебания, по-своему осложнена амплитудной и фазовой модуляциями, обеспечивающими её оптимальное позиционирование на оси времени. Потому численные коэффициенты данных мод также различаются. Обозначения мод длинного ряда включают сочетание « $Mf$ », где « $f$ » – первая буква английского слова *full*, т.е. полный, а обозначения мод «короткого» ряда начинаются с буквы « $M$ ».

Ход фактических и модельных величин *удельной скорости изменения* населения Москвы, начиная с 1750 года (с позиции  $d = 401$ , где  $d$  – аргумент ряда; т.н. «короткий» ряд), представлен на рис. 1.



**Рис. 1. Графики временного хода фактических и модельных величин «короткого» ряда диагностической компоненты поля**

Подчеркнём, что на рис. 1 показан ход именно *диагностической части ряда*, отражающей свою долю общей дисперсии процесса развития.

Методами спектрального анализа в структуре «короткого» ряда установлены колебательные моды, имеющие следующие величины периодов колебаний (годы): 1) 335,0 ( $M335$ ); 2) 83,750 ( $M84$ ); 3) 49,698 ( $M50$ ); 4) 34,382 ( $M34$ ); 5) 25,769 ( $M26$ ); 6) 20,938 ( $M21$ ); 7) 17,406 ( $M17$ ); 8) 14,565 ( $M15$ ); 9) 12,885 ( $M13$ ); 10) 10,635 ( $M11$ ); 11) 8,933 ( $M9$ ); 12) 7,614 ( $M7i6$ ); 13) 4,653 ( $M4i7$ ); 14) 20,696 ( $M20i7$ ).

Сумма указанных мод с известной математической точностью (выражаемой величиной  $R$ ) и достоверностью приближает ход *диагностической* компоненты реального процесса – временной динамики скорости изменения населения Москвы:  $RMM1750 = M335 + M84 + M50 + M34 + M26 + M21 + M17 + M15 + M13 + M11 + M9 + M7i6 + M4i7 + M20i7$ .

В теории, величина удельной – в расчёте на одного человека – скорости изменения численности системы ( $r_i$ ) определяется по формуле

$$r_i = (N_i)^{-1} \times [N_i - N_{(i-1)}] / [t_i - t_{(i-1)}],$$

где  $N_i$  – количество элементов системы в момент времени  $t_i$ ;  $\Delta t = t_i - t_{(i-1)} = 1$  год.

Численные величины параметров единичных мод «короткого» ряда приведены в табл. 1.

**Таблица 1**  
**Величины параметров единичных колебательных мод, образующих модель «короткого» ряда, подлежащие статистической обработке**

N	Индекс	$A_i$	$T_{AM-i}$	$T_i$	Фаза <sub>i</sub>	$T_{FM-i}$
1	M35	0,0134002	79,02185	335,0	-1,978607	82,20621
2	M84	0,014296	11000	83,750	+1,385389	13,01179
3	M50	0,014358	11000	49,6978	-1,454137	11000
4	M34	0,007912	11000	34,3816	+1,248096	61,637322
5	M26	0,026436	3370,8076	25,7692	+1,124182	14,695798
6	M20i7	0,010554	51,12063	20,6962	-3,0875196	11000
7	M21	0,013278	11000	20,9375	+1,840082	11000
8	M17	0,013402	11000	17,4056	-1,065191	11000
9	M15	0,014372	78,40848	14,5652	-2,266356	264,04376
10	M13	0,018357	65,82905	12,8846	-2,185749	28,49039
11	M11	0,010489	11000	10,6349	+1,346043	69,24307
12	M9	0,012918	11000	8,9333	+1,4144296	11000
13	M7i6	0,012739	67,88523	7,6136	+1,065332	11000
14	M4i7	0,006121	35,76759	4,6528	-1,0435486	20,55370

Обозначения:  $A_i$  – амплитуда колебательной моды, номер ( $i$ ) и индекс которой указан в первом столбце, то есть *модуль* наибольшего отклонения моды от положения «равновесия»;  $T_{AM-i}$  – период амплитудной модуляции моды, годы;  $T_i$  – основной период колебания моды, годы; Фаза<sub>i</sub> – величина начальной фазы, рад;  $T_{FM-i}$  – период фазовой модуляции моды, годы. Эмпирический результат «отсутствие модуляции» отражён величиной периода  $T = 11\ 000$  лет, поскольку  $2\pi/T_{AM} = 2\pi/11000 = 0,0005712$  и  $\cos(0,0005712) = 0,99(9) \approx 1$

Особенности организации базы данных, по которой выполнялась статистическая обработка параметров «короткого» ряда, отражает табл. 2.

**Таблица 2**  
**Фрагмент базы данных, используемой при анализе характеристик «короткого» ряда**

2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
N	Akr	AkrM	Tamk	Tam2	TamkLN	Tk	TkLN	Fzk	FzkM	Tfzk	Tfz2	TfzklN
1	0,0134002	0,01366511	79,02185	79,02185	4,369724	335	5,81413053	-1,978607	-2,0745132	82,20621	82,20621	4,4092301
2	0,014296	0,01367529	11000		9,305651	83,75	4,42783617	1,385389	1,04112748	13,01179	13,01179	2,5858551
3	0,014358	0,01419226	11000		9,305651	49,6978	3,90596067	-1,454137	-2,4713592	11000		9,3058501
4	0,007912	0,007973	11000		9,305651	34,3816	3,53752154	1,248096	0,99218892	61,637322	61,637322	4,1212671
5	0,026436	0,02667021	3370,8076	3370,8076	8,122908	25,7692	3,24917998	1,124182	0,15264032	14,695798	14,695798	2,687561
6	0,010554	0,00991599	51,12063	51,12063	3,934188	20,6962	3,02995011	-3,0875196	-3,2286417	11000		9,3058501
7	0,013278	0,01258523	11000		9,305651	20,9375	3,04154181	1,840082	0,95495094	11000		9,3058501
8	0,013402	0,01194043	11000		9,305651	17,4056	2,85679199	-1,065191	-0,117382	11000		9,3058501
9	0,014372	0,01210058	78,40848	78,40848	4,361932	14,5652	2,67863512	-2,266356	-1,4155315	264,04376	264,04376	5,5761141
10	0,018357	0,01664192	65,82905	65,82905	4,187061	12,8846	2,5560328	-2,185749	-1,3150841	28,49039	28,49039	3,3495661
11	0,010489	0,01079957	11000		9,305651	10,6349	2,36414105	1,346043	2,00353561	69,24307	69,24307	4,2376231
12	0,012918	0,01462604	11000		9,305651	8,9333	2,18978587	1,4144296	1,38773467	11000		9,3058501
13	0,012739	0,01540873	67,88523	67,88523	4,217818	7,6136	2,02993612	1,065332	0,94940527	11000		9,3058501
14	0,006121	0,0084371	35,76759	35,76759	3,577042	4,6528	1,53746919	-1,0435486	-0,5166388	20,5537	20,5537	3,0230401

Статистики выборок величин периодов основного колебания моды ( $T_k$ ), её амплитудной ( $T_{amk}$ ) и фазовой модуляций ( $T_{fzk}$ ) представлены в табл. 3.

Таблица 3

**Статистические характеристики периодов, входящих в модели единичных мод «короткого» ряда**

Descriptive Statistics (DinamNasel-Msk-FZ - 1)												
Variable	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Variance	Std.Dev.	Coef.Var.	Standard Error	Skewness	Std.Err. Skewness	Kurtosis	Std.Err. Kurtosis
Tk	14	46,20874	4,652800	335,0000	7344,766	85,70161	185,4663	22,90472	3,389904	0,597380	11,97147	1,154050

Descriptive Statistics (DinamNasel-Msk-FZ - 1)												
Variable	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Variance	Std.Dev.	Coef.Var.	Standard Error	Skewness	Std.Err. Skewness	Kurtosis	Std.Err. Kurtosis
Tamk	14	5767,774	35,76759	11000,00	30203576	5495,778	95,28421	1468,808	-0,067622	0,597380	-2,28019	1,154050

Descriptive Statistics (DinamNasel-Msk-FZ - 1)												
Variable	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Variance	Std.Dev.	Coef.Var.	Standard Error	Skewness	Std.Err. Skewness	Kurtosis	Std.Err. Kurtosis
Tam2	7	535,5486	35,76759	3370,808	1563314	1250,326	233,4663	472,5786	2,644915	0,793725	6,996641	1,587451

Без  $T = 11\ 000$  лет.  $M_T = 535,5$  – ядро блока «общая картина мира»

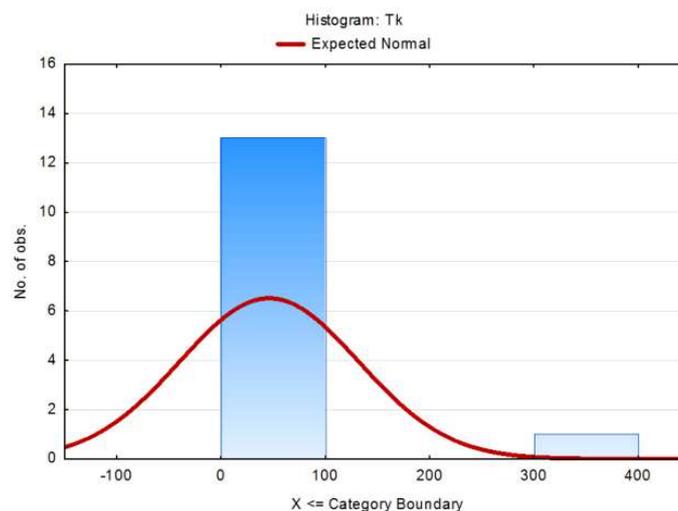
Descriptive Statistics (DinamNasel-Msk-FZ - 1)												
Variable	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Variance	Std.Dev.	Coef.Var.	Standard Error	Skewness	Std.Err. Skewness	Kurtosis	Std.Err. Kurtosis
Tfzk	14	4753,849	13,01179	11000,00	31515354	5613,854	118,0907	1500,366	0,324138	0,597380	-2,24014	1,154050

Descriptive Statistics (DinamNasel-Msk-FZ - 1)												
Variable	Valid N	Mean	Minimum	Maximum	Variance	Std.Dev.	Coef.Var.	Standard Error	Skewness	Std.Err. Skewness	Kurtosis	Std.Err. Kurtosis
Tfz2	8	69,23525	13,01179	264,0438	6905,999	83,10234	120,0289	29,38112	2,280726	0,752101	5,649466	1,480880

Без  $T = 11\ 000$  лет.  $M_T = 69,2$  – ядро блока «фундаментальные науки»

Подобные статистики параметров «длинного» ряда приведены ранее.

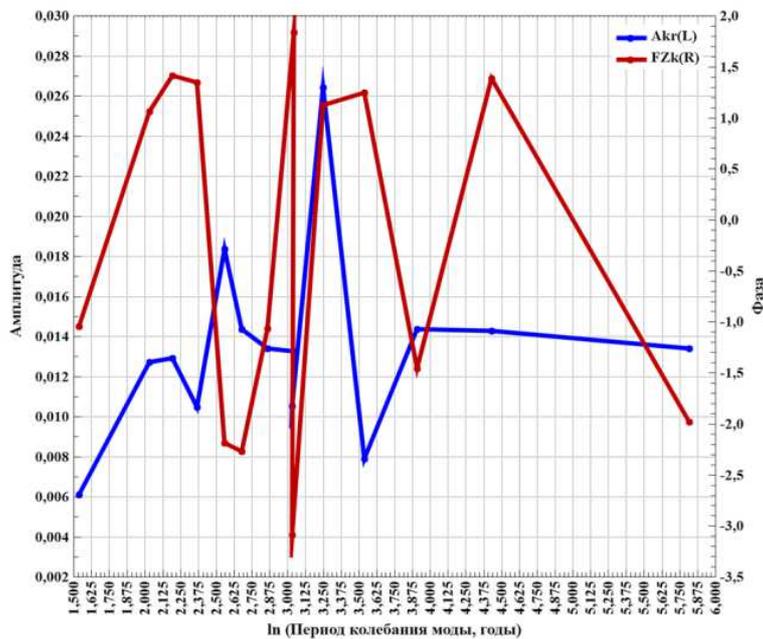
Гистограмма выборки основных периодов колебаний мод  $\{T_k\}$  показана на рис. 2.



**Рис. 2. Гистограмма выборки периодов основных колебаний мод, включённых в модель диагностической компоненты удельной скорости изменения населения Москвы («короткий» ряд)**

На первый взгляд, приведённая на рис. 2 картина – тривиальна: величины периодов колебания мод не превышают 100 лет и имеется ещё один период с  $T = 335$  года. На самом деле на рисунке представлен исторический «диагноз»: в наборе мод нет периодов в интервале 100...300 лет, который, согласно нашей классификации ритмов социально-исторического развития, представлен компартаментами «научная картина мира», «философия», в том числе философия природы – онтология, гносеология, а также «религия». Видимо, в истории развития Москвы они играют подчинённую роль [1-3].

Далее от величин периодов, исчисляемых в годах, перейдём к величинам их натуральных логарифмов. Зависимость амплитуд и начальных фаз единичных мод от величин *логарифмов* периодов основных колебаний ( $\ln(T_{k-i})$ ) представлена на рис. 3.



**Рис. 3. Зависимость амплитуд и начальных фаз колебательных мод «короткого» ряда от величин периодов основных колебаний**

Расчёт периодограммы, или «сырого спектра», ряда амплитуд ( $A_{kr}$ ) в зависимости от номера колебательной компоненты ( $N, N = 1...14$ ; табл. 9) позволяет сформировать линейную модель следующего вида:

$$Akr = A1 \cdot \cos(0,303305 \cdot N - 2,015456) \cdot \cos(2\pi/2,333 \cdot N + \\ + B1 \cdot \cos(0,118828 \cdot N - 0,738161)) + A2 \cdot \cos(0,190847 \cdot N - \\ - 1,2403102) \cdot \cos(2\pi/3,500 \cdot N + B2 \cdot \cos(X \cdot N + Y)) + C.$$

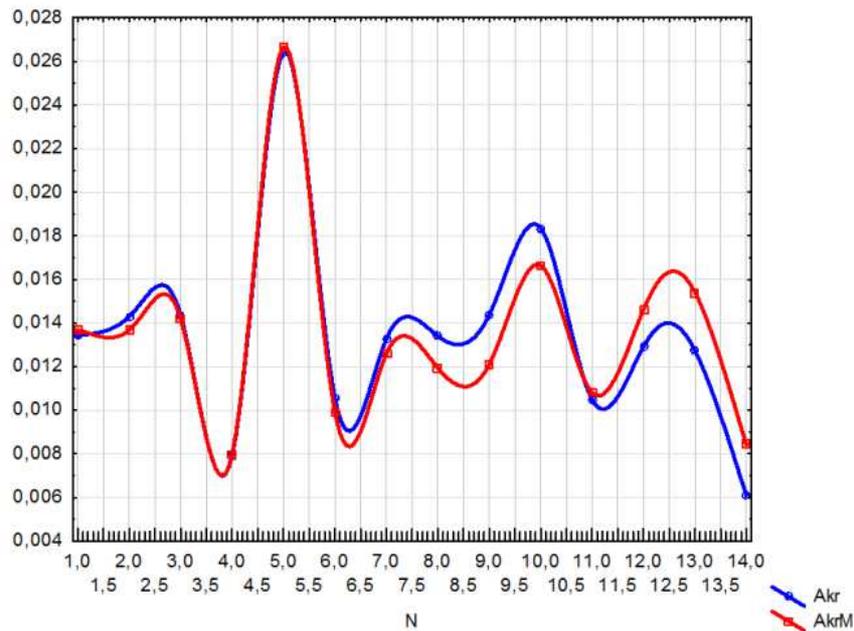
Величины численных коэффициентов модели приведены в табл. 4.

Таблица 4

**Численные коэффициенты регрессионной модели**

Model: $Akr=A1*\cos(0,303305*N-2,015456)*\cos((2*Pi/2,333)*N+...$ (DinamNasel-Msk-FZ - 1)							
Dep. var: Akr Loss: (OBS-PRED)**2							
Final loss: ,000027171 R= ,95323 Variance explained: 90,866%							
N=14	A1	B1	A2	B2	X	Y	C
Estimate	0,011062	-1,4303045	-0,005015	-1,3063331	-0,692556	5,490225	0,013449

Результат приближения переменной  $A_{kr}$  линейной моделью, аргументом которой выступает величина  $N$ , показан на рис. 4.



**Рис. 4. Зависимость фактических (расчётных) и модельных величин амплитуд колебательных мод «короткого» ряда от номера периода колебания**

Величины начальных фаз колебательных мод «короткого» ряда ( $FZ_k$ ) приближаются линейной моделью вида:

$$FZ_k = A1 \cdot \cos(0,159626 \cdot N - 0,360182) \cdot \cos(2\pi/2,8 \cdot N + B1 \cdot \cos(0,205972 \cdot N - 0,932493)) + A2 \cdot \cos(0,617054 \cdot N - 0,718111) \cdot \cos(2\pi/4,66667) \cdot N + B2 \cdot \cos(X \cdot N + Y) + C.$$

Величины численных коэффициентов модели приведены в табл. 5.

Таблица 5

Численные коэффициенты регрессионной модели

Model: $FZk=A1*\cos(0,159626*N-0,360182)*\cos((2*Pi/2,8)*N+B1...$ (DinamNasel-Msk-FZ - 1)							
Dep. var: FZk Loss: (OBS-PRED)**2				Estimation method: Rosenbrock and quasi-Newton			
Final loss: 6,079592705 R= ,92050 Variance explained: 84,732%							
N=14	A1	B1	A2	B2	X	Y	C
Estimate	1,704586	3,561895	-2,3021054	1,664723	2,230057	-0,127989	-0,390007

Ход фактических и модельных значений амплитуд и начальных фаз, в зависимости от номера компоненты модели, показан на рис. 27.

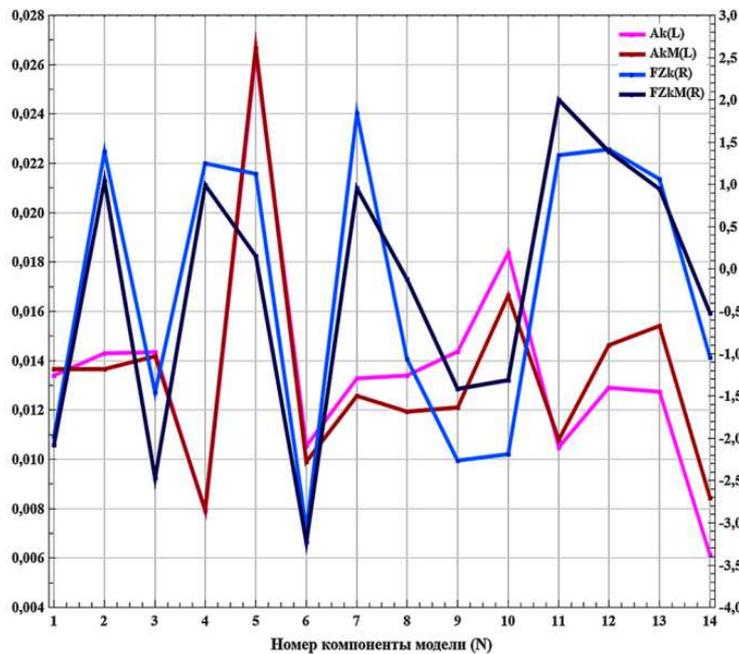
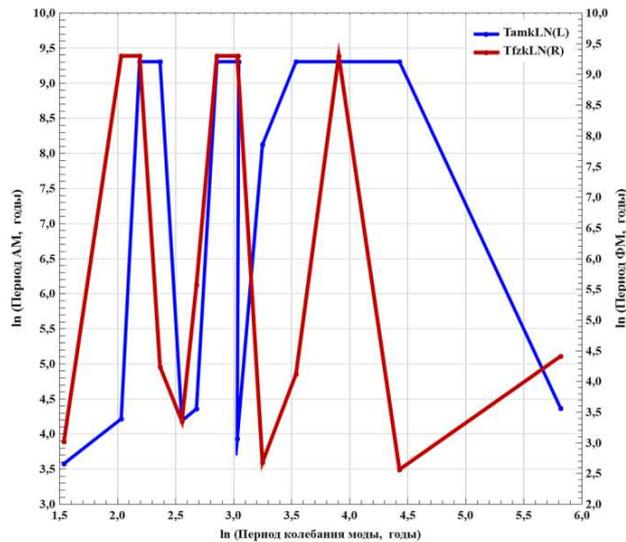


Рис. 5. Черты регулярного изменения величин амплитуд и начальных фаз единичных колебательных мод «короткого» ряда в зависимости от номера основного периода колебания

Укажем повторно, что индекс «*k*», используемый в легенде рис. 5, отражает этап анализа «короткого» ряда, берущего начало с 1750 года, точнее говоря, его диагностической компоненты.

Итак, рассмотренные параметры модели диагностической компоненты «короткого» ряда, представленные в зависимости от номера периода основного колебания (*N*; см. табл. 1), демонстрируют черты регулярной организации.

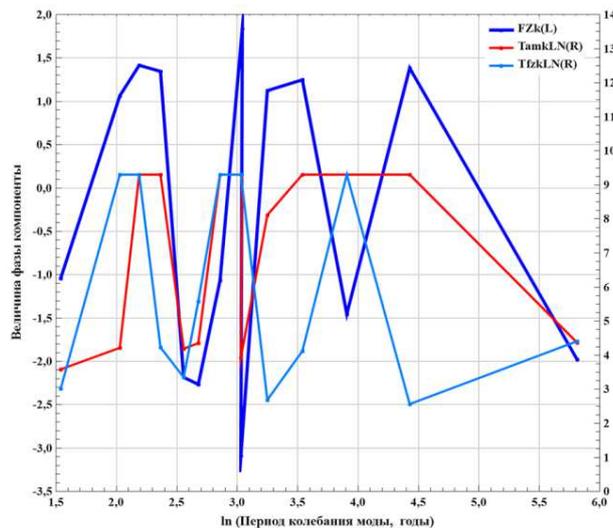
Теперь рассмотрим зависимость величин натуральных логарифмов периодов модуляции амплитуд и начальных фаз компонент от логарифма базового периода колебания компоненты (рис. 6).



**Рис. 6. Зависимость величин натуральных логарифмов периодов модуляции амплитуд и начальных фаз компонент от логарифма базового периода колебания компоненты**

Согласно рис. 6, прослеживается регулярность данной картины, причём для логарифма модуляции фаз – более выраженная.

Подобная регулярность композиции величин начальных фаз компонент (ось – слева), а также величин натуральных логарифмов периодов их амплитудной и фазовой модуляции, в зависимости от логарифма основного периода колебания, представлена на рис. 7. Хуже всего данная закономерность проявляет себя для моды  $M50$ .



**Рис. 7. Картина регулярности изменения величин начальных фаз компонент ( $FZ_k$ ; ось – слева), величин натуральных логарифмов периодов их амплитудной ( $T_{amkLN}$ ) и фазовой ( $T_{fkLN}$ ) модуляции в зависимости от логарифма основного периода колебания**

Обратимся к результатам расчёта матрицы взаимных линейных корреляций изучаемых показателей диагностической компоненты «короткого» ряда (табл. 6).

Таблица 6

**Матрица взаимных линейных корреляций**

Correlations (DinamNasel-Msk-FZ - 1)												
Marked correlations are significant at p < ,05000												
N=14 (Casewise deletion of missing data)												
Variable	Means	Std.Dev.	Akr	AkrM	Tamk	TamkLN	Tk	TkLN	FZk	FZkM	Tfzk	TfzkLN
Akr	0,013	0,005	1,000000	<b>0,953234</b>	-0,119024	0,105259	0,030905	0,195670	0,052718	-0,067995	-0,113597	-0,181082
AkrM	0,013	0,005	<b>0,953234</b>	1,000000	-0,151617	0,078188	0,028094	0,110900	0,186447	0,040519	-0,073906	-0,169508
Tamk	5767,774	5495,778	-0,119024	-0,151617	1,000000	<b>0,966362</b>	-0,184729	0,107975	<b>0,608986</b>	<b>0,545876</b>	0,257063	0,218077
TamkLN	6,994	2,618	0,105259	0,078188	<b>0,966362</b>	1,000000	-0,172367	0,152004	<b>0,663333</b>	<b>0,561763</b>	0,192758	0,140123
Tk	46,209	85,702	0,030905	0,028094	-0,184729	-0,172367	1,000000	<b>0,852190</b>	-0,232357	-0,318376	-0,265580	-0,216630
TkLN	3,087	1,092	0,195670	0,110900	0,107975	0,152004	<b>0,852190</b>	1,000000	-0,133358	-0,317846	-0,201935	-0,184080
FZk	-0,261	1,750	0,052718	0,186447	<b>0,608986</b>	<b>0,663333</b>	-0,232357	-0,133358	1,000000	<b>0,920498</b>	0,020280	-0,059152
FZkM	-0,261	1,611	-0,067995	0,040519	<b>0,545876</b>	<b>0,561763</b>	-0,318376	-0,317846	<b>0,920498</b>	1,000000	-0,091583	-0,136310
Tfzk	4753,849	5613,854	-0,113597	-0,073906	0,257063	0,192758	-0,265580	-0,201935	0,020280	-0,091583	1,000000	<b>0,989401</b>
TfzkLN	6,129	2,953	-0,181082	-0,169508	0,218077	0,140123	-0,216630	-0,184080	-0,059152	-0,136310	<b>0,989401</b>	1,000000

В табл. 6 красным тоном выделены статистически значимые, но, по сути, банальные связи, кроме одной: зависимости величины логарифма *периода* амплитудной модуляции мод от величины их начальной фазы.

Весьма слабая прямая связь существует между периодом фазовой и периодом амплитудной модуляции мод; слабая отрицательная связь – между основным периодом колебания и величиной фазы мод, которая несколько сильнее для модельного варианта описания фаз.

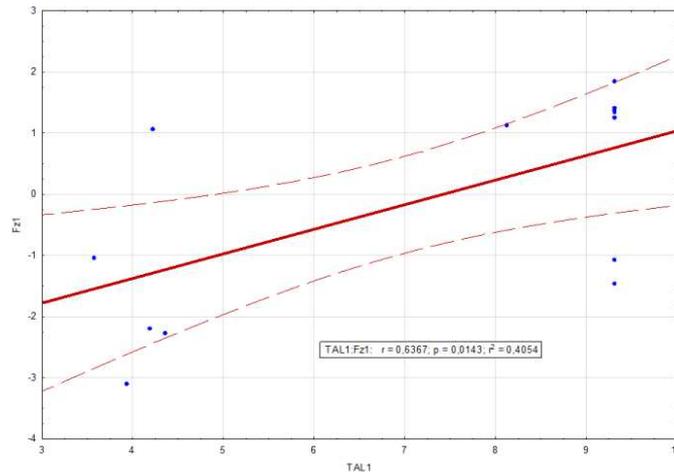
Исключим из анализа – соответствующих выборок – параметры моды  $T = 335$  лет и вновь рассчитаем матрицу взаимных линейных корреляций параметров (табл. 7).

Таблица 7

**Матрица взаимных линейных корреляций без учёта моды  $T = 335$  лет**

Correlations (DinamNasel-Msk-FZ - 1)												
Marked correlations are significant at p < ,05000												
N=14 (Casewise deletion of missing data)												
Variable	Means	Std.Dev.	A1	A1m	TA1	TAL1	T1	TL1	Fz1	FzM1	Tfz1	TfzL1
A1	0,0130	0,0052	1,000000	<b>0,953243</b>	0,002781	0,230562	0,221101	0,401667	0,103878	-0,041446	-0,013844	-0,055142
A1m	0,0131	0,0048	<b>0,953243</b>	1,000000	-0,057247	0,177976	0,130464	0,248156	0,228571	0,064456	0,000335	-0,075753
TA1	5764,6847	5499,2331	0,002781	-0,057247	1,000000	<b>0,965268</b>	0,487098	<b>0,547046</b>	<b>0,584262</b>	0,494255	0,258103	0,248824
TAL1	6,9370	2,6870	0,230562	0,177976	<b>0,965268</b>	1,000000	0,503420	<b>0,609391</b>	<b>0,636717</b>	0,506056	0,207618	0,189510
T1	22,6125	21,5076	0,221101	0,130464	0,487098	0,503420	1,000000	<b>0,905048</b>	0,205471	-0,000953	-0,074299	-0,140905
TL1	2,7816	0,8388	0,401667	0,248156	<b>0,547046</b>	<b>0,609391</b>	<b>0,905048</b>	1,000000	0,155111	-0,086994	0,064808	0,041275
Fz1	-0,1945	1,6966	0,103878	0,228571	<b>0,584262</b>	<b>0,636717</b>	0,205471	0,155111	1,000000	<b>0,911711</b>	-0,013927	-0,065763
FzM1	-0,1500	1,5278	-0,041446	0,064456	0,494255	0,506056	-0,000953	-0,086994	<b>0,911711</b>	1,000000	-0,161530	-0,175745
Tfz1	4749,4450	5617,8231	-0,013844	0,000335	0,258103	0,207618	-0,074299	0,064808	-0,013927	-0,161530	1,000000	<b>0,971908</b>
TfzL1	6,0299	3,0367	-0,055142	-0,075753	0,248824	0,189510	-0,140905	0,041275	-0,065763	-0,175745	<b>0,971908</b>	1,000000

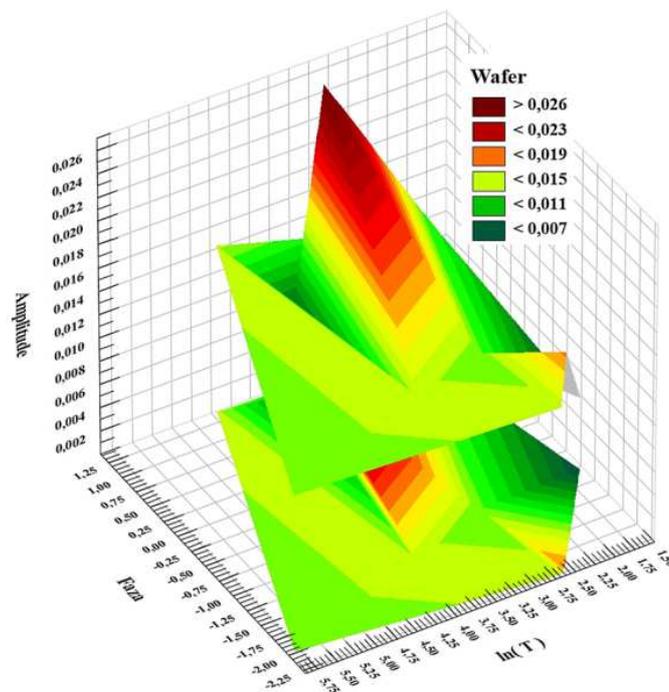
Для примера на рис. 8 показана линейная связь величин логарифмов периодов амплитудной модуляции мод и величин их начальных фаз.



**Рис. 8. Характеристики линейной корреляции величин логарифмов периодов амплитудной модуляции мод и величин их начальных фаз**

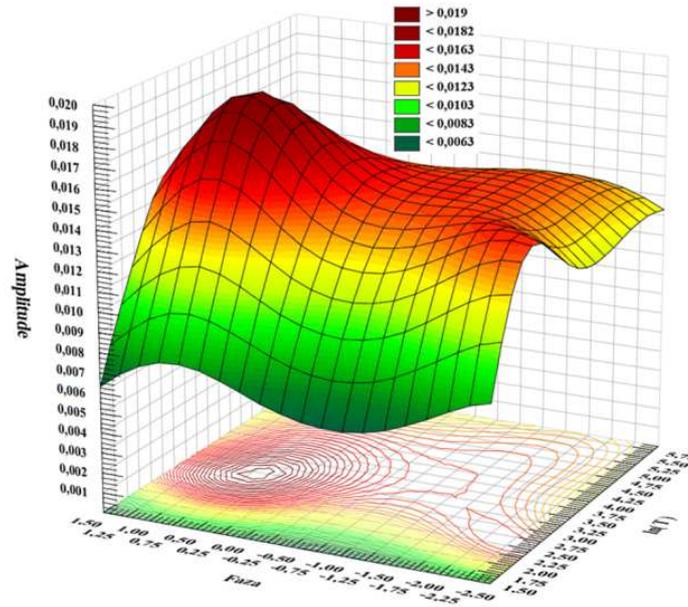
В этой связи повторим, пожалуй, ключевой вывод данного этапа исследований: связность, системная организация параметров «короткого» ряда выражена, безусловно, слабее, чем таковая в «длинном» ряда, отражающем динамику исторических традиций изучаемой социальной системы.

Рассмотрим картину системной организации параметров «короткого» ряда в виде серии графических 2D и 3D моделей. Согласование величин амплитуд ( $A$ ), начальных фаз ( $Faza$ ) и периодов главных колебаний единичных мод ( $T$ ) показано на рис. 9.



**Рис. 9. Поле вида  $A = f(Faza, \ln(T))$**

В сглаженном виде данное поле приведено на рис. 10.



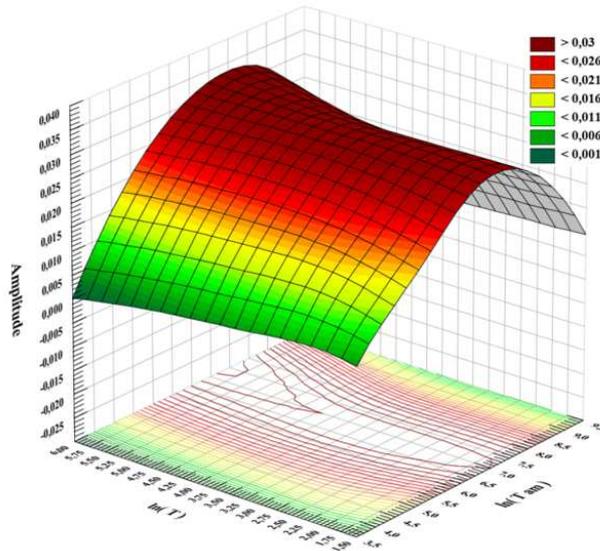
**Рис. 10.** Сглаженный вариант поля вида  $A = f(\text{Фаза}, \ln(T))$

Согласно рис. 10, максимальная амплитуда характерна для компонент со средними – по логарифмической шкале – величинами периодов колебательных мод (около 20...50 лет, что, согласно классификации ритмов, соответствует компартменту «принуждение» и середине компартмента «фундаментальные науки» – ритму Кондратьева), а амплитуда максимальных и минимальных периодов, в целом, уменьшается. Последнее обстоятельство свидетельствует о снижении роли данных ритмов в организации жизнедеятельности населения Москвы, рассматриваемой в исторической ретроспективе. Кроме того, в картине ритмов, по сути, не представлены моды с периодами в интервале 100...300 лет, о чём уже говорилось.

Для композиции ритмов развития характерны либо околонулевые и слабоположительные фазы, либо существенно отрицательные фазы. Слабо отрицательные фазы представлены в данной композиции меньше.

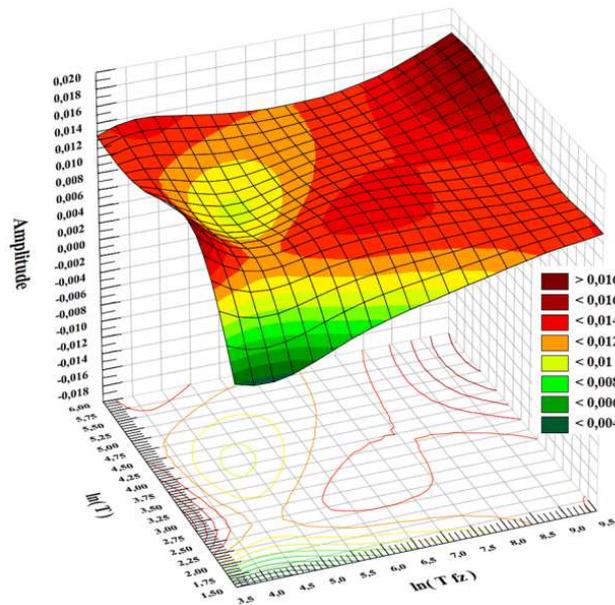
Согласно рис. 10, для середины интервала логарифмов периодов характерны и большие амплитуды мод, и слабоположительные фазы. Увеличение амплитуды моды с ростом периода колебания более характерно для блока относительно высокочастотных мод, по сравнению с другими блоками модели ряда.

Особенность согласование величин амплитуд мод ( $A$ ), а также логарифмов периодов их амплитудной модуляции ( $\ln(T_{am})$ ) и основных периодов колебаний ( $\ln(T)$ ) в сглаженном виде отражает рис. 11.



*Рис. 11. Сглаженный вариант поля вида  $A = f(\ln(T), \ln(T_{fm}))$*

Особенность согласование величин амплитуд мод ( $A$ ), а также логарифмов периодов их фазовой модуляции ( $\ln(T_{fz})$ ) и основных периодов колебаний ( $\ln(T)$ ) в сглаженном виде отражает рис. 12.



*Рис. 12. Сглаженный вариант поля вида  $A = f(\ln(T), \ln(T_{fz}))$*

Качественное истолкование приведённых на рисунках графических моделей требует проведения дополнительных исследований.

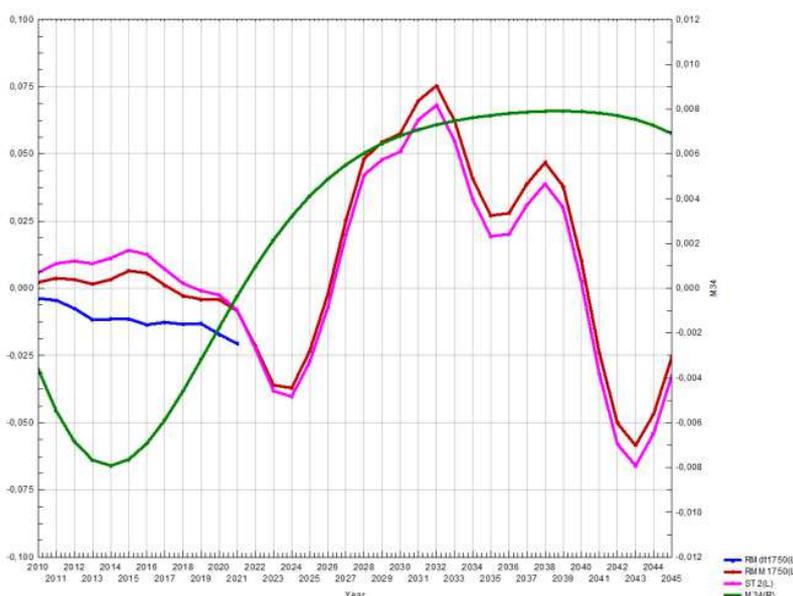
С учётом того обстоятельства, что математическая модель диагностической компоненты «короткого» ряда ( $RMM1750$ ) принадлежит ко множеству *линейных моделей*, распределяющих общую дисперсию (энергию) процесса развития среди набора основных колебательных мод, обладающих

*довольно автономным вкладом* в общую динамику процесса, сформулируем иную эмпирическую задачу.

Рассмотрим, как влияет изменение геометрии одной, выделенной моды на картину согласованного изменения остальных мод модели «короткого» ряда. Другими словами, каковы возможности изменения исторической траектории данной моды усилиями общества с целью влияния на динамику исторических событий в будущем, а, по сути, с целью управления будущим. Укажем, что на данном этапе исследований рассматривалось лишь изменение «стартовых позиций» каждой моды, предваряющих очередную «волну» изменений, сопряжённых с данным колебанием (*намеренное продление социально-экономической ситуации*, соответствующей минимуму моды).

Итак, полная модель диагностической компоненты «короткого» ряда такова:  $RMM7150 = M335 + M84 + M50 + M34 + M26 + M21 + M17 + M15 + M13 + M11 + M9 + M7i6 + M4i7 + M20i7$ .

Примем в расчёт, то есть сложим, все указанные моды (переменная  $ST2$ ), за исключением моды  $M34$  (согласно классификации ритмов, граница компартов «принуждение» и «фундаментальная наука», то есть ведение войны на новых технологических принципах и активизация НИОКР для целей развития оборонно-промышленного комплекса государства), а её интерпретируем как фактор управления ситуацией развития (рис. 13).

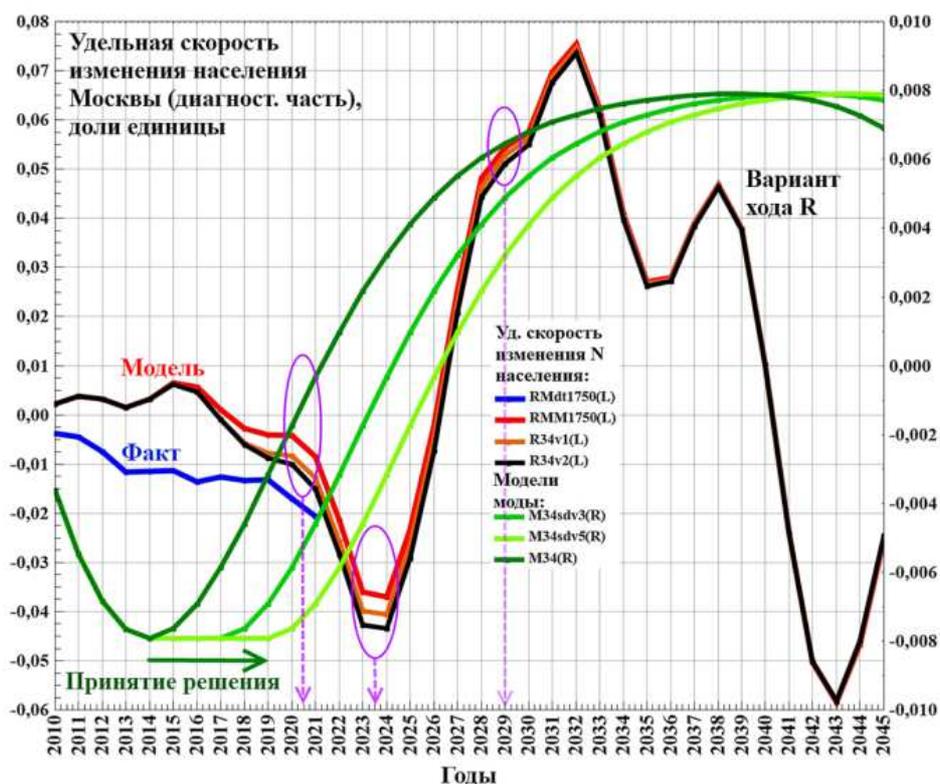


**Рис. 13. Картина временной динамики диагностической компоненты фактических ( $RMDt$ ) и модельных ( $RMM1750$ ) величин «короткого» ряда удельной скорости изменения населения Москвы (с прогнозной частью) и выделенной моды  $M34$**

Согласно рис. 13, сравнивая ход переменных  $RMM1750$  и  $ST2 = RMM1750 - M34$ , можно заметить, что уже в исходном положении на оси времени мода  $M34$  несколько снижала скорость прироста населения на отрезке 2010-2022 годов, а после рубежа 2022-2023 годов увеличивала величину этой скорости. Кроме того, заметим, что, даже для довольно низкочастотной моды развития  $M34$ , ситуация, например, 2014 года, в силу организации демографических данных на 1 января следующего – за учётным – года, определялась, всё же, обстоятельствами 2013 года. Иными словами, эффективность расходования сил и средств на поддержание моды  $M34$  может быть адекватно оценена только в перспективе нескольких десятилетий.

Переместим позицию моды  $M34$ , соответствующую качеству принятия решений и социально-экономической ситуации 2014 года, на три года вперёд – на 2017 год с сохранением на всём этом интервале её минимального уровня (переменная  $M34sdv3$ ), а также на пять лет вперёд ( $M34sdv5$ ). Образовавшиеся «разрывы» заполним данными минимума 2014 года.

Результат моделирования ситуаций развития, возможно, определяемых ходом моды  $M34$ , представлен на рис. 14.



**Рис. 14. Анализ индивидуального вклада моды  $M34$  в социально-экономическое развитие государства**

Расчётные величины удельной скорости изменения численности населения Москвы приведены в табл. 8 (доли единицы).

Таблица 8

**Расчётные величины удельной скорости изменения численности населения в поворотных точках исторической траектории Москвы**

Индекс	Годы				
	2020	2021	2023	2024	2029
<i>RMM1750</i>	-0,0042	-0,0085	-0,0360	-0,0370	0,0543
<i>R34v1</i>	-0,0083	-0,0127	-0,0399	-0,0406	0,0527
<i>R34v2</i>	-0,0101	-0,0151	-0,0427	-0,0434	0,0511
Уровень тренда скорости изменения населения: + 0,021					

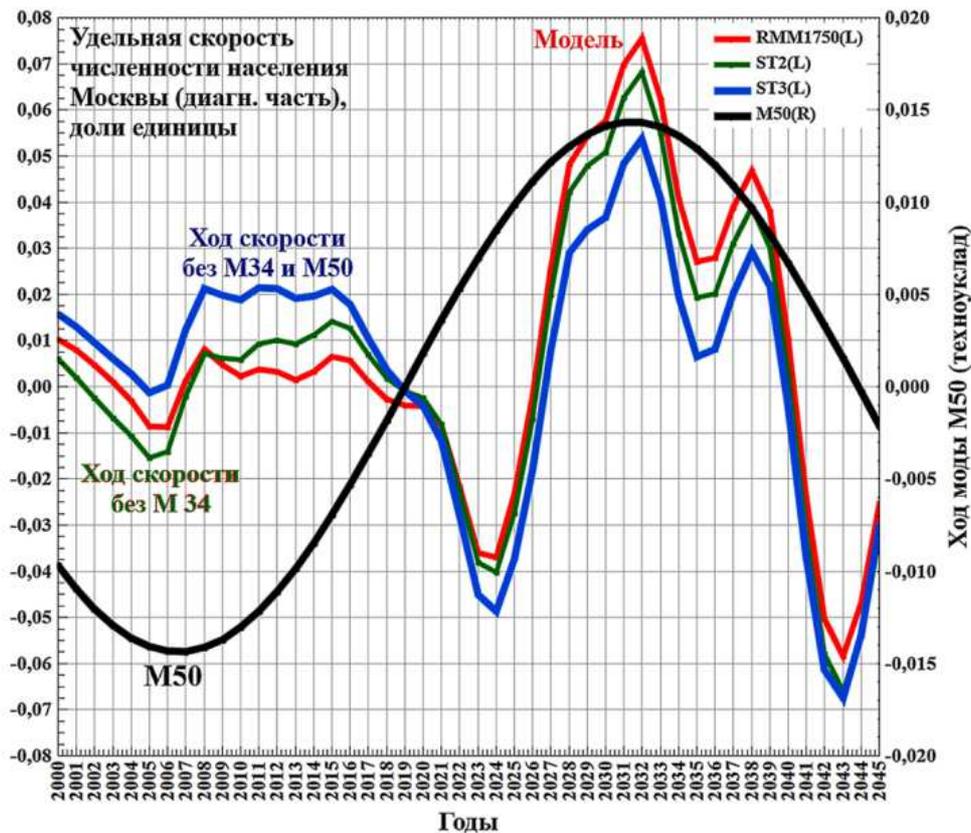
Далее приведённые в табл. 8 расчётные величины по каждой строке (модели) усреднялись за 2020-2021 расчётные годы и 2023-2024 годы. Далее определялась величина снижения удельной скорости от базового уровня модели *RMM1750*. Итак, в среднем за 2020-21 годы снижение в модели *R34v1* составило 60,4 %, в модели *R34v2* – 98,4 %. От уровня тренда ряда в указанные годы абсолютные величины снижения составляют соответственно 19,8 % и 29,8 %.

В среднем за 2023-24 годы снижение в модели *R34v1* составило 10,3 %, в модели *R34v2* – 18,0 %. От величины тренда ряда в указанные годы абсолютные величины снижения составляют соответственно 17,9 % и 31,2 %.

В 2029 году снижение в модели *R34v1* составило 3,0 %, в модели *R34v2* – 5,9 %. От величины тренда ряда в указанные годы абсолютные величины снижения составляют соответственно 7,6 % и 15,2 %.

Таким образом, откладывание решения об изменении хода моды *M34* на 3-5 лет привело бы к заметному уменьшению удельной скорости прироста населения Москвы в перспективе до 2032 года.

На следующем этапе работы вновь учтём все колебательные моды, образующие «короткий» ряд (переменная *ST3*), за исключением уже двух мод – *M34* и *M50*, то есть добавим к рассмотренному ранее сценарию хода событий изменение ситуации с технологическим укладом в целом, а не только состояния ОПК. Результат анализа приведён на рис. 15.



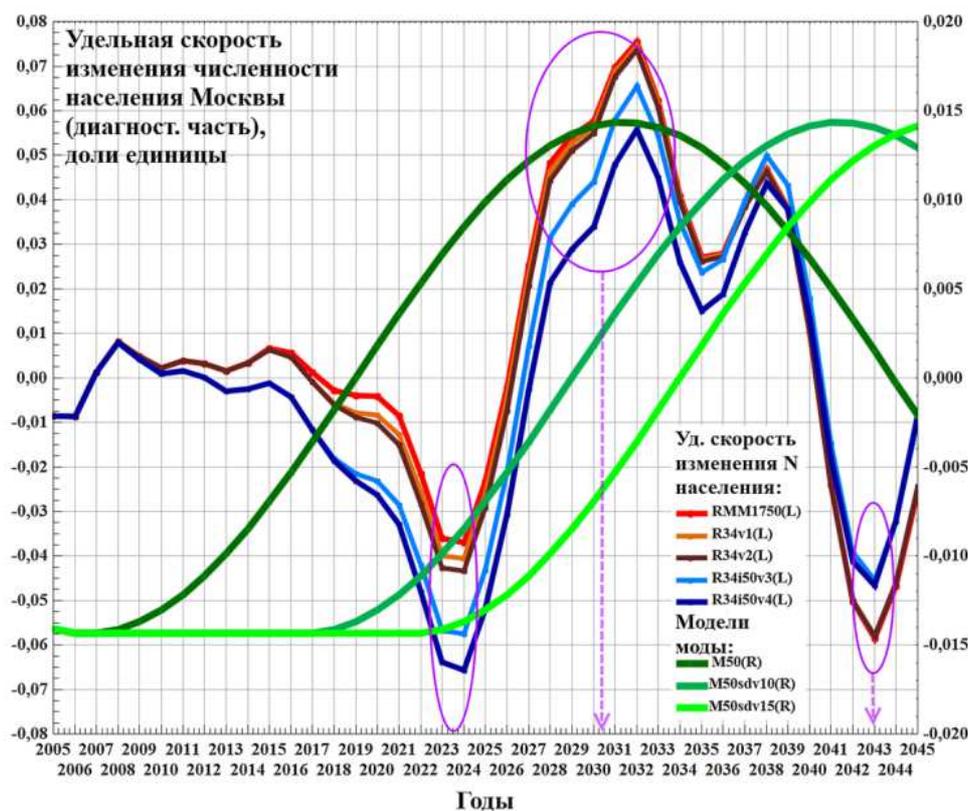
**Рис. 15. Анализ вклада суммы мод  $M34$  и  $M50$  в социально-экономическое развитие государства**

В силу более высокой инерционности моды  $M50$ , по сравнению с  $M34$ , «отложим» модернизацию техносферы на 10 лет (фактически, рост моды  $M50$  стартовал с 2017 года) и на 15 лет (рост моды  $M50$  с 2022 года). Рассмотрим влияние подобных решений на ход величины удельной скорости, с учётом ранее рассмотренных сценариев для  $M34$  (в предположении, что действие факторов не зависит друг от друга, хотя, по сути, это не так). Разрывы некритическим образом «заполняем» значениями минимума 2007 года, то есть, допускаем флуктуации моды – «застой» – около данного минимального уровня.

Итак:

$$ST3 = M335 + M84 + M26 + M21 + M17 + M15 + \\ + M13 + M11 + M9 + M7i6 + M4i7 + M20i7; \\ \text{сценарий № 3: } ST3 + M34sdv3 + R50sdv10; \\ \text{сценарий № 4: } ST3 + M34sdv5 + R50sdv15.$$

Результаты расчётов показаны на рис. 16.



**Рис. 16. Анализ сценариев социально-экономического развития государства, учитывающих изменения, сопряжённые с изменением позиционирования мод M34 и M50**

В целом, амплитуда моды социально-исторического процесса с увеличением величины главного периода колебания возрастает (спектр исторического процесса выражено низкочастотный, т.е. основная доля энергии изменений сосредоточена в области именно низкочастотных мод – культурных традиций). Поэтому рис. 16 позволяет сделать следующие заключения:

1) реакция общества на изменение хода низкочастотных колебательных мод более выраженная, хотя изменения эти протекают достаточно медленно, и население, как правило, успевает к ним адаптироваться; поэтому и воспринимает сопряжённые с динамикой мод события менее драматично, по сравнению с более быстрыми социальными трансформациями;

2) управлять ходом этих мод практически невозможно или очень ресурсоёмко – требует «долгой воли» элит и чёткого образа будущего; поэтому те или иные их изменения следует анализировать больше в гипотетическом контексте, чем в практическом.

С учётом сказанного и рис. 16, рассмотрим варианты отсроченной модернизации техносферы, что предполагает невыраженный тренд – флуктуации – моды M50 в районе широкого минимума 2005-2022 годов.

Безусловно, реакция динамики общества на реализацию подобных решений более выражена, по сравнению с реакцией на вариации изменения хода моды *M34* (укажем повторно: в первом приближении мы рассматриваем независимое влияние мод на ход развития общества, что является упрощением реальной ситуации). Речь идёт о снижении удельной скорости прироста населения уже не на проценты, а в несколько раз, по отношению к уровню базовой модели (*RMM1750*).

Вновь о себе заявляет рубеж, или поворотный пункт истории, локализованный в окрестности вероятного максимума 25-го солнечного цикла – в окрестности 2023-2025 годов.

Существенное снижение удельной скорости прироста населения наблюдается в интервале 2028...2039 годов, то есть в фазе допускаемой нами глобальной бифуркации. На этот результат, так или иначе, повлияют другие факторы, учитываемые в работе.

Примечательно, что отсроченный *положительный* эффект от переноса модернизации на 10-15 лет допускается в районе 2043 года, причём в весьма слабой зависимости от того, на сколько лет откладывалась модернизация. Но это – уже настолько отдалённая (и негативная для авторов) перспектива, что истолкование данного результата принципиально зависит от тех черт геополитической и социально-экономической организации мира, которые сложатся и будут нормативно закреплены после прохождения цивилизацией глобальной бифуркации.

Снижение скорости прироста населения на участке 2041...2042 годов выглядит как инвариантная ситуация, не зависящая от рассматриваемых факторов.

В заключении работы укажем, что в данной публикации изложена только *базовая идея* подхода к решению *проблемы анализа, прогноза и управления ходом социально-экономического развития крупных территориальных систем*, проиллюстрированная двумя примерами. На основании выполненных исследований мы допускаем, что применение этой методологии при решении задач проектирования будущего целесообразно и эффективно, но требует как дополнительного теоретического и эмпирического обоснования, так и рассмотрения более широкого спектра примеров – сценариев развития, включающих наложение не только негативных, но и позитивных изменений тех или иных факторов развития, представленных своими колебательными модами. Представительный корпус источников, привлекаемых для обоснования заявленной методологии, уже рассмотрен в наших публикациях 2003-2021 годов.

Важно вновь обратить внимание на то обстоятельство, согласно которому участок смещения выступающих инструментом управления развитием мод может быть представлен не только постоянным по величине уровнем (как в данной работе), но и различными по спектральной картине флуктуациями.

Кроме того, после «выполнения» сдвига моды не существует гарантий, что ранее определённая траектория моды сохранится, даже в силу её инерционности, особенно на длительных временных интервалах. Возможное изменение исторической траектории моды также подлежит учёту в ходе подобного анализа (перспективный актуализм).

Исследования должны быть нацелены и на формализацию связей между колебательными модами, которые используются для проектирования будущего, хотя бы в самом простом варианте этих связей, например:  $M_{34} = A \cdot (M_{50})^K + B$ . Тогда, в зависимости от знака и абсолютной величины параметра  $K$ , следует рассмотреть линейную связь ( $K = 1$ , в т.ч. слабую линейную связь при небольшой величине  $A$ ); нелинейную положительную прямую связь ( $K > 1$ ); нелинейную отрицательную прямую связь ( $K < 1$ ), а также варианты обратных связей между модами. Правда, наше утверждение об отсутствии связей между модами (изложенное в форме гипотезы их достаточной автономности) *не вполне корректно: картину исторически сложившихся связей определяют соотношения начальных фаз, входящих в модель каждой единичной моды (картина начальных фаз отражает принципиальную организованность, системность мод, формирующих итоговую модель процесса)*. Именно эту картину мы и обсуждали в первой части работы. Вполне возможно, что связность различного рода следует устанавливать именно между величинами начальных фаз. Частным случаем такой связности выступает регулярность в изменении величин начальных фаз, рассматриваемая в зависимости от базового атрибута мод – величины периода их основного колебания, а также от других параметров мод.

### Библиографический список

1. Переходные эпохи в социальном измерении: История и современность/ отв. ред. В.Л. Мальков. Ин-т всеобщей истории РАН. М.: Наука, 2003. 482 с.
2. Циклы природных процессов, опасных явлений и экологическое прогнозирование// Материалы к международной конференции, посвященной 100-летию Н.Д. Кондратьева/ под ред. О.Л. Кузнецова. М.: 1991. 160 с.
3. Гумилев Л.Н. География этноса в исторический период. Л.: Наука, Л. отд., 1990. 280 с.

УДК 316.4.051.2: 316.4.06

А.В. Волков, канд. техн. наук, доц., [wolkow.av@mail.ru](mailto:wolkow.av@mail.ru)  
(Россия, Тула, ТулГУ)

## ВОЗМОЖНАЯ ПРИРОДА КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ

*Рассмотрены понятие реализуемых биологическими системами естественных технологий, положенное А.М. Уголевым в основу определения феномена жизни; представления К.Л. фон Берталанфи о живых системах. В качестве важной естественной технологии выделено целесообразное воспроизводство унитарных реакций поведения животных, составляющее ядро теории Л.В. Крушинского. Сформулирована гипотеза природы колебательных процессов, выделяемых в структуре рядов – регистраций свойств различных систем, связываемой с копированием единичных паттернов поведения – вейвлетов во времени и пространстве с накоплением ошибок. Рассмотрены философская причина возникновения и элементарные модели описания ошибок, а также примеры реализации данного аналитического подхода в науках о Земле. Указаны некоторые закономерности копирования паттернов, в том числе отражающие специфику формирования культуры и исторического развития социальных систем.*

*Ключевые слова: жизнь, естественные технологии живых систем, унитарная реакция поведения, вейвлет, копирование паттернов поведения с ошибками, мутации, закономерности копирования, статистические ряды данных, модели динамических процессов, культура, социально-историческое развитие.*

История изучения организмов методами классической науки насчитывает четыре столетия. Однако исчерпывающего определения феномена жизни до сих пор, по-видимому, не предложено. Помимо идеи К. Маркса о жизни, как форме существования белковых тел, известность получило определение российского физиолога, доктора медицинских наук, академика А.М. Уголева (1926-1991).



*Александр Михайлович Уголев*

Академик А.М. Уголев открыл эффект пристеночного (мембранного) пищеварения, внёс фундаментальный вклад в развитие ряда теорий, включая теорию эволюции пищеварительных процессов, теорию адекватного питания, концепцию белковой организации и эволюции физиологических функций организмов, сформулировал базовые положения междисциплинарной науки – трофологии. По свидетельству коллег (нейрофизиолога академика В.Н. Черниговского, биохимика академика А.Е. Браунштейна), А.М. Уголев номинировался на Нобелевскую премию и лишь «принципиальное несогласие с членами Нобелевского комитета разделить честь открытия мембранного пищеварения с некоторыми зарубежными физиологами» не позволило ему стать лауреатом. По убеждению председателя Санкт-Петербургского центра РАН Ж.И. Алфёрова, одна из наиболее мощных научных школ мирового уровня в Санкт-Петербурге была сформирована именно академиком Уголевым (<http://ru.wikipedia.org/wiki/>).

Александр Михайлович выступал за критическое отношение к научным догмам и признанным классификациям, долгие годы господствовавшим в науке. Свои идеи он изложил в работе «Теория адекватного питания и трофология» (СПб, 1991). В частности учёный полагал, что человек и высшие животные являют собой не столько организменные, сколь надорганизменные системы, объединяющие макроорганизм и микрофлору его желудочно-кишечного тракта, изучаемые дисциплиной – эндэкологией.

Обоснованию концепции так называемых *естественных технологий*, реализуемых биологическими системами на разных уровнях организации живого, посвящена работа А.М. Уголева «Естественные технологии биологических систем» (Л.: Наука, 1987, серия «Наука и технический прогресс»; <https://www.litmir.me/br/?b=178555&p=1>). «Концепция естественных технологий обосновывается на примере наиболее важных процессов в живых системах, их эволюции и происхождения. Охарактеризованы... некоторые закономерности, которые могут быть интерпретированы как общие для естественных технологий живой природы и производственных технологий. Показано, что такие подходы плодотворны для понимания биологии в целом, процессов, протекающих в живых системах различной сложности, взаимодействий естественных и производственных технологий, в частности, в медицине, экологии, питании... В свете <этих идей...> общее представление о технологии превращается в науку о принципах, структуре и динамике организованных процессов. <Автором...> приведены многочисленные доказательства и обширная литература, позволившие обосновать вывод, что *жизнь – это совокупность естественных технологий*. <Например, ...> общие и эволюционные аспекты физиологии рассмотрены... как своеобразные естественные технологии живых систем, <хотя многим...> эта точка зрения покажется странной».

Таким образом, по мнению академика А.М. Уголева, *жизнь* представляет собой совокупность естественных технологий, обеспечивающих *воспроизводство* себе подобных процессов и структур за счёт использования энергии внешнего источника. Поэтому возникновение жизни – это возникновение комплекса новых естественной технологий.

Другой подход к определению феномена жизни состоит в перечислении отдельных признаков, которые свойственны живым организмам (системам) и, скорее всего, нехарактерны для геологических систем. Среди прочих признаков, живые системы отмечены сложным упорядоченным строением; получают энергию из окружающей среды и активно её используют на воспроизводство и усложнение своей структуры и функций; активно реагируют на изменения окружающей среды и развиваются, т.е. жизненный цикл живого включает продуцирование и тестирование новых элементов, компартиментов и свойств, не представленных в структуре предковых организмов.

Отметим, что основоположник общей теории систем австрийский биолог К.Л. фон Берталанфи (1901-1972) определял *живые системы* как «иерархически организованные открытые системы, сохраняющие себя или развивающиеся в направлении состояния подвижного равновесия. Поэтому важнейшими аспектами анализа биологических и биосоциальных явлений выступают обмен со средой и обратные связи» [1].

Особое место в рассуждениях К.Л. фон Берталанфи занимает обоснование системной аналогии между организмом биологическим и цивилизационным. Как подчёркивал учёный, историки «неустанно воюют против метафизического... утверждения О. Шпенглера о том, что цивилизации являются своего рода организмами, которые рождаются, развиваются в соответствии с их внутренними законами и, в конечном итоге, умирают». Очевидно, что между этими объектами нельзя ставить знак тождества: «Никто не знает лучше биолога, что цивилизации не есть организмы». Основанием для аналогии выступает не таксономическая близость объектов, а их функциональное подобие. «В <социальных> организациях легко усматриваются квазибиологические функции. Они сохраняют себя, иногда воспроизводят себя или дают метастазы; они реагируют на стресс, стареют и умирают. Организации имеют различную анатомию, а те, которые перерабатывают материальные <ресурсы...>, обладают и физиологией». Использование биологических подходов и моделей для анализа социальных агрегаций означает «принятие в качестве исследовательского принципа модели живого организма, а также процессов и принципов, регулирующих его рост и развитие. Это требует поисков закономерных процессов в росте организаций» [1].

Важные представления о системных свойствах живого, прежде всего, о системных свойствах поведения, изложены в трудах профессор МГУ имени М.В. Ломоносова, члена-корреспондента АН СССР Л.В. Крушинского [2]. Поведение реализуется как качественно новое свойство организма. Поэтому

заклучения о физиологических основах жизнедеятельности организма и используемые в этом случае познавательные приемы не могут автоматически экстраполироваться на его поведение. Физиология и поведение являют собой разные уровни анализа системного биологического объекта, текущая организация которого задаётся сочетанием общесистемных и специфических законов развития.

В статье 1948 года «Некоторые этапы интеграции в формировании поведения животных» учёный допустил, что сложное поведение животных может быть расчленено на отдельные *унитарные реакции поведения*. «Сформулировав понятие унитарной реакции поведения, – писал Л.В. Крушинский, – мы полагаем, что нам удалось охарактеризовать элементарную единицу поведения, формирующуюся в результате интеграции отдельных рефлексов – условных и безусловных» [2, с. 136]. Этот базовый акт поведения направлен на выполнение одиночного действия, которое, при различных способах своего осуществления, всё же имеет *определённый шаблон конечного исполнения*. Сказанное относится к формированию реакций поведения в онтогенезе. Таким образом, унитарная реакция – это простейшая в композиционном отношении интегрированная единица поведения.

В этом контексте «основное затруднение сводится к следующему. Изучая различные акты поведения собак, мы нашли, что сходное по конечному выражению поведение может обуславливаться различными причинами. В одних случаях определённый акт поведения формируется в результате индивидуального опыта животного; в других он может формироваться под ведущим влиянием врожденных факторов» [2, с. 129-130]. Иначе говоря, наблюдаемое поведение является результатом интеграции, или «теснейшего переплетения», врожденных и индивидуально приобретенных компонентов поведения. *Сочетание компонентов «не оказывается при этом строго детерминированным».*

Кроме того, «возникает вопрос о дальнейшей степени интеграции – об объединении отдельных унитарных реакций в <ходе построения...> более сложных уровней поведения. Проведенный анализ показал, что сложное поведение животных может быть расчленено на отдельные унитарные реакции поведения. <В частности, нарушение...> нормального адаптированного поведения животных... происходит путем выпадения или, наоборот, проявления отдельных... унитарных реакций поведения. Последние... выступают как целостные акты поведения, которые объединяются в сложное поведение, отвечающее основным фазам жизни животного» [2, с. 136-137].

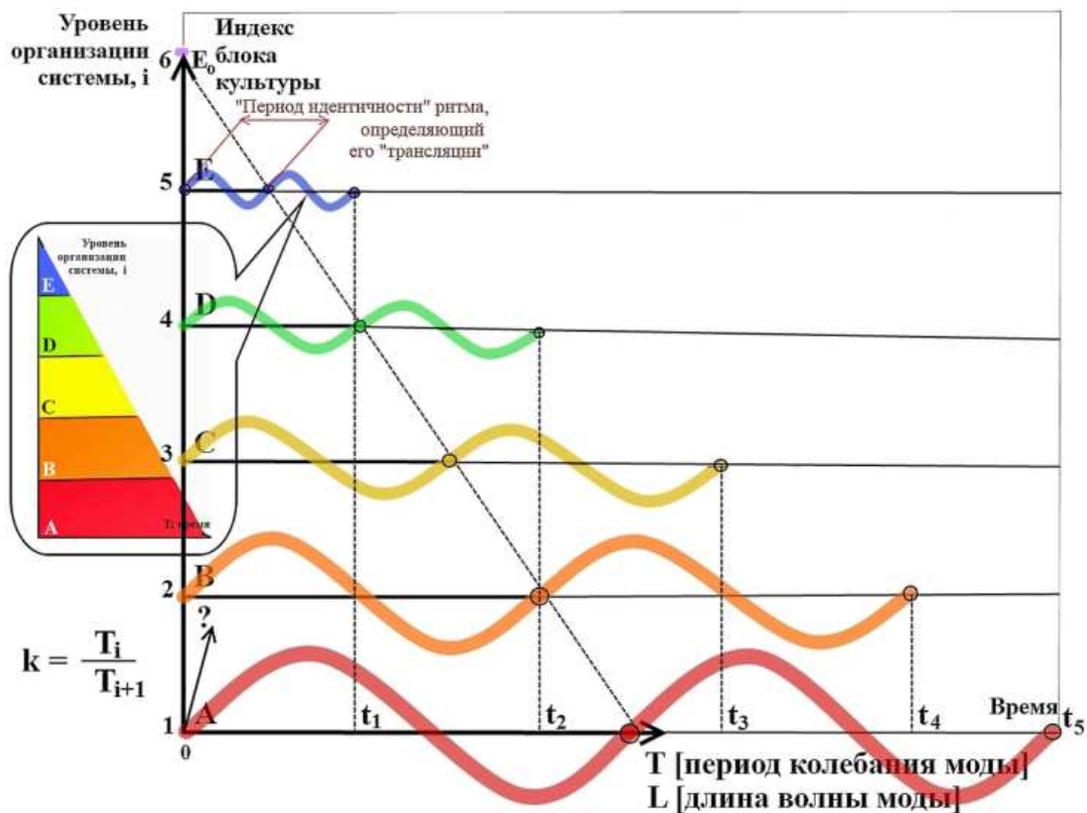
Представление о том, что унитарные реакции формируют соответствующие биологические формы поведения, или так называемые биоконтакты активности, получило подтверждение в ряде поздних исследований. Касаясь вопроса *биологической целесообразности* подобного механизма жизни, Л.В. Крушинский писал: «Биологические формы поведения, имеющие широкое значение для каждого вида животных, оказываются адаптированными ко

всему многообразию конкретных условий, в которых они живут, не в целом, а посредством отдельных унитарных реакций. При помощи этого достигается возможность в случае изменений условий существования перестраивать не всю биологическую форму поведения в целом, а только ту её часть, которая необходима для адаптации к новым конкретным условиям жизни. *В противном случае каждое изменение условий существования приводило бы к необходимости переделки всей биологической формы поведения, что, несомненно, оказалось бы крайне биологически невыгодным. Дискретность биологических форм поведения имеет поэтому безусловную биологическую выгоду»* [2, с. 140].

«Нам кажется бесспорным положение, – развивал эту мысль Л.В. Крушинский, – что в борьбе за существование имеет значение не то, как выполняется тот или другой акт поведения, а то, что он даёт в конечном счёте для выживания той или другой особи» [2, с. 142]. Важным компонентом обсуждаемой естественной технологии выступает «наследственная фиксация» наиболее эффективных актов поведения: «В том случае, когда унитарная реакция поведения, возникающая под ведущим влиянием внешних факторов, *оказывается из поколение в поколение биологически полезной, несомненно, начинается положительный отбор тех особей, у которых она формируется наиболее легко*, т.е. тех, у которых она формируется при большем участии наследственных факторов. Увеличение удельного веса наследственных факторов поведёт к тому, что данная унитарная реакция поведения начнёт формироваться при малом участии индивидуального опыта животного, возникая, в основном, под ведущим влиянием врожденных... компонентов поведения» [2, с. 143].

Итак, одной из важных естественных технологий биологических систем выступает их адаптивное поведение во времени и пространстве, которое интегрирует ряд базовых компонентов; текущее сочетание компонентов в структуре поведения «не оказывается... строго детерминированным». Компонент поведения, который проявляет свою эффективность в различных условиях на протяжении ряда последовательных поколений и, в конечном счёте, обеспечивает положительный результат для выживания особей, закрепляется в структуре поведения группы путём «наследственной фиксации», а далее – широко копируется до тех пор, пока приносит ей биологическую выгоду. В этом заключается биологическая целесообразность процедуры копирования, в сравнении с повторной разработки новыми поколениями эффективных паттернов, или шаблонов исполнения, индивидуального и коллективного поведения. На уровне социальных агрегаций динамичный комплекс подобных паттернов именуют *культурой* (включающей и биологические, и внебиологические инструменты адаптации), а механизм воспроизводства основных системных черт культуры – народной *традицией*.

На основании изложенного, позволим себе сформулировать следующую *гипотезу*: природа ритмов, выделяемых в структуре рядов, характеризующих пространственно-временное поведение систем неживого (геофизического, геохимического, геологического), живого и социального генезиса методами спектрального анализа и иными приёмами обработки эмпирических данных, связана с реализацией *механизма копирования базовых паттернов поведения систем*, приближаемых единичным колебанием (в данном случае назовём его «вейвлетом»; от англ. *wave* – волна, волнистая линия и *let* – пускать) с закономерным периодом колебания или длиной волны (рис. 1).



**Рис. 1. Копирование базовых ритмов как возможная природа сложных колебательных процессов, несущих информацию об историческом развитии социальных систем**

Подлежащий повторному воспроизводству во времени и/или пространстве вейвлет, понимаемый как единичный паттерн поведения, подтвердил свою эффективность – в аспекте обеспечения сохранения системой своего состава, строения, свойств, то есть устойчивости – как в «онтогенезе», так и в «филогенезе» (в эволюционном смысле). Возможно, именно так Природа экономит и свои «идеи» (законы), и «ресурсы». Разрабатывать новый паттерн поведения в то время, как ранее используемый паттерн из данной их группы подтверждает свою эффективность, энергетически не выгодно.

Тем не менее, процедура многократного копирования паттернов поведения допускает внесение в их структуру изменений, или «ошибок», постепенно искажающих первоначальные характеристики и ухудшающих – в аспекте обеспечения жизни систем – первоначальные свойства (функционал). Вполне возможно, что в данном случае правомочна аналогия с концепцией ресурсных циклов, предложенной в 1975 году И.В. Комаром [3].

Поэтому возможная природа колебательных процессов допускает не идеальное копирование базовых паттернов поведения систем – так называемых вейвлетов, а копирование с «ошибками», погрешностями, мутациями (лат. *mutatio* – перемена, изменение, смена; *mut.* замена одного выражения другим). Со временем накопление подобных мутаций приводит к качественному преобразованию системы, включая её разрушение.

Коротко отметим, что в трактате «О возникновении и уничтожении» в качестве главного источника ошибок копирования, или мутаций, базовых ритмов Аристотель рассматривал человека и общество. Первоначально базовые ритмы, несущие информацию о Высшем Замысле, идеальны и не содержат погрешностей. Но, при взаимодействии с земными реалиями, эти ритмы искажаются и Замысел о мире становится менее доступным для понимания. Вполне возможно показать эмпирически, что чем в большей степени единичная колебательная мода отличается от гармоники, а комплекс мод – от полигармонического процесса, тем хуже эвристические возможности статистических методов обработки рядов наблюдений, включая возможности модификаций спектрального анализа. Наконец, при максимальном искажении ритмов – что имеет и количественное выражение – статистические методы обработки данных перестают работать, то есть не позволяют извлекать даже минимальную информацию из подобных рядов наблюдений.

Платон в своих сочинениях приписывал Протагору следующую максиму: «О богах я не могу знать, есть ли они, нет ли их, потому что слишком многое препятствует такому знанию, – и вопрос тёмн и *людская жизнь коротка*» (видимо, ни один из трактатов Протагора не сохранился до наших дней, и потому о его наследии мы можем судить лишь по разрозненным цитатам; [https:// dic.academic.ru/ dic.nsf/enc\\_philosophy/995/Протагор](https://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_philosophy/995/Протагор)). Так или иначе, но имеются основания связывать с Высшим Замыслом о мире, в первую очередь, *наиболее низкочастотные* моды, выделяемые в спектрах социально-исторических процессов. Блок подобных компонент наименее доступен для вмешательства человека и потому – наиболее инвариантен во времени и пространстве. Он служит фундаментом, на котором оформляются иные, более высокочастотные, эшелоны культуры. Взятые в динамическом единстве, эшелоны определяют специфику – геометрию – исторической траектории большинства социальных групп и народов Евразийского пространства. Правда, к составу каждой локальной цивилизации представлены группы, фундаментальные характеристики которых связаны с иными эшелонами культуры

– высокочастотными, а с низкочастотными компартментами сопряжены «надстроечные» структуры подобной, по сути, контркультуры.

Возможные изменения («ошибки») единичных колебательных мод – гармоник, порождаемых копированием базовых вейвлетов, иллюстрируют рис. 2-5.

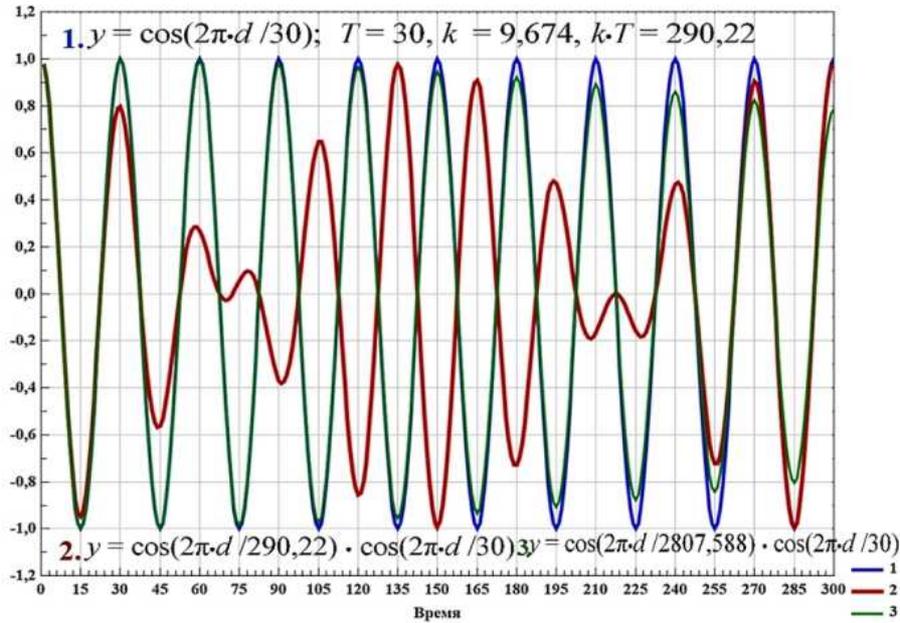


Рис. 2. Варианты амплитудной модуляции единичной гармоники

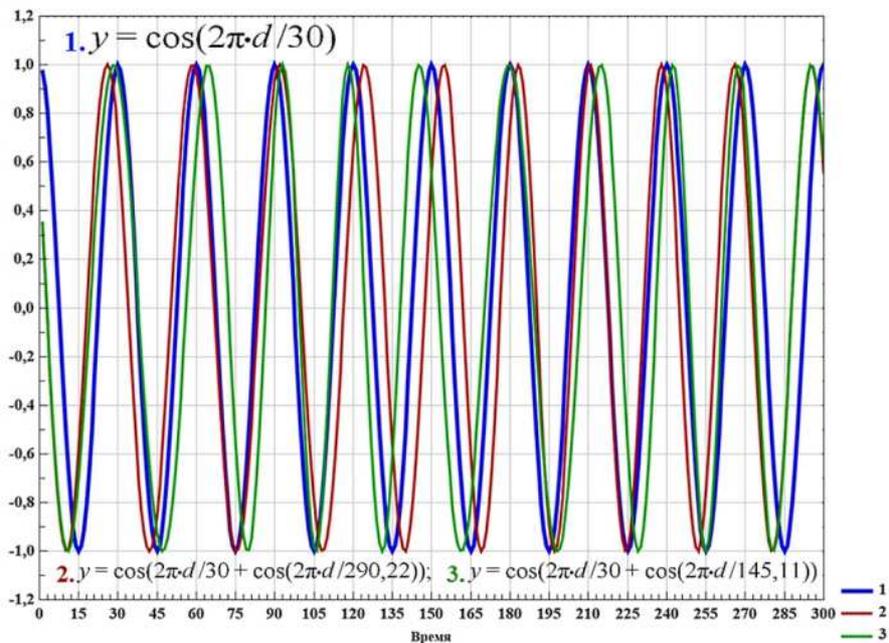
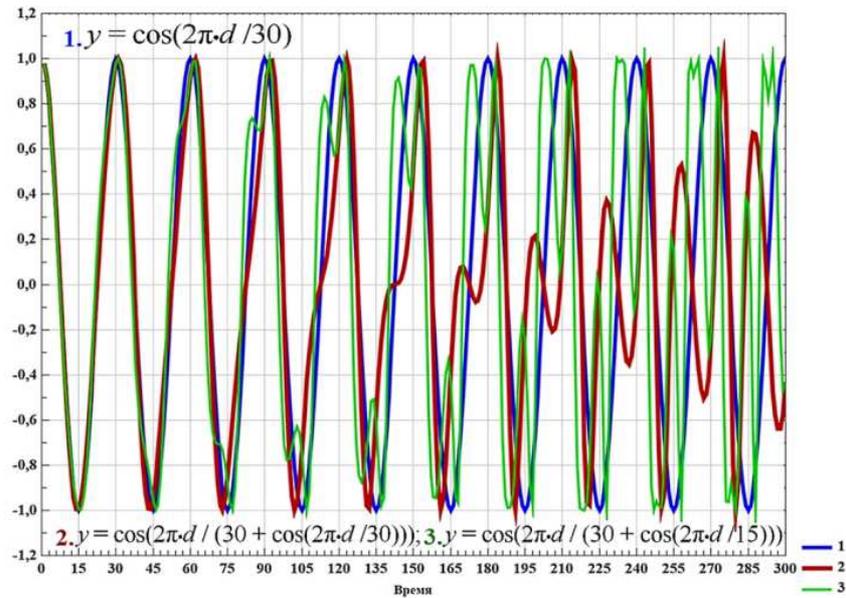
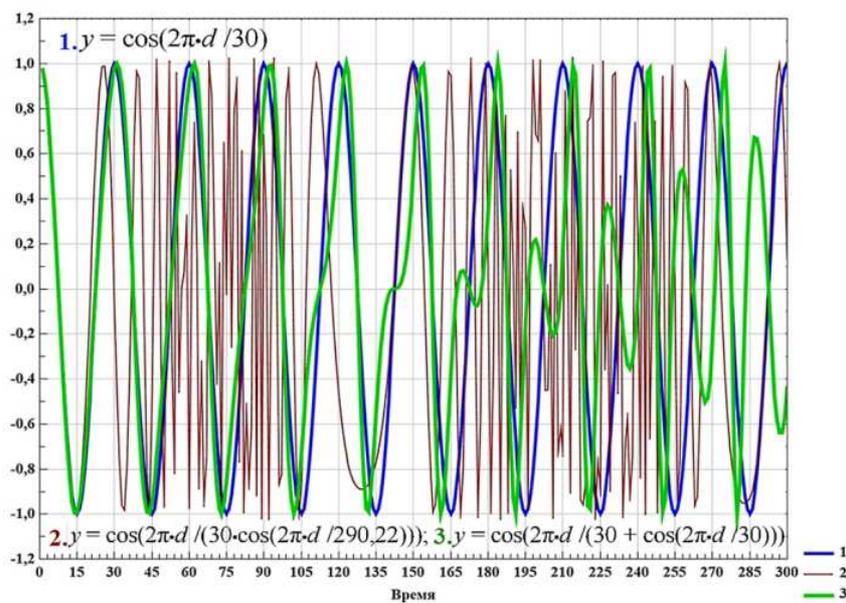


Рис. 3. Варианты фазовой модуляции единичной гармоники



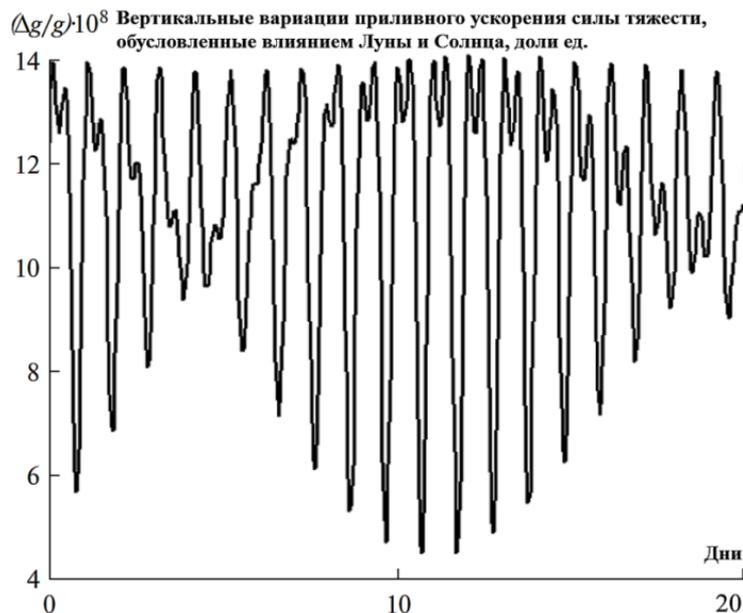
**Рис. 4. Варианты частотной модуляции базовой гармоники**



**Рис. 5. Варианты частотной модуляции базовой гармоники**

Рис. 5, сопоставляемый с рис. 4, отражает тот факт, что добавление в модель ритма неаддитивного компонента (произведения), обычно связываемого с «режимами с обострением», наиболее сильно искажает первоначальную моду – сигнал, превращая его, по сути, в шум (см. рис. 5, позиция 2). Извлечение информации из таких регистраций крайне затруднено, а сама подобная задача входит в весьма ограниченный класс задач, не часто встречающихся в практике наук о Земле (рис. 6) и наук о человеке и обществе.

В частности, вариации параметров атмосферы Земли и параметров её геофизической активности на основе обработки долговременных рядов наблюдений методами спектрального анализа рассмотрены в работе специалистов Института солнечно-земной физики СО РАН (г. Иркутск) и Алтае-Саянского филиала Геофизической службы СО РАН (г. Новосибирск) [4]. Кроме того, установлены главные источники квазипериодических колебаний в атмосфере, включая вариации солнечного излучения, геомагнитной активности и силы тяжести. Наиболее устойчивые квазигармонические вариации связаны с приливными гравитационными колебаниями и так называемыми планетарными волнами Россби, имеющими устойчивый спектральный состав. Именно эти колебательные процессы вносят основной вклад в динамику ионосферы, верхней и средней атмосферы.



**Рис. 6. Вертикальные вариации приливного ускорения силы тяжести, обусловленные совместным влиянием на приземное гравитационное поле Луны и Солнца [4]**

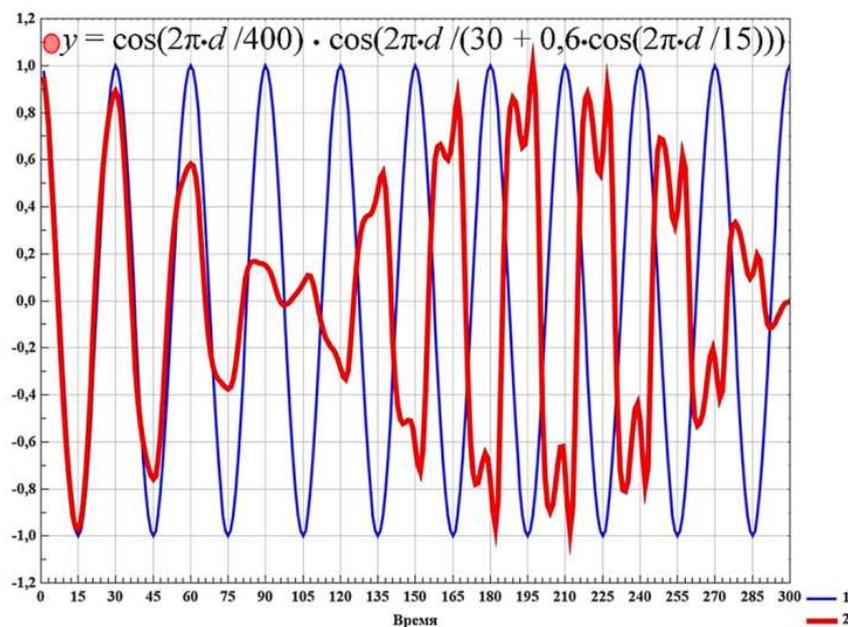
По мнению авторов, в природе существует ряд механизмов возбуждения вариаций параметров атмосферы и океана. Однако главные изменения сопряжены с *солнечной активностью*, приливными вариациями силы тяжести (*влияниями Луны*) и собственными колебательными модами атмосферы и океана (волнами Россби; их периоды – от нескольких суток до нескольких недель). Первый механизм связывается с излучением Солнца в рентгеновском и ультрафиолетовом диапазонах длин волн, но коррелирует с потоком радиоизлучения на длине волны 10,7 см (индекс *F10,7*). Поэтому именно данный индекс традиционно привлекают как надёжный индикатор солнечной активности.

В работе [4] не проводятся точные количественные оценки динамики приливов в атмосфере и допускается, что подобные приливные вариации, в первом приближении, пропорциональны вариациям силы тяжести  $\Delta g/g$ , где  $\Delta g$  – приливные вариации,  $g$  – ускорение силы тяжести; последние рассмотрены на основе классических представлений. В частности, когда Луна находится в зените или надире, по отношению к пункту наблюдения, сила тяжести на поверхности Земли уменьшается всего на  $10^{-7}$  своей величины и увеличивается на половину этой величины в тех местах, где Луна в данное время восходит или заходит. Приливообразующая сила, вызванная Солнцем, определяется аналогично, но из-за большего расстояния – несмотря на значительно большую массу Солнца – она, в среднем, в 2,16 раза меньше лунного влияния.

Рис. 6 иллюстрирует вариации вида  $\Delta g/g$ , рассчитанные для реальных зенитных углов Луны и Солнца (г. Иркутск, январь 1998 года). Аналогичного вида вариации наблюдаются в рядах гравиметрических данных и иных геофизических показателей [4].

Согласно рис. 6, приливные вариации не являются простым полигармоническим процессом, а имеют сложный энергетический спектр. Основная дисперсия спектра приходится на моды с периодами колебаний около 27,3 (т.н. ротационный период Солнца); 23,5; 14 (половина ротационного периода); 9; 7 и 5 суток.

Графический образ, отражающий *некоторые черты* рассмотренных приливных вариаций, приведён на рис. 7.



**Рис. 7. Совместное влияние на единичную моду (1) амплитудной и частотной модуляций исходного ритма (2)**

Но вернёмся к главной теме данной публикации, а именно к *природе колебательных процессов как проявлению механизма копирования* единичных паттернов изменения систем – вейвлетов – с накапливающимися в ходе репликации (от англ. *reply* – ответ, отвечать) ошибками.

Применительно к последнему термину, укажем, что в рамках общей теории систем обсуждается гипотеза т.н. *семиотической непрерывности*, согласно которой система есть образ её среды. Другими словами, любая система является элементом мироздания и потому отражает существенные свойства мироздания. Изменение системы есть одновременно и изменение её окружения, причём источники изменений могут находиться как в самом объекте, так и за его пределами (эндо-экзогенная природа развития систем). Поэтому анализ систем – ключ к изучению диахронических (от греч. *δια* – через, сквозь и *χρονος* – время) изменений окружающей среды. В данном случае под *диахронией* понимается изучение какого-либо явления в историческом аспекте – как длящегося во времени.

Стоит заметить, что механизм копирования, тиражирования единичных паттернов организации систем в ответ на вызовы среды действительно имеет место в природе. Например, согласно определению, трехмерная периодичность внутреннего строения характерна для кристаллических тел – минералов, различные сочетания которых определяют свойства горных пород литосферы Земли. При этом математическая абстракция, или модель, позволяющая представить – описать – положение узлов минерала в пространстве именуется *кристаллической решёткой*. Узлами решётки выступают атомы, ионы или молекулы (например,  $\text{CO}_2$  и  $\text{CH}_4$  в соответствующих твёрдых фазах этих веществ). Расстояние между двумя ближайшими узлами единого ряда называют периодом идентичности, а вектор, равный или кратный периоду идентичности, – трансляцией. Геометрический элемент, построенный на трёх несовпадающих периодах идентичности (трансляциях), именуют элементарной ячейкой кристаллического тела, причём в это понятие включают и химическое «содержание» ячейки.

Особенности кристаллической решётки минералов (их принадлежность к какой-либо кристаллографической системе, или сингонии) определяют физико-химические свойства минералов, в т.ч. свойство *анизотропии* – способность неодинаково проявлять физические свойства по разным направлениям анализа образца. При этом, чем сложнее организация кристаллического тела, тем свойство анизотропии выражено сильнее, по сути, видоспецифичнее.

Таким образом, можно допустить, что чем больше единичных паттернов организации входит в состав изучаемого объекта или процесса и чем сложнее характер их взаимодействия, тем более видоспецифичным окажется данный объект или процесс, в т.ч. в аспекте анизотропии проявления своих

свойств по разным направлениям анализа. Применительно к феномену культуры социальных объединений можно сказать, что наиболее сложные культуры непременно продемонстрируют свою «анизотропность» – селективную чувствительность, как реакцию на то или иное сочетание обстоятельств жизни системы. Более простые культуры, видимо, и более изотропны, т.е. одинаково чувствительны к различным вызовам истории.

Согласно рис. 1, копирование базовых паттернов формирования поведения – так называемых вейвлетов происходит на разных уровнях организации изучаемой системы ( $i = 1, 2, \dots, 6$ ). Эти уровни могут получить и буквенное обозначение (от  $A$  до  $E$  и  $E_0$ ), характеризую социальные образования различной сложности и времени жизни – от собственно локальных цивилизаций до семейных союзов и самочувствия отдельных индивидуумов ( $E_0$ ). Последний тип обозначений используется нами в структурной модели культуры социальной системы и классификации ритмов социально-исторического развития, обладающей чертами периодического строения (рис. 8). Эти абстракции мы не раз обсуждали в наших публикациях. Коэффициент  $k$ , численно равный отношению  $T_i/T_{i+1}$ , отражает фрактальность организации подобного набора паттернов, или шаблонов, поведения:  $k = T_i / T_{i+1}$ , где  $T$  – период колебания единичного вейвлета данного уровня, подлежащего копированию с ошибками. Величина  $k \approx 9,674$ , что истолковывается как мера качественного различия (своеобразия) единичных вейвлетов и сопряжённых с ними компарментов культуры.

Эшелон	Группа ритмов																		
	I			II			III			IV			V			VI			
$E_0$	0	0,002			0,004			0,006			0,01			0,014			0,018		
E	0,018	0,02			0,04			0,06			0,10			0,14			0,17		
D	0,17	0,21			0,37			0,57			0,94			1,31			1,67		
C	РЕФЕРЕНТНАЯ ГРУППА						СМИ И МАССОВАЯ КУЛЬТУРА												
	1,67	2,0			3,6			5,6/5,5			9,1/9,5			12,6/13,3			16,2/17		
	ЭКОНОМ. СПЕКУЛ.			ЭКОНОМ. РЕАЛЬНАЯ (ПРОИЗВОДСТВО)			ПРИКЛАДНАЯ НАУКА												
B	Торговля, производство						Техническая культура												
	17	19,4/21,5	26	30,5	34,8/36	39,5	45,5	53,7/52	59,3	70	82,5	88/91,5	98,5	107	114	122/127	144	154	157/171
	«ПРИНУЖДЕНИЕ»			ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ НАУКИ			НАУЧНАЯ КАРТИНА МИРА, ФИЛОСОФИЯ												
A	Армия, наука						«Высокая» культура												
	171	187/195	217		337			520			852			1184			1516		
	РЕЛИГИЯ			ОБЩАЯ КАРТИНА МИРА, МИФ			КОЛЛЕКТИВНОЕ БЕССОЗНАТЕЛЬНОЕ												
	Религия, идеология						Этнокультура												
+							+												
Номер	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	

Рис. 8. Система ритмов социально-исторического развития, обладающая чертами периодического строения

Отметим, что параметр, численно близкий указанному значению коэффициента  $k$ , обсуждается в концепции ресурсных циклов И.В. Комара. Согласно [3], ресурсный цикл предполагает вовлечение в хозяйственный оборот веществ отходов производства и потребления, полезные свойства которых частично воссоздаются человеком; речь идёт о так называемом *рециклинге* отходов. Человек способен интенсифицировать рециклинг, но в этом случае повторная эксплуатация ресурсов, утративших потребительские свойства, оказывается всё более материало- и энергозатратной. Доля антропогенного вклада в глобальный круговорот веществ позволила авторам [3] выделить ряд исторических типов ресурсопользования.

Зависимость доли антропогенно восстановленных ресурсов ( $S$ ) от общего объёма потребления ресурсов данного вида ( $R$ ) такова:  $S = k \cdot \ln(R) + b$ , где величина коэффициента  $k$  отражает возможную интенсивность регенерации ресурса по мере увеличения его ежегодного потребления. Максимальные значения  $k = 8...10$  характерны для ресурсов с низкими естественными запасами, в т.ч. для некоторых цветных и редкоземельных металлов. Наиболее низкие значения  $k = 0,5...1,5$  соответствуют бездефицитным в настоящее время ресурсам. В арифметическом масштабе графики функций  $S = f(R)$  стремятся к логистическому типу кривых.

Тем не менее, чем выше в объёмах ежегодного потребления доля восстановленного сырья, тем выше удельные затраты на его дальнейшую регенерацию. Поэтому предельное количество фаз рециклинга единицы ресурса не превышает 10, а потребительские свойства подобного ресурса – всё хуже и хуже. Однако, по мере истощения качественных и доступных запасов многих видов сырья, а также развития технологий, доля отходов, восстановление которых оказывается экономически выгодным, пока увеличивается [3].

Итак, величина коэффициента  $k$  в моделях циклов различной природы не превышает 10 и, по сути, отражает количество актов тестирования системы в экстремальных условиях её эксплуатации, то есть тестирования системы «на отказ».

Возвращаясь к рис. 1, отметим, что повторные реплики каждого  $i$ -го уровня имеют свои, специфические ошибки, возникающие в ходе многократного копирования исходного паттерна организации системы. Далее реплики всех уровней анализа системы суммируются и с некоторой математической точностью и физической достоверностью воспроизводят информацию о текущем состоянии системы, об особенностях наблюдаемой фазы её развития.

Описание пройденных состояний системы и формальный прогноз перспективных её состояний, а также постановка и решение задачи управления процессом развития предполагает использование модели вида [5]:

$$\ln(N_d) = \ln(N_0) + \int [\Sigma (A_i \cdot \cos([2\pi/T_i] \cdot d + B_i) + Q) dd,$$

где  $d$  – мера времени: номер позиции изучаемого параметра системы в организованном ряду данных;  $N_0$  – значение параметра системы в начальный момент времени;  $N_d$  – значение параметра по прошествии времени  $d$ ;  $A_i, T_i, B_i$  – соответственно значения амплитуды, периода колебания и начальной фазы  $i$ -ой колебательной компоненты, выделяемой методом спектрального анализа в рядах удельной скорости изменения параметра системы ( $r_d = (N_d)^{-1} \cdot [N_d - N_{(d-1)}] / \Delta d$ ), эти значения – результат использования метода наименьших квадратов;  $Q$  – константа.

Примечательно, что динамику широкого набора систем из мира неживой, живой и социальной природы описывают сходные модели, причем их конструкция обусловлена коллективным поведением элементов системы [5].

Копирование базовых паттернов со специфическими ошибками и использование модели приведённого выше типа определяют то обстоятельство, что суммарный (интегральный) паттерн процесса развития не воспроизводится в точности, то есть процесс социально-исторического развития не является регулярным, обладает чертами принципиальной необратимости, а, при некоторых дополнительных соображениях, – и направленности (*эквифинальности*, согласно теории К.Л. фон Бергаланфи; *сукцессионности*, согласно теории системной экологии). Другими словами, история любого социального объединения – уникальна, как и любой эволюционный процесс, однако, вполне проявляет своих механизмы и законы развития. Предметом формального прогнозирования может выступать лишь *генерализованный тип* предстоящих ситуаций развития, причём чем больше глубина прогноза, тем менее детализированным оказывается формальное описание перспективных ситуаций и менее физически достоверным. При этом математическая точность описания может и не страдать.

Возникает правомочный вопрос: почему процесс воспроизводства (копирования) базовых паттернов организации системы, или вейвлетов, сопряжён с появлением на каждом  $i$ -м уровне её анализа своих, специфических ошибок копирования? По нашему мнению, специфичность ошибок обусловлена принципиально неодинаковой скоростью воспроизводства паттернов: чем больше значение индекса  $i$  (см. рис. 1), тем выше скорость копирования паттернов  $V_i$ , тем выше вероятность появления существенных погрешностей, или мутаций  $w_i$  во вновь продуцируемых вейвлетах. И это понятно: при небольшой величине периода колебания базового вейвлета  $T_i$  время наработки исходного образца «на отказ» также будет небольшим. По прошествии не более 10 циклов, исходный паттерн полностью утратит свои функциональные, биологически целесообразные свойства. Возникнет необходимость замены отработанного паттерна другим, более соответствующим новым режимам эксплуатации системы. В противном случае первоначальный паттерн начнёт играть роль источника шума, что может привести к качественному изменению системы (в так называемых «режимах с обострением»).

Приведём пример. Согласно вполне устойчивому мнению экономистов и нашей классификации ритмов социально-исторического развития (см. рис. 8), колебательная компонента с  $T \approx 5$  годам отражает динамику реальной производящей экономики (и потому часто именуется «производственным циклом»). Величина, численно равная  $10 \cdot T \approx 50 \pm \Delta$  годам, характеризует так называемый *цикл Кондратьева*, отражающий динамику промышленных революций или последовательную смену технологических укладов общества. Действительно, в ту фазу исторического развития, когда исходный вейвлет с  $T \approx 5$  годам полностью исчерпает свой функционал, промышленная революция, видимо, неизбежна.

Известен пример и с циклами длительностью около 11,1 года и около одного столетия, подробно рассмотренными А.Л. Чижевским в рамках его теории «историометрических циклов» [6, 7].

Коротко отметим, что использование для более адекватной, физически достоверной подгонки формальных моделей социально-исторических процессов возможностей *амплитудной и/или фазовой модуляции* единичных колебательных мод (см. рис 2-5) также приводит к неслучайным результатам. В частности, на примере анализа исторической траектории развития Москвы, начиная с 1350 года, нами показано, что величина периода модулирующего компонента в составе единичной моды на порядок или более превышает величину основного периода колебания данной моды. Другими словами, амплитудная модуляция компоненты с  $T \approx 5$  годам выполняется именно циклом Н.Д. Кондратьева, отражающего динамику промышленных революций. И эта эмпирическая закономерность прослеживается для всего набора учитываемых в моделях ритмов.

Тем не менее, возможен и второй вопрос: почему с повышением величины индекса уровня  $i$  непременно увеличивается скорость воспроизводства базовых паттернов организации системы, или вейвлетов,  $V_i$ ? Более быстрое копирование относительно высокочастотных паттернов (с небольшими «характерными временами») необходимо для того, чтобы система успевала организовать всю композицию своих паттернов – культуру, основу, фундамент которой образует наиболее низкочастотный паттерн первого уровня анализа (обозначаемый буквой «А»; утверждение справедливо для т.н. «общинной цивилизации», которой противопоставляется «гражданская цивилизация»). По нашему мнению, этот эшелон, или инвариант, культуры наполняется институционализированной религией, общей картиной мира и народной мифологией (в т.ч. сказками); в него же входит и коллективное бессознательное (см. рис. 8). Другими словами, будучи максимально инвариантным, как во времени, так и в пространстве (с  $k_{\text{цикла}} \leq 2,5$ ), эшелон «А», по сути, ожидает, когда социальная система на этой базе соорудит другие свои эшелоны (по мнению Ефрема Святогорца, если человек желает прекратить делать дурные дела, не заботясь о *внутренних помыслах*, он трудится напрасно).

Вновь обратимся к рис. 1. В момент времени  $t_4$  полностью завершится процесс реплицирования ритма, характеризующего эшелон культуры «В». При этом ритмы других эшелонов («С», «D», «E») могут оказаться воспроизведёнными – какие полностью, какие частично – не один раз. В любом случае, в интервале времени  $t_4$  структура культуры не окажется кардинально нарушенной, то есть будет включать ряд базовых своих компартов, а на данном фундаменте эшелоны «верхних» уровней сформируются быстро.

Альтернативная ситуация состоит в следующем. В момент времени  $t_1$  полностью завершится реплицирование ритма эшелона «E», связываемого с процессами жизнедеятельности отдельных индивидуумов, или «социальных атомов» групп, а процесс воспроизводства ритмов остальных эшелонов культуры ещё не завершится. Поэтому данные паттерны организации системы, входящие в структуру культуры, представлены своими фрагментами, возможно, затрудняющими их согласование. Другими словами, на «обломках» прежней культуры разобщённые в социальном плане люди будут пытаться сохранить биологическую основу своей жизнедеятельности. По-видимому, рассмотренные альтернативы действительно являются таковыми.

В завершение укажем, что введённые уровни организации социальной системы ( $i$ ) – дискретны, а соответствующие им эшелоны культуры («A...E») – достаточно автономны (в понимании Р.В. Хэмминга, *Richard Wesley Hamming*, [8]), то есть сохраняют на протяжении своего *характерного времени* качественную определённость, специфичность. Каждый уровень связан со своим энергетическим состоянием, со своим «спектральным диапазоном» в едином спектре, количественно характеризующем социально-историческое развитие изучаемой системы; со своей группой причин, обуславливающей наблюдаемые изменения системы [4]. Поэтому и скорость воспроизводства паттернов  $V_i$  (число актов копирования базового вейвлета в единицу времени) не является случайной, а также выступает количественной характеристикой своего эшелона культуры.

Другими словами, каждый  $i$ -й паттерн организации системы в  $k$  раз более инвариантен, в сравнении с  $(i+1)$ -м соседним паттерном. Подобный *закон сопряжения паттернов* биологически целесообразен для того, чтобы система устойчиво воспроизводила свои основные свойства и функции во времени и пространстве, то есть являлась «биологически непрерывной» (в терминах системной экологии). В свою очередь, биологическая непрерывность служит, пожалуй, наиболее важной предпосылкой сохранения и «развития» *геополитической субъектности* любого социального объединения, включая государство.

В случае же, если  $V_i \approx const$  (для любого  $i$ ), в системе с ходом времени быстро накопится рассогласование – возникнет конфликт – свойств, связанных с *мотивами, принципами и инструментами реализации* своих целевых

функций различными группами населения и социальными институтами, которое, раньше или позже, обеспечит качественное изменение системы, включая её разрушение. Казалось бы, в чём заключается проблема? В один и тот же интервал времени полностью воспроизведутся все блоки, образующие здание культуры общества, и это – хорошо. Но насколько функциональными – с позиции мотивов, принципов и инструментов исторического творчества – окажутся при этом наиболее низкочастотные базовые блоки культуры? Не удивительно, что одним из квалификационных признаков *назревающего кризиса* социально-экономического развития многие специалисты называют «подтягивание» скорости течения наиболее медленных консервативных процессов к скорости протекания наиболее быстрых процессов, например, с  $T \approx 5$  годам. Смещение спектральной картины процесса развития в область наиболее высокочастотных ритмов отражает повышение социальной «температуры» общества, рост социальной напряжённости и конфликтного потенциала (по сути, закон В. Вина). Если же  $V_i \approx k \cdot V_{(i+1)}$ , то устойчивости согласования интересов различных социальных групп и институтов общества (эшелонов, или инвариантов, культуры) с этой стороны ничего не угрожает. Как следствие, система продолжит «устойчивое» развитие, обеспечивая биологическую непрерывность и геополитическую субъектность общества.

В заключение укажем, что всякая логическая система, безусловно, содержит изъян: она включает утверждения, которые не могут быть доказаны в рамках обсуждаемой системы. «Логическая неполнота» выступает неотъемлемым свойством системы и никакие способы её организации не устраняют подобное свойство. Иными словами, теория, объясняющая всё, не будет создана никогда. Сверх того, система содержит в себе логическое противоречие, которое невозможно выявить, оставаясь в пределах первой системы; чтобы ликвидировать этот изъян, необходимо выйти за пределы системы, в частности, использовать термины более общего толкования (Карл Гёдель) [9, с. 233]. Однако сказанное вовсе не означает, что данное изложение не подкреплено широким корпусом собственных расчётов.

### Библиографический список

1. Берталанфи Л. фон. Общая теория систем – критический обзор// Исследования по общей теории систем: сборник переводов/ общ. ред. и вст. ст. В. Н. Садовского и Э. Г. Юдина. М.: Прогресс, 1969. С. 23-82. (Bertalanffy L. von. General System Theory – A Critical Review// General Systems. Vol. VII. 1962. P. 1-20/ пер. Н.С. Юлиной. URL: [http://grachev62.narod.ru/bertalanffy/bertalanffy\\_1.html](http://grachev62.narod.ru/bertalanffy/bertalanffy_1.html)).
2. Крушинский Л.В. Эволюционно-генетические аспекты поведения: избранные труды. М.: Наука, 1991. 259 с.
3. Анатомия кризисов/ А.Д. Арманд, Д.И. Люри, В.В. Жерихин и др. М.: Наука, 1999. 238 с.
4. Шпынев Б.Г., Ойнац А.В., Лебедев В.П., Черниговская М.А., Орлов И.И., А. Ю. Белинская А.Ю., Грехов О.М. Проявление гравитационных приливов и планетарных волн в

долговременных вариациях геофизических параметров// Геомagnetизм и аэрономия, 2014. Т. 54. № 4. С. 540-552.

5. Волков А.В. Принципы изучения биофизических механизмов экологически безопасного развития общества// Безопасность жизнедеятельности. М.: Изд-во Новые технологии. 2005. № 9. С. 45-50.

6. Чижевский А.Л. Земля в объятиях Солнца. М.: Изд-во Эксмо, 2004. 928 с. (Антология мысли).

7. Чижевский А.Л. Вся жизнь. М.: Сов. Россия, 1974. 208 с.

8. Хемминг Р.В. Цифровые фильтры/ пер. с англ.; ред. пер. О.А. Потапов. М.: Недра, 1987. 221 с.

9. Чопра Д., Млодинов Л. Война мировоззрений: наука и духовность/ пер. с англ. М.: София, 2012. 320 с.

УДК 316.4.051.2: 316.4.06

А.В. Волков, канд. техн. наук, доц., [wolkow.av@mail.ru](mailto:wolkow.av@mail.ru)  
(Россия, Тула, ТулГУ)

## **ПРОГНОЗ ВОЕННЫХ КОНФЛИКТОВ В КОНТЕКСТЕ ФОРМИРОВАНИЯ ЭКОЛОГО-ПОЛИТИЧЕСКИХ СИТУАЦИЙ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ**

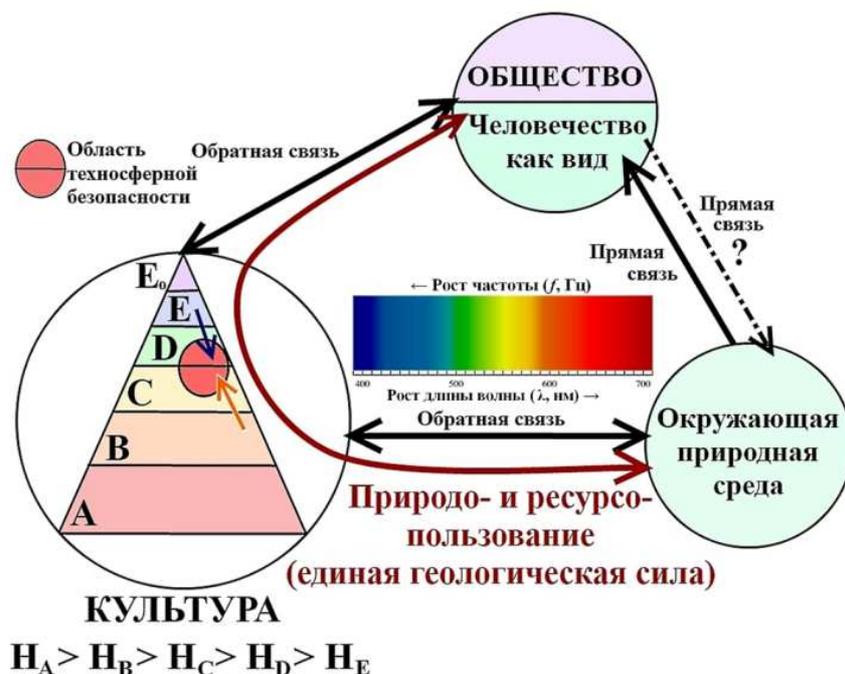
*Рассмотрена модель академика В.П. Алексеева «человек (общество) – культура – окружающая природная среда», дополненная представлениями о циклах социально-исторического развития и схемой их классификации; установлена функция природопользования в данном теоретическом концепте; указаны подходы к выявлению интегральных характеристик вовлечённых в освоение природных комплексов и сопряжённых с освоением ситуаций развития, включая эколого-политические (военные) ситуации; одним из эмпирических оснований прогноза военных ситуаций заявлена симметрия длинных циклов солнечной активности относительно 1990 года; на этой основе выполнен рамочный прогноз динамики развития РФ в течение 2020-2040-х годов в форме фазовой траектории.*

*Ключевые слова: глобальный кризис, риски развития, техносферная безопасность, взаимодействие общества и природы, солнечно-земные связи, природо- и ресурсопользование, исторические циклы, классификация циклов развития, доступность минеральных ресурсов, потенциал ландшафта, геоситуационная концепция, прогноз ситуаций развития, конфликт «Запад – Восток», фазовая траектория системы, регрессионная фаза социально-экономического развития, мировая война.*

В условиях умножения эффектов мирового кризиса, быстрого истощения конвенциональных – мирных – методов разрешения глобальных и региональных проблем [1], практика обеспечения национальных интересов всё чаще учитывает законы и закономерности взаимодействия человека с окружающей средой. Согласно представлениям академика В.П. Алексеева, ключевую идею исследований, обсуждающих риски социально-исторического развития, выражает модель «человек (общество) – культура – окружающая природная

среда». «Эта схема, – отмечал В.П. Алексеев в работе «Некоторые аспекты палеоэкологических исследований» (1991), – включает три компонента: человека, понимая под ним, естественно, не единичную личность, а совокупность людей, культуру во всех её формах, природную среду (социальная среда включается в культуру) и все возможные связи между ними» [2, с. 93]. В свою очередь, данная модель развивает представления об автоколебательных системах, совершающих незатухающие колебания за счёт источника ресурсов, в общем случае, не обладающего явными колебательными свойствами (рис. 1).

В первой трети XXI века анализ проблем развития всё чаще обращается к процессам, протекающим не только в биосфере Земли, но и в Космосе, в частности, на Солнце. основополагающий вклад в формирование концептуального ядра теории солнечно-земных связей внёс А.Л. Чижевский (1897-1964) [3, 4]. По утверждению биографа учёного – В.Н. Ягодинского, научная, литературная, художественная деятельность Александра Леонидовича даёт основание характеризовать его «как Леонардо да Винчи XX века» [5, 6].



**Рис. 1. Графическое представление модели «человек (общество) – культура – окружающая природная среда»**

На рис. 1 символом «?» отмечено опосредованное влияние первобытного общества на природные компоненты, строение и свойства естественных комплексов [2]. Позиция « $E \rightarrow D$ » отражает влияние на уровень техносферной безопасности «человеческого фактора», а позиция « $B \rightarrow C$ » – методологии научного поиска и научной картины мира, состояния фундаментальной науки, динамики и последствий военных конфликтов [7].

Отметим, что вынесенное на рис. 1 понятие и сам термин «природопользование» предложены на заседании Московского филиала РГО в конце 1958 года, а в 1968 году в литературу вошёл термин «экономика природопользования» [8-9].

Долгое время природопользование рассматривали как производственную деятельность общества, нацеленную на удовлетворение потребностей настоящих и будущих поколений в качестве и разнообразии природной среды, на более эффективное использование природных ресурсов и их воспроизводство. При этом подчеркивалось, что заботу о будущих поколениях должно проявлять именно общество, то есть субъект природопользования, а не природа, на которую направлено действие. Поэтому сам термин не считают удачным в силу присущего ему потребительского оттенка.

С позиции естествознания, природопользование – это *многоуровневая система взаимодействия* различных форм жизнедеятельности человеческих коллективов с условиями и ресурсами территории освоения, а также с экологическими, экономическими и социальными результатами своего труда. Природопользование рассматривают как специфический – характерный исключительно для социализированного человека – способ взаимодействия с окружающей средой (см. рис. 1). Во многих случаях проводят границу между природопользованием и производственной деятельностью. К последней относят совокупность технологических процессов в помещениях, связанных с окружающей средой лишь каналами поступления сырья и отведения продукции и отходов. Природопользование, как правило, объединяет технологические процессы под открытым небом.

Классификация форм жизнедеятельности различных по численности коллективов, дополненная оценками характерных для них периодов колебательных мод, приведена на рис. 2.

Эшелон	Группа ритмов																		
	I			II			III			IV			V			VI			
Е <sub>2</sub>	0	0,002			0,004			0,006				0,01			0,014		0,018		
E	0,018	0,02			0,04			0,06				0,10			0,14		0,17		
D	0,17	0,21			0,37			0,57				0,94			1,31		1,67		
	РЕФЕРЕНТНАЯ ГРУППА						СМИ И МАССОВАЯ КУЛЬТУРА												
C	1,67	2,0			3,6			5,6/5,5				9,1/9,5			12,6/13,3		16,2/17		
	ЭКОНОМ. СПЕКУЛ.			ЭКОНОМ. РЕАЛЬНАЯ (ПРОИЗВОДСТВО)						ПРИКЛАДНАЯ НАУКА									
	Торговля, производство									Техническая культура									
B	17	19,4/21,5	26	30,5	34,8/36	39,5	45,5	53,7/52	59,3	70	82,5	88/91,5	98,5	107	114	122/127	144	154	157/171
	«ПРИНУЖДЕНИЕ»			ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ НАУКИ						НАУЧНАЯ КАРТИНА МИРА, ФИЛОСОФИЯ									
	Армия, наука									«Высокая» культура									
A	171	187/195	217		337			520				852			1184		1516		
	РЕЛИГИЯ			ОБЩАЯ КАРТИНА МИРА, МИФ						КОЛЛЕКТИВНОЕ БЕССОЗНАТЕЛЬНОЕ									
	Религия, идеология									Этнокультура									
	+			-			+			-			+			-			
Номер	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	

Рис. 2. Классификация ритмов социально-исторического развития территориальных систем, применяемая для интерпретации ситуаций развития

Согласно определениям понятия «природопользование», а также рис. 1 и 2, результаты природо- и ресурсопользования зависят от того, какие именно компартменты (от лат. *comparilis* – вполне одинаковый; англ. *compartment* – отделение, отсек) культуры выражено вовлечены во взаимодействие общества и природы. Например, наиболее архаичный низкочастотный компартмент культуры, обозначенный символом «А», определяет мистически-религиозное отношение человека к природе, а, по сути, – «субъект – сверх-субъектное» отношение.

Расположенный выше первого, меньший по «мощности» и величине периодов колебаний ритмов, компартмент «В» характеризует либо силовое отчуждение ресурсов и безальтернативную квалификацию качества среды в условиях деградации «институтов согласия», роста военно-политической конфронтации, либо согласованные усилия на научной основе в условиях действия эффективных международных «институтов согласия».

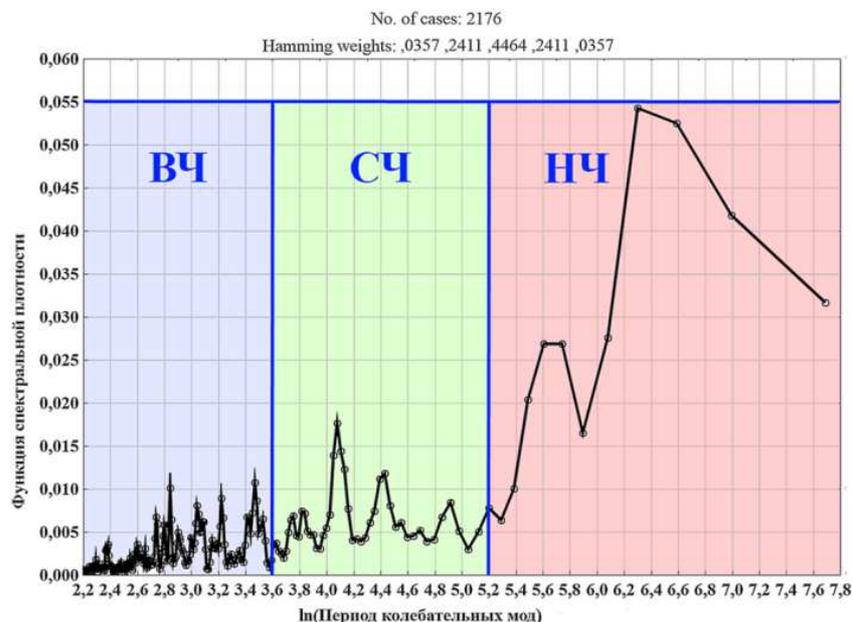
Различная мера доступности запасов и ресурсов минерального сырья в мирное и военное время ныне является предметом активных дискуссий и профильных публикаций. Так, обращаясь к военно-политическому аспекту доступности ресурсов, специалисты Института проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова РАН утверждают: «Наиболее сильное влияние государственных границ... на доступность запасов полезных ископаемых <оказывается> в периоды политических конфликтов. В период Первой мировой войны сформировалось понятие «стратегические виды минеральных ресурсов». <...> В нормальные периоды развития мировой экономики преобладает тенденция к глобализации сырьевых рынков» [10, с. 27].

Функциональный блок «С» определяет финансово-экономические стимулы и ограничения хозяйствования, а также направления, способы и приёмы природо- и ресурсопользования, регулирует пределы воздействия человека на окружающую среду.

Компартмент «D» отражает особенности освещения проблем и достижений природопользования в средствах массовой информации и, как следствие, особенности интерпретации этих проблем различными референтными группами населения.

Наименьшие по мощности, переменчивые по динамике и иным свойствам блоки «E» и «E<sub>o</sub>», передающие настроение семейных союзов и отдельных людей, характеризуют наивно-потребительское – ненаучное, некритическое, «субъект – сверхобъектное» отношение человека к проблемам взаимодействия общества и природы. При этом историческая бифуркация обеспечивает качественный переход вида «E<sub>o</sub> → A» и новый цикл формирования отношений человека и общества с природной средой [1]. Подобный переход связан с природными катастрофами (экзогенный кризис развития), а также с масштабными финансово-экономическими и военно-политическими потрясениями (эндогенный кризис развития).

Следует сказать, что термины «низкочастотный» и «высокочастотный» используются в данной работе исключительно в качественном контексте и не имеют прямого отношения к стандартным диапазонам электромагнитного спектра (рис. 3).



**Рис. 3. Условная классификация диапазонов энергетического спектра, характеризующего процессы социально-исторического развития**

Таким образом, выделяют четыре проекции анализа понятия «природопользование»: 1) деятельность, направленная на создание условий существования общества; 2) универсальная тенденция развития общества; 3) особое свойство и способность *социализированного* человека, специфическая форма его жизненной активности; 4) научная теория [9].

Результаты природопользования определяют цели и способы перспективного воздействия человека на природу, в том числе применяемые технику и технологии. В общем случае, в ходе природопользования обществом совершаются следующие действия:

- 1) из среды отчуждаются различные виды ресурсов, включая энергетические; коллективы наращивают энерговооруженность;
- 2) из ресурсов создаются средства жизни и производства, а затем они эксплуатируются и амортизируются (от лат. *amortisatio* – поглощение);
- 3) в среду возвращаются отходы жизнедеятельности;
- 4) общество сохраняет те свойства окружающей среды, которые не воссоздаются трудом, и координирует перечисленные усилия.

В значительной мере практические действия и научные исследования в области рационального природо- и ресурсопользования базируются на теоретических представлениях об организации географической среды.

Географическую среду рассматривают как необходимое условие существования общества и область взаимодействия природы и общества. Она объединяет следующие компоненты: 1) природные, сформировавшиеся в ходе геологического развития территорий; 2) природные, модифицированные человеком; 3) рукотворные. В географии подчёркивается, что модифицированные компоненты подчиняются действию тех же законов, что и их естественные аналоги. Названные компоненты организованы в географические комплексы, или геосистемы, выступающие главным объектом природопользования.

Для выявления пригодности геосистем к использованию выполняют оценку природных условий и ресурсов территории. Объектом оценки выступают отдельные компоненты геосистем и/или их сочетания, а субъектом оценки – различные коллективы, предприятия, отрасли экономики, государства и их союзы.

Выявление интегральных характеристик окружающей среды базируется на *концепции природно-ресурсного потенциала* ландшафта (1948 год). Различают обобщающий отдельные свойства потенциал устойчивости ландшафта и набор частных потенциалов, в том числе минерально-сырьевой, энергетический, агропроизводственный, рекреационный и другие.

В целом, под потенциалом ландшафта понимают характеристику меры возможного выполнения ландшафтом экологических и экономических функций, отражающую степень его участия в удовлетворении потребностей общества. Экологические функции заключаются в удовлетворении потребностей человека в первичных ресурсах существования – воздухе, тепле, воде и пище. Экономическая группа функций связана с обеспечением общественного производства сырьем и энергией. Способность системы противостоять внешним стрессам и восстанавливать свою структуру и функции после их исчезновения выражают понятием «потенциал устойчивости». По мнению А.Г. Исаченко, потенциал устойчивости выступает одной из интегральной характеристикой ландшафта, поскольку лишь устойчивая система способна эффективно выполнять свои функции.

В конце XX века появились новые подходы к выявлению интегральных показателей геосистем, опирающиеся на так называемую *геоситуационную концепцию*. Обращение к понятию географической ситуации отражает тенденцию на системно-историческое изучение окружающей среды с учетом взаимодействия экологических, экономических и социально-демографических факторов.

Ныне термином «эколого-географическая ситуация» (ЭГС) обозначают пространственно-временное сочетание экологических, экономических и социально-демографических факторов, которые задают изменения окружающей среды, сказывающиеся на жизнедеятельности общества. По сути, ситуации отражают неблагоприятные последствия действия перечисленных групп

факторов, а также характер трансформации самих факторов под влиянием изменившихся обстоятельств социально-экономического развития.

Основными группами ситуаций являются следующие:

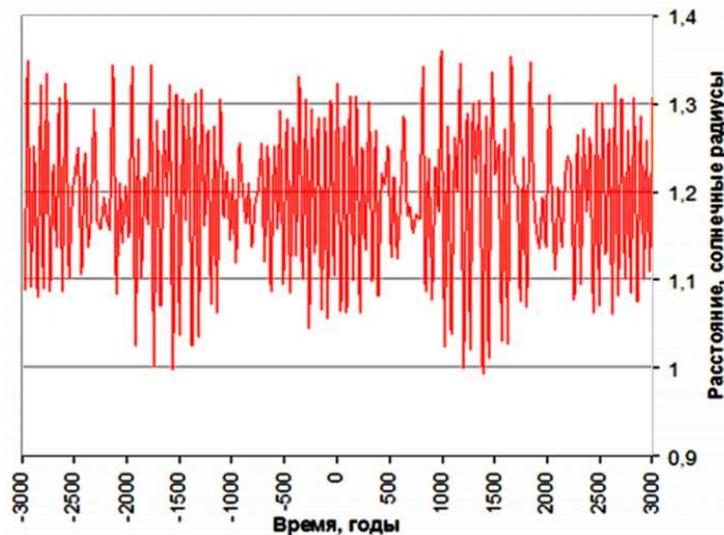
- ландшафтно-экологические – экологические проблемы природопользования;
- эколого-экономические – природные ограничения финансовой и экономической деятельности;
- эколого-социальные – миграция, изменения традиционных укладов жизни, этническая преступность и терроризм, динамика общественного мнения;
- эколого-политические – законотворчество и правоприменительная практика, деятельность неправительственных организаций, международное сотрудничество и *военные конфликты*.

Итак, в рамках концепции эколого-географических ситуаций, формирование и развитие эколого-политических ситуаций, а также ситуаций других типов действительно может быть обусловлено ходом и последствиями военных конфликтов. Именно поэтому анализ и прогноз временной динамики военных конфликтов актуален и практически значим.

Согласно ФЗ № 172 «О стратегическом планировании в Российской Федерации» (2014 год), деятельность по целеполаганию, прогнозированию, планированию и программированию устойчивого развития России, её субъектов, муниципальных образований и отраслей экономики, а также по обеспечению национальной безопасности государства определяется как *стратегическое планирование*. Собственно *прогнозированием* документ называет разработку научно обоснованных представлений о рисках развития, об угрозах национальной безопасности, о направлениях, результатах и показателях социально-экономического развития государства.

Одним из естественнонаучных эмпирических оснований прогноза наиболее общих черт и временной локализации военно-политических конфликтов служит «симметрия» циклов солнечной активности относительно даты максимума 22-го цикла и симметрия соответствующих им типов ситуаций развития [11].

По утверждению профессора кафедры физической географии и ландшафтоведения Географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова А.Ю. Ретеюма, наиболее чётко в барицентрическом движении Солнца себя выражает 1430-летний цикл (рис. 4) [12]. При этом «барицентрическое движение Солнца проявляется в разнообразных процессах на всех телах Солнечной системы, включая Солнце и Землю» [13].



**Рис. 4. Выражение 1430-летнего цикла в барицентрическом движении Солнца (расчет по программе EPOSGAO) [12]**

По мнению учёного, «знание временной упорядоченности Солнечной системы в масштабе земных столетий и тысячелетий даёт ключ к пониманию механизма регулирования солнечной активности и процессов взаимодействия земных геосфер. В этом контексте, прежде всего, необходимо установить точку отсчёта событий. Большие циклы Солнечной системы берут «начало» от момента сближения центра Солнца с её барицентром. Последнее событие такого рода отмечено в апреле 1990 года» [13].

Другими словами, окончание и начало ключевых фаз групп многолетних и многовековых солнечных циклов пришлось на апрель 1990 года. Как правило, подобные эпохи отмечены снижением солнечной активности [14].

Гипотеза наличия длительных циклов солнечной активности и возможного согласования их фаз в середине 1990 года – не причуда учёного. Например, по заключению специалистов *NASA* и *NOAA*, динамика солнечной активности, характеризуемая величинами относительных чисел Р. Вольфа, действительно отражает сложную цикличность данного явления, включающую и весьма продолжительные циклы [15].

На этом основании позволим себе сформулировать гипотезу о «симметрии» – в границах десятилетних и столетних циклов – не только собственно солнечных циклов, но и общих характеристик, или типов, ситуаций социально-исторического развития, совпавших с фазой максимума каждого цикла (таблица) [16].

В частности, максимум 19-го солнечного цикла знаменовал собой не только начало нового технологического этапа социальной истории, включая освоение человеком космоса, но и ряд геополитических размежеваний, разломов и социально-экономических потрясений (сопровождающих, по мнению

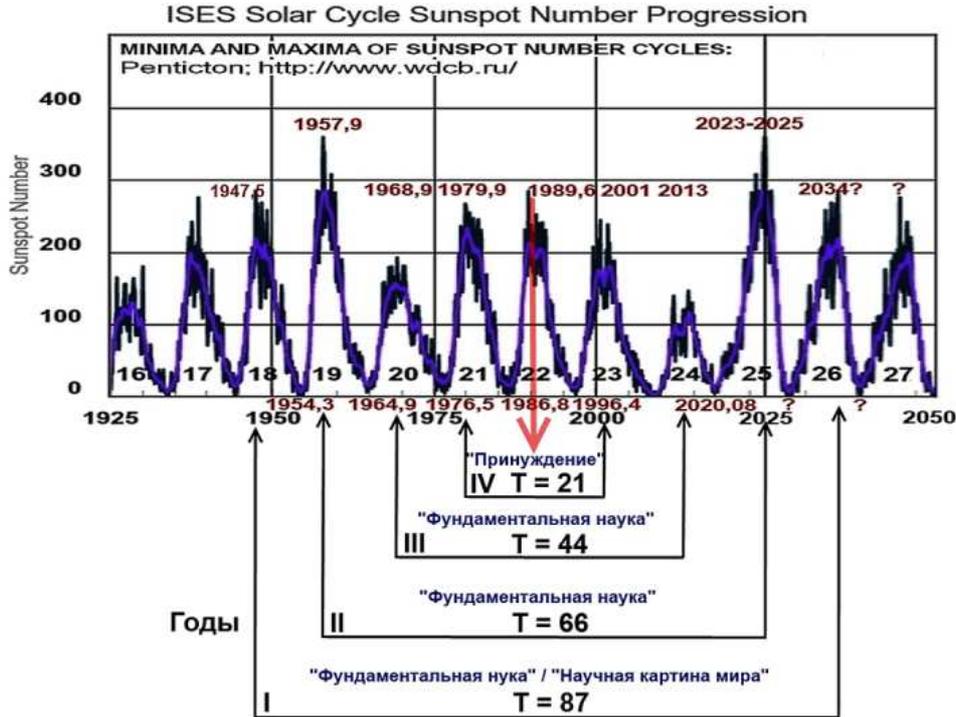
экономистов, смену технологических этапов), *преддверие Карибского кризиса* и, одновременно, дальнейшей «оттепели» 1960-70 годов. В том случае, если прогнозируемый в 2023-2025 годах максимум «зеркального» 25-го цикла сформирует предпосылки и общую рамку подобной же ситуации, Россию ждут непростые времена. При этом институциональное закрепление государственных границ и юридических норм «нового мира», а также пересмотр пирамиды потребностей и инструментов их удовлетворения состоится после 2034 года – по завершении и по итогам крупного международного конфликта, который один лишь способен разрешить комплекс накопившихся в мире проблем и потому, по сути, уже сейчас востребован субъектами глобальной геополитики, что и не скрывается элитами. Похоже, тип развития событий – всё ближе к категории «самосбывающегося прогноза».

***Возможные параллели в динамике социально-исторического процесса в границах одинаковых фаз 11-летнего солнечного цикла, выступающего элементом более продолжительных солнечных циклов [16]***

19-й (1957,9*)	25-й (2023,4 ?)
1957 – запуск спутника и начало «космической гонки»; 1959 – революция на Кубе; 1961 – возведение Берлинской стены. Первые признаки приближения острой фазы конфликта «Запад – Восток»	
20-й (1968,9)	24-й (2014)
1968 – «Пражская весна» и молодёжные протесты в Европе; 1969 – полёт на Луну. «Оттепель», стабильность, относительный достаток	
21-й (1979,9)	23-й (2001)
1979-80 – Революция в Иране, начало «Афганской войны», «Олимпиада-80». Социально-политический кризис; курс – на реформы	
22-й (1989,6)	
1991 – путч в РФ, поражение ГКЧП, распад СССР, окончание «Холодной войны», избрание Президента РФ, начало либеральных реформ и приватизации	
18-й (1947,5)	26-й (2034 ??)
1945 – Ялтинская конференция; 1947 – план Маршалла по Европе, провозглашение независимости Индии и Пакистана; 1948 – провозглашение государственности Израиля, разделение Кореи по 38-й параллели; 1949 – провозглашение КНР, образование НАТО	

\*Оценка календарных сроков максимума солнечного цикла (<http://www.wdcb.ru/>)

В рамках заявленной гипотезы, можно выделить следующие исторические параллели между парами «симметричных» циклов солнечной активности и соответствующих им ситуаций социально-исторического развития (рис. 5).



**Рис. 5. Гипотеза симметрии ряда циклов солнечной активности, характеризующихся величинами относительных чисел Вольфа, относительно 1990 года и подобия типов ситуаций развития, локализованных в окрестности максимумов циклов**

Итак, обозначенные на рис. 5 римскими цифрами I-IV пары комплексов ситуаций развития, локализованных в границах единых фаз соответствующих солнечных циклов, характеризуются следующими чертами.

I. Ситуации максимумов солнечных циклов № 18 и № 26 (максимум первого пришёлся на 1947,5 год, максимум второго не установлен), которые разделяет около 87 лет (согласно классификации ритмов (см. рис. 2), речь идёт о границе компартиментов культуры «Фундаментальная наука» и «Научная картина мира»), отмечены следующими особенностями: новый геополитический и геоэкономический передел мира (первый – по итогам Второй мировой войны), новые научная и общая картины мира, в том числе в силу юридического закрепления границ государств и уровня доступности ресурсов развития.

II. Ситуации максимумов циклов № 19 и № 25 (максимум первого пришёлся на 1957,9 год, максимум второго возможен в 2023-2025 годах), которые разделяет около 66 лет (согласно классификации ритмов, речь идёт о компарimente «Фундаментальная наука» в аспекте формирования наукой парадигм экономического и социального развития) отмечены такими чертами: XX съезд КПСС, доклад Н.С. Хрущёва «О культе личности и его последствиях» (1956

год); запуск первого искусственного спутника Земли (1957 год), полёт в космос первого человека – Ю.А. Гагарина (1961 год), начало «космической гонки» сверхдержав; Карибский кризис (1962 год). В начале же 2020-х годов – полёты на орбиту фактически не тренируемых специально космических туристов различного возраста, лидерство в космических технологиях Китая, новый этап милитаризации космоса; обсуждаемое как специалистами, так и общественностью приближение острой фазы геополитического конфликта «Запад – Восток»; осознание национальными элитами необходимости защиты финансово-экономических структур от воздействий глобального рынка, включая развитие собственных технологий (интернет-технологий, искусственного интеллекта, управления объёмами больших данных, а в 1960-х годах – технологических приложений общей теории систем и кибернетики, автоматических систем управления, управления базами данных, систем автоматического проектирования); накопление запасов стратегических видов сырья.

III. Ситуации максимумов циклов № 20 и № 24 (максимум первого пришёлся на 1968,9 год, максимум второго – на 2012-2014 годы), которые разделяет около 44 лет (согласно классификации ритмов, речь ведётся о компартменте «Фундаментальная наука» в аспекте теоретической и практической разработки ранее выдвинутых идей), отмечены следующими чертами: фестиваль молодёжи и студентов в Москве (1968 год) и летняя Универсиада в Казани (2013 год), а также зимние Олимпийские игры в Сочи (2014 год) той же тональности; вовлечение СССР в ситуацию «Пражской весны» (1968 год), РФ – в ситуацию «Крымской весны» (2014 год); реформа управления народным хозяйством и планирования в СССР под руководством А.Н. Косыгина (1965 год) и вступление России в ВТО (2012 год), а также план адаптации экономики и социальной сферы РФ к введённым Западом экономическим санкциям и усилению геополитического давления (2014 год); рост воодушевления и надежд широких кругов населения на обновление в политике, экономике и социальной жизни.

IV. Ситуации максимумов солнечных циклов № 21 и № 23 (максимум первого пришёлся на 1979,9 год, максимум второго – на 2000-2001 годы), которые разделяет около 21 года (согласно классификации ритмов, речь ведётся о компартменте «Принуждение» в аспекте локальных военных конфликтов, поддерживаемых традиционными силами и средствами), отмечены следующими чертами: принятие в 1977 году Конституции СССР, а в 1993 году – Конституции РФ; начало «Афганской войны» (1979 год) и катастрофа АПЛ «Курск» (2000 год); пожар на Останкинской телебашне в Москве (2000 год); затопление российской космической станции «Мир» (2001 год); вторжение международной коалиции (США, Великобритания и другие государства) в Ирак (2003 год); смерть Генерального секретаря ЦК КПСС Л.И. Брежнева (1982 год); далее в течение четырёх лет сменилось два руководителя государ-

ства) и добровольная отставка Президента РФ Б.Н. Ельцина, назначение исполняющим обязанности Президента РФ Председателя Правительства РФ В.В. Путина (1999 год), избрание В.В. Путина Президентом РФ (2000 год); военно-политические и экономические ситуации «Холодной войны», в том числе санкции по линии спорта, рост социальной напряжённости.

Таким образом, позиции I-IV объединяет тональность сопоставления моделей развития и лежащих в их основе национальных мифов и парадигм, состязания и конкурирования за глобальное лидерство, противостояния, скрытой и проявленной конфронтации, а, по сути, – различные аспекты, или планы, конфликта «Запад – Восток», в другой смысловой проекции – конфликта «гражданской» и «общинной» цивилизаций. Причём в окрестности 1990 года речь преимущественно велась о проявленных претензиях и конфликтах, включая военные события, а, с течением времени, – об экономических, технико-технологических, научных, мировоззренческих и культурно-религиозных аспектах глобального развития, всё более смещаясь в область общей картины мира и коллективного бессознательного.

Для дальнейших рассуждений укажем, что абстрактное пространство, каждая точка которого соответствует одному и только одному состоянию из множества всех возможных состояний системы, именуют её *фазовым пространством*. Точка пространства, определяющая текущее состояние системы, называется *представляющей точкой*. Процесс смены состояний системы, или её поведение, может быть отражено движением изображающей точки. Тогда траекторию этой точки – «след» от её движения – именуют *фазовой траекторией* (которая не тождественна траектории развития системы во времени и/или пространстве), а скорость смещения изображающей точки – фазовой скоростью. Итак, сущность фазового пространства заключается в том, что смена состояний сложной системы характеризуется *эволюцией единственной точки*. Концепция фазового пространства разработана в конце XIX века Людвигом Больцманом, Анри Пуанкаре и Уиллардом Гиббсом [16].

Координатная плоскость, в которой по осям координат откладывают какие-либо две переменные – фазовые координаты, определяющие состояние системы, называют *фазовой плоскостью*. Данный математический объект является частным случаем фазового пространства, которое может иметь бóльшую размерность. Через каждую точку фазовой плоскости проходит лишь одна фазовая траектория, за исключением так называемых *особых точек*. Полная совокупность различных фазовых траекторий составляет *фазовый портрет* системы. Он даёт представление о множестве всех физически допустимых состояний системы [17].

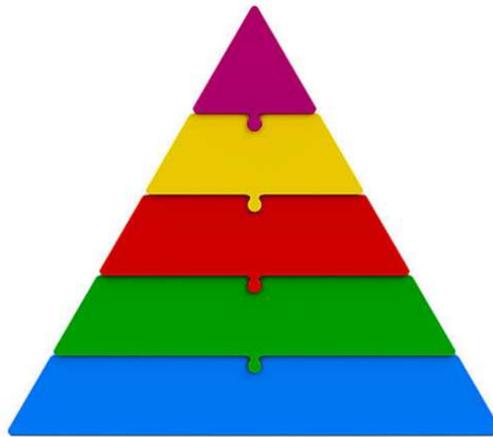
Как уже отмечалось, в наиболее общем случае фазовое пространство представляет собой воображаемое, абстрактное пространство. Чем больше параметров требуется для описания состояния системы, тем больше его размерность. Например, для описания поведения социальной системы необходимо

знать выраженные в единой количественной шкале показатели состояния экономики и технологий, уровня здоровья и образования населения, рождаемости и смертности, наличия и доступности природных ресурсов, уровня общей и экологической культуры, состояния инженерной инфраструктуры и ряд других. Поэтому, в целом, фазовое пространство такой системы многомерно; его метрика определяется числом выделяемых параметров.

В результате обмена ресурсами с другими системами, а также случайных флуктуаций, с течением времени параметры системы меняются; происходит последовательная смена состояний системы. Следовательно, *вид фазовой траектории зависит* от состава, строения, свойств самой системы; условий и ресурсов окружающей её среды; характера обмена системы со средой. Для того, чтобы представить фазовую траекторию в аналитическом виде, необходимо *знать взаимосвязи* между параметрами системы. В случае открытых систем, *существенно далеких* от состояния равновесия, независимо от их природы, эти взаимосвязи выражаются *системой нелинейных*, то есть содержащих переменные в степени, большей единицы, дифференциальных уравнений [18].

**Идея нашего методического подхода** заключается в том, что одним из важнейших, но не единственных, параметров порядка социальных систем является *общая численность* их постоянного населения, а систем иной природы – текущая численность их элементов и компарментов. Тогда возможной формой представления реальной траектории изучаемой системы во времени выступает *организованная во времени же статистическая выборка (временной ряд)* величин численности населения. При этом в каждый момент времени величина численности населения будет сложным образом обобщать, или *интегрировать*, все те группы параметров, речь о которых шла выше, а также характер связей между ними; последнее обстоятельство имеет отношение к теории «*обратных задач*» естествознания. Особое внимание в методическом подходе уделяется *мере инвариантности* той или иной группы показателей, то есть *скорости* их изменения. Допускается, что скорость изменения параметров различных групп неодинакова, более того, различается на порядки, то есть *качественно*. На этом основании история системы рассматривается, всё же, как последовательная (непрерывная) смена *квазистационарных* состояний. В частности, можно указать инварианты, которые практически не меняют своих базовых характеристик (качества), даже за пределами точек бифуркации, существенно преобразующих другие компарменты системы: мифология, религия и религиозная философия, общая и научная картины мира, возможно, общие особенности технологического уклада жизни. Другое важное допущение состоит в том, что важнейшие группы параметров социальной системы – компарментов её культуры – признаются «*достаточно автономными*» (определение Р.У. Хемминга; рис. 6). Речь идёт о том, что компарменты объединены связями и формируют единое динамичное здание

культуры общества, но одновременно – большее или меньшее время – сохраняют свою качественную определённую, или инвариантность. Поэтому *физически адекватное и качественно содержательное упрощённое*, генерализованное описание смены состояний системы может быть представлено линейной моделью, роль компонентов в которой выполняют единичные колебательные моды, но не обязательно гармоники. Тогда параметры каждой моды несут информацию о характере изменения своего – сопряжённого с этой модой – инварианта: комплекса однотипных показателей состояния системы. А вся совокупность параметров модели несёт информацию о пройденных, текущих и перспективных типах состояний системы, понимаемых как «ситуации развития». Скажем повторно, что данный подход *не предполагает кардинального изменения* полностью *всех* свойств системы в бесконечно малый интервал времени, то есть «взрывного» развития системы (о чём свидетельствует развитие цивилизации в последние 10-12 тысяч лет).



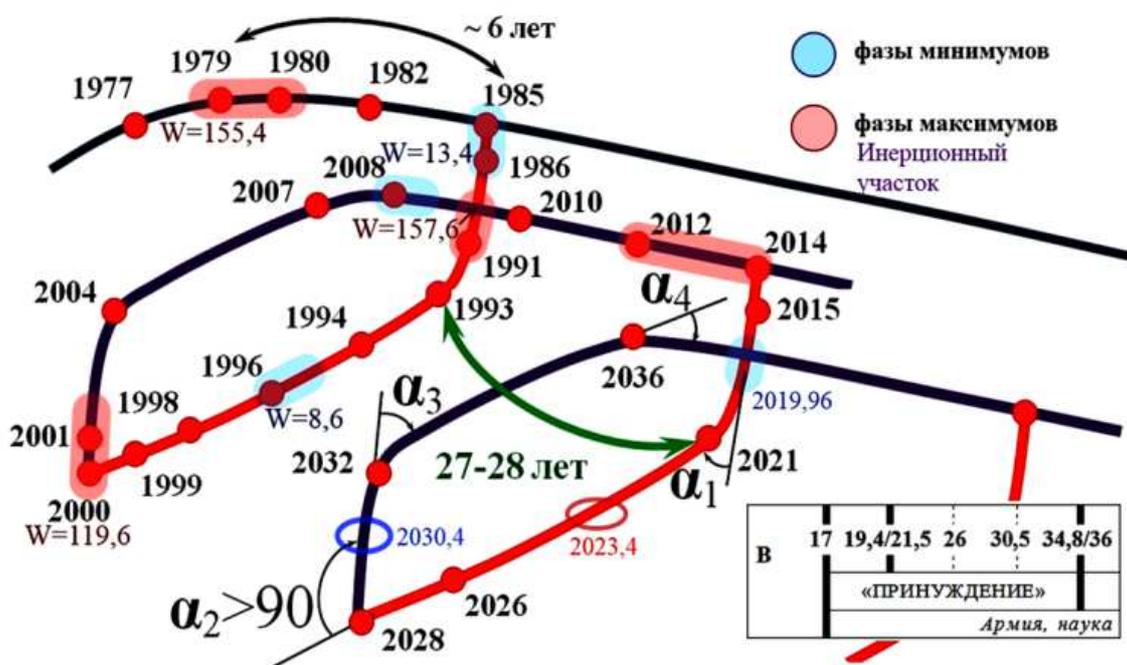
**Рис. 6. Геометрический образ «достаточной автономности» компартиментов целого объекта**

Геологическим «эквивалентом» применяемого методического подхода выступает процесс медленного формирования комплекса осадочных горных пород («культуры») на древнем кристаллическом фундаменте. В этом случае специалист, в основном изучая состав, строение, свойства приповерхностных пород, никогда не забывает, что породы фундамента всегда проявляют свои свойства на поверхности земли посредством геофизических полей. Процессы водной и воздушной эрозии последовательно разрушают этот комплекс горных пород, начиная с приповерхностных пород, и могут затронуть комплекс («культуру») на значительную глубину. Однако, как правило, можно указать «породы», которые не будут затронуты «эрозионными» процессами и в по-

следствии выступают тем фундаментом, на котором начнётся новое «породообразование». В этом, видимо, и заключается философия природы в её геологическом преломлении.

Именно для реализации данного методического подхода нами предложена классификация ритмов социально-исторического развития, обладающая, видимо, чертами периодического строения и имеющая формальный (математический) алгоритм построения (см. рис. 2). Эта классификация опубликована в центральных научных изданиях.

Фазовая траектория социально-экономического развития России (след движения представляющей точки на фазовой плоскости) показана на рис. 7.



**Рис. 7. Фрагмент фазовой траектории России по датам новейшей истории и рамочный прогноз смены типов социально-исторических событий**

Как мы понимаем, последняя по времени бифуркация пройдена Россией в окрестности 2013-2014 годов (все обоснования представлены в наших публикациях в Вестнике ТулГУ, серия «Экология и безопасность жизнедеятельности», 2016-2019). Чуть раньше 2021 года состоялось заметное, но, всё же, не кардинальное, изменение «угла наклона» фазовой траектории ( $\alpha_1$ ; см. рис. 7). Начиная с 2021 года ситуация продолжит ухудшаться (речь идёт о «регрессионной фазе» развития, согласно пониманию немецкого психолога Курта Левина). Тип ситуаций развития зададут глобальные и российские тренды: деградация и разрушение международной правовой системы и «институтов согласия», включая договорённости о режимах применения военных сил и

средств, а также регламенты международной торговли и функционирования иных связей (ИТ); изменение условий и ресурсов глобальной среды обитания; демографические и миграционные проблемы, включая «сознательное применение биологических агентов, способных поражать человека, животных, растения; появление в природе новых агентов» (академик А.С. Спирин); деградация в большинстве стран элитарной культуры, науки и сложной техносферы; рост зависимости мира от воли корпораций-монополистов; непропорциональное применение силы различных видов; деформация общей и научной картин мира; рост социальной нестабильности и непредсказуемости поведения масс; рост зависимости характера развития ситуаций от слабых, скрытых от посторонних глаз, факторов и ряд других ([http://tsu.tula.ru/files/40/conf-2020\\_t2.pdf](http://tsu.tula.ru/files/40/conf-2020_t2.pdf)).

Как уже отмечалось, в районе максимума солнечной активности 2023-2025 годов возможен военный конфликт, имеющий отношение к России, или угроза применения военной силы (военного вмешательства) в ответ на ухудшение ситуации на постсоветском пространстве (конфликт «Восток» – «Запад», или «Суша» – «Море», в терминах А.Г. Дугина; не исключено, что победу одержит «Море») [16].

Однако наиболее драматичные события, типологически подобные ситуации в окрестности 2000 года, произойдут в районе 2028 года. В целом, «глобальный потоп» (в аксиоматике А.Г. Дугина) состоится с 2028 по 2036 (2041) годы. Далее состоится институциональное закрепление нового международного порядка и протоколов обмена, включая пространственные границы субъектов геополитики, новое структурирование пирамиды потребностей и формирование ей соответствующей системы целей, задач, алгоритмов и инструментов мышления и деятельности человека в новом средовом, объектном и символическом окружении. При благоприятном развитии событий, Россия выйдет на новый участок «инерционного», «устойчивого» развития, применительно к новой базе условий и ресурсов окружающей среды (в широкой трактовке последних терминов; см. рис. 7) [16].

По мнению историка А.И. Фурсова, «отдельные события невозможно понять вне средне- и долгосрочного исторического контекста. Кризисная ситуация, в которой оказался сегодняшний мир, намного серьезнее, чем Великая депрессия 1929-1933 годов... Ныне мы живём в условиях *системного кризиса капитализма – его терминальной фазы*. К тому же, налицо – взаимоналожение и взаимопроникновение нескольких кризисных волн различной природы и длительности» [19].

По мнению историка, до середины 1960-х годов развитие мира шло по следующей схеме: «мировая война уничтожила военно-промышленный потенциал крупных держав, и дальнейшее развитие мировой экономики в течение 20-25 лет происходило, в основном, за счёт восстановления этих экономик». Поэтому интервал времени, соответствующий приблизительно 25 годам, А.И. Фурсов считает специфическим «военным циклом» социально-исторического развития (что, в целом, согласуется и с нашими представлениями; см. рис. 2, 7).

«При этом... <уже> 2018 и 2019 годы показали, что мировая система... находится в состоянии перегрева. Обычно в таких случаях происходила мировая война... Так что в ближайшие 10-15 лет будет идти борьба за переход к новой системе. Причём вариантов перехода к ней будет несколько... Что касается России, то здесь ситуация чем-то напоминает начало XX века, точнее 1904-1905 годы» [19].

### Библиографический список

1. Переходные эпохи в социальном измерении: История и современность/ отв. ред. В.Л. Мальков. Ин-т всеобщей истории РАН. М.: Наука, 2003. 482 с.
2. Алексеев В.П. Очерки экологии человека. М.: Наука, 1993. 191 с.
3. Чижевский А.Л. Земля в объятиях Солнца. М.: Изд-во Эксмо, 2004. 928 с. (Антология мысли).
4. Чижевский А.Л. Вся жизнь. М.: Сов. Россия, 1974. 208 с.
5. Ягодинский В.Н. Александр Леонидович Чижевский. М.: Наука, 1987. 316 с.
6. Каракто П.С. Проблема философских оснований и научности космических идей А.Л. Чижевского// Журнал Белорусского государственного университета. Серия «Философия. Психология». 2019. № 3. С. 9-15.
7. Блауберг И.В., Садовский В.Н., Юдин Э.Г. Системный подход в современной науке// Проблемы методологии системного исследования/ ред. коллегия И.В. Блауберг, В.Н. Садовский, Э.Г. Юдин. М.: Мысль, 1970. 456 с.
8. Розенберг Г.С. Экологическая экономика и экономическая экология: состояние и перспективы// Экология РАН, 1994. № 5-6. С. 3-13.
9. Природопользование: учебное пособие для вузов/ Э.М. Соколов [и др.]. М.-Тула: Гриф и К, 2002. 522 с.
10. Пешков А.А., Мацко Н.А. Доступность минерально-сырьевых ресурсов. М.: Наука, 2004. 280 с.
11. Волков А.В. Циклическая основа механизмов солнечной активности и взаимодействия геосфер Земли// Вестник ТулГУ. Серия «Экология и безопасность жизнедеятельности»/ под общей ред. д-ра техн. наук, проф. В.М. Панарина. Тула: Изд-во ТулГУ, 2020. 410 с. С. 204-233.

12. Ретеюм А.Ю. Открыта причина наступления солнечных минимумов и земных похолоданий. URL: <https://regnum.ru/news/innovatio/2742095.html> (дата обращения: 02.06.2020).

13. Хлыстов А.И., Долгачёв В.П., Доможилова Л.М. Барицентрическое движение Солнца и его следствия для Солнечной системы. URL: [https://istina.msu.ru/media/publications/articles/a31/6c2/2232256/Barits\\_dvizh\\_Solntsa\\_.doc](https://istina.msu.ru/media/publications/articles/a31/6c2/2232256/Barits_dvizh_Solntsa_.doc) (дата обращения: 07.06.2020).

14. Ретеюм А.Ю. Эпидемии в обстановке большого солнечного минимума. URL: <https://regnum.ru/news/innovatio/2913426.html> (дата обращения: 2.06.2020).

15. URL: <https://www.swpc.noaa.gov/products/solar-cycle-progression> (дата обращения: 17.09.2020).

16. Волков А.В. Прогноз параметров 25-го солнечного цикла и сопряжённой социальной динамики// Вестник ТулГУ. Серия «Экология и безопасность жизнедеятельности»/ под общей ред. д-ра техн. наук, проф. В.М. Панарина. Тула: Изд-во ТулГУ, 2020. 410 с. С. 257-295.

17. URL: [https://science.wikia.org/ru/wiki/Фазовое\\_пространство](https://science.wikia.org/ru/wiki/Фазовое_пространство) (дата обращения: 20.10.2020).

18. URL: <https://cyberpedia.su/16xf9cb.html> (дата обращения: 20.10.2020).

19. Фурсов А.И. Агония старого мира: куда идёт человечество? URL: [https://zavtra.ru/blogs/agoniya\\_starogo\\_mira](https://zavtra.ru/blogs/agoniya_starogo_mira) (дата обращения: 20.10.2020).

## ГЕОЭКОЛОГИЯ

УДК 316.4.051.2: 316.4.06

А.В. Волков, канд. техн. наук, доц., [wolkow.av@mail.ru](mailto:wolkow.av@mail.ru)  
(Россия, Тула, ТулГУ)

Х.Т. Есоян, магистрант, [spl.@tsu.tula.ru](mailto:spl.@tsu.tula.ru)  
(Россия, Тула, ТулГУ)

М.А. Шабалина, магистрант, [spl.@tsu.tula.ru](mailto:spl.@tsu.tula.ru)  
(Россия, Тула, ТулГУ)

### КЛИМАТИЧЕСКИЙ АСПЕКТ СОВРЕМЕННОГО КРИЗИСА И МЕТОДЫ ЕГО ИЗУЧЕНИЯ

*Представлены теоретические и прикладные основания исследований в области анализа и прогноза временной динамики параметров регионального климата, включая процессы самоочищения и загрязнения приземной атмосферы, а также формирования гидрологического режима водосборных территорий.*

*Ключевые слова: изменения климата, приземная атмосфера, комплексные индексы состояния атмосферы, загрязнение и самоочищение воздуха, солнечная активность, статистические методы обработки рядов наблюдений.*

Согласно распоряжению Правительства РФ № 3183-р от 25.12.2019 г. «Об утверждении национального плана мероприятий первого этапа адаптации к изменениям климата на период до 2022 г.» [1], при принятии решений в области внешней и внутренней политики России учёту подлежат следующие достоверно регистрируемые климатические изменения:

- с середины 1970-х годов на территории РФ температура воздуха растёт на 0,47°C за 10 лет, что в 2,5 раза превышает темпы роста средней глобальной температуры (0,18°C);
- значительная часть территории РФ находится в области значительных наблюдаемых и прогнозируемых изменений климата;

- последствия изменений оказывают усиливающееся воздействие на социально-экономическое развитие страны;
- изменения климата создают и новые возможности для экономики страны.

По мнению климатологов, реальность существования быстрых изменений климата в прошлом – научный факт. Механизмы этих изменений «не вполне ясны». Обычно климатические изменения последних 10-11 тысяч лет связывают с динамикой концентрации «парниковых газов». *Колебания солнечной деятельности и параметров земной орбиты могут служить триггерными механизмами подобных изменений* [2, с. 147].

По мнению М.И. Будыко, многолетняя и сезонная динамика климатических параметров – важный экологический фактор для всех организмов. При этом переход от режима глобального похолодания к потеплению состоялся в 1972 году [3, с. 22]. Локальные и глобальные климатические катастрофы нередко происходили в геологическом прошлом, вызывая массовую гибель организмов. Однако полного вымирания видов, как правило, не происходило. Важнейшим аспектом подобных ситуаций выступают «аэрозольные климатические катастрофы». Поэтому актуальным направлением научной деятельности является оценка пространственно-временных изменений параметров гелиофизических и метеорологического режимов территорий на основе теоретических моделей и/или эмпирических методик обработки данных наблюдений. При этом, «стремление повысить точность... расчётов выше её ограничения неопределённостями в исходных данных лишено оснований» [3, с. 22].

Учёный акцентирует внимание на важном методологическом принципе: в случае, когда речь идёт о прогнозе поведения сложной климатической системы, нельзя с уверенностью полагаться на результаты какого-либо одного метода, сколь бы надёжными они не казались. Говорить о достоверности прогноза можно лишь в том случае, если он подтверждается несколькими независимыми методами. В частности, импульс для развития теоретических моделей климата дают закономерности, установленные на основе статистического анализа эмпирических данных. Подобное направление исследований предполагает поиск пространственно-временных закономерностей фактически наблюдаемых характеристик какого-либо «поля» с учётом колебания уровня погрешности и дискретности исходных данных, а также наличия пропусков информации [4, с. 152-153].

Тем не менее, широко используемые статистические методы декомпозиции и моделирования рядов (спектральный анализ, скользящее осреднение и другие) имеют довольно жёсткие допущения и не всегда полностью удовлетворяют теоретическим представлениям об общих свойствах колебательных процессов. Поэтому использование оптимального (применительно к решаемой задаче и характеристикам исходных данных) методологического подхода

позволяет извлечь максимально полные сведения из имеющихся данных наблюдений и построить эмпирические модели, описывающие изменения параметров на требуемом временном уровне.

В целом, современное состояние проблемы анализа и прогноза климатических и сопряжённых с ними природных и социально-экономических изменений требует совершенствования статистических методов обработки эмпирических данных – их адаптации к характеристикам массивов привлекаемых данных, которое бы позволило достоверно различать долгопериодические и быстрые изменения систем Земли, а также использовать полученные закономерности для построения прогнозов различных временных масштабов и степени детализации прогнозной информации [4, с. 168].

Особенно сложна связь между метеорологическими условиями регионов и уровнем загрязнения атмосферы. Поэтому при изучении механизмов формирования загрязнения атмосферы используют не отдельные показатели, а комплексные параметры, соответствующие определенным метеорологическим ситуациям.

На первом этапе исследований формулируется качественная оценка среднегодовой способности атмосферы региона к самоочищению, согласно критериям, представленным в табл. 1.

**Таблица 1**

**Критерии качественного оценивания среднегодовой способности атмосферы к самоочищению**

Тип климата	Скорость ветра; V, м/с	Повторяемость штгилей; P <sub>шт.</sub> , %	Годовая сумма осадков; Ос, мм/год	Способность атмосферы к самоочищению
1	2	3	4	5
Резко континентальный	Менее 3	50...75	Менее 300	Слабая
Умеренно континентальный	3...5	30...50	300...450	Средняя
Морской	Более 5	Менее 30	Более 450	Хорошая
Фактические данные по региону				

Данная оценка используется в качестве исходного приближения для установления потенциала атмосферы к самоочищению. Её недостатком является неполнота рассматриваемого комплекса метеорологических элементов, влияющих на процессы накопления и рассеивания примесей в атмосфере.

Надёжным *количественным показателем* состояния воздуха служит потенциал рассеивания атмосферы (ПРА) [5]. Под ПРА понимают балансный индекс, учитывающий совокупность метеорологических условий, характерных для той или иной территории и способствующих как накоплению примесей в атмосфере, так и самоочищению воздуха.

Потенциал рассеивания атмосферы определяют по формуле:

$$\text{ПРА} = (P_{\text{ш}} + P_{\text{т}}) / (P_{\text{о}} + P_{\text{в}}),$$

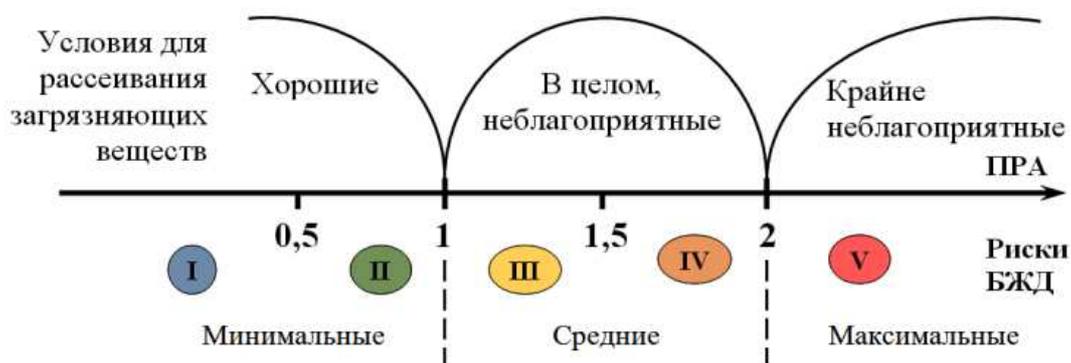
где  $P$  – повторяемость метеорологических параметров:  $P_{\text{ш}}$  – скоростей ветра до 1 м/с;  $P_{\text{т}}$  – дней с туманом;  $P_{\text{о}}$  – дней с осадками более 0,5 мм/сут;  $P_{\text{в}}$  – скоростей ветра более 6 м/с.

Согласно СНиП 23-01-99, повторяемость  $P$  – это отношение числа случаев со значениями, входящими в данный интервал, к общему числу членов ряда; определяется в процентах от общего числа случаев наблюдения. Повторяемость туманов может определяться и как отношение продолжительности туманов в часах к общему числу часов в году.

В среднем за год, вклад величины  $P_{\text{о}}$  в процессы самоочищения атмосферы составляет около 40 %, величины  $P_{\text{в}}$  – 5-25 %. Вклад величины  $P_{\text{ш}}$  в процессы накопления примесей в атмосфере составляет 30-55 %, величины  $P_{\text{т}}$  – примерно 5 %.

В зависимости от того, используются ли многолетние значения метеорологических элементов или осредненные за непродолжительный период времени, различают климатический (КПРА) и метеорологический (МПРА) потенциалы рассеивания атмосферы. *Чем больше величина ПРА, тем хуже условия для рассеивания примесей в атмосфере.* Если  $\text{ПРА} \leq 1$ , то в рассматриваемый отрезок времени повторяемость процессов, способствующих самоочищению атмосферы, преобладает над повторяемостью процессов, способствующих накоплению вредных примесей. Если же  $\text{ПРА} > 1$ , то преобладают процессы, способствующие накоплению вредных примесей. Диапазон изменения ПРА составляет от 0,1 до 5 единиц.

Нормативные значения индекса ПРА, соответствующие им риски жизнедеятельности человека и других организмов представлены на рисунке.



### Нормативные значения ПРА

Широкое применение в практике оценки геоэкологических условий регионов находит потенциал загрязнения атмосферы (ПЗА), разработанный в

Главной геофизической обсерватории имени А.И. Воейкова РФ [6]. ПЗА показывает, во сколько раз средний уровень загрязнения воздуха, обусловленный реальной повторяемостью метеорологических условий в данном районе, будет выше, чем в некотором эталонном районе. Для расчета ПЗА определяют повторяемость приземных инверсий, скоростей ветра до 1 м/с, застоев воздуха, туманов и температуру воздуха.

На территориях, где преобладают низкие источники выбросов, а также высокие источники с холодными выбросами, ПЗА рассчитывается по формуле:

$$\text{ПЗА} = 2,4 \cdot (e^A),$$

где:  $e \approx 2,718$  – основание натурального логарифма;  $A$  – дробный показатель степени, обобщающий влияние на ситуацию указанных метеоэлементов.

Среднегодовые значения ПЗА в интервале от 2,4 до 3,0 характерны для областей, где повторяемость слабых ветров (штилей) составляет от 10 до 40 % и повторяемость приземных инверсий менее 45 %. При увеличении повторяемости слабых ветров, инверсий и застоев воздуха в среднем на 10-30 %, значения ПЗА достигают 3,0-3,5. Эти территории отличаются большей континентальностью климата, продолжительной зимой и преобладанием слабых ветров в течение года. Особенно неблагоприятные условия для рассеивания примесей образуются в защищенных горных долинах и котловинах. Здесь значения ПЗА достигают 3,5-4,0 и более.

Недостатком индекса является то обстоятельство, что учитываются лишь условия, способствующие накоплению загрязняющих веществ в атмосфере, и не рассматриваются условия, способствующие рассеиванию примесей.

Как правило, с помощью индекса ПЗА устанавливают общую картину загрязнения атмосферы, обусловленную как динамикой природных, так и экономических (производственных) факторов, а расчет ПРА детализирует полученное распределение с учетом региональных климатических особенностей.

Сопоставление нормативных значений индексов ПРА и ПЗА представлено в табл. 2.

Согласно представлениям российских климатологов, колебания солнечной активности и параметров земной орбиты могут служить триггерными механизмами быстрых изменений регионального и глобального климатов.

Таблица 2

Сопоставление нормативных значений индексов ПРА и ПЗА

$\Delta$ ПРА	$\Delta$ ПЗА	Условия для рассеивания загрязняющих веществ	Уровень загрязнения атмосферы	Класс опасности	Риски БЖД
1	2	3	4	5	6
Менее 0,5	Менее 2,4	Очень хорошие	Низкий	I (синий)	Отсутствуют
0,51...1,0	2,41...2,7	Хорошие	Умеренный	II (зелёный)	Минимальные
1,1...1,5	2,71...3,0	В целом, неблагоприятные	Повышенный	III (жёлтый)	Средние
1,51...2	3,1...3,3	Неблагоприятные	Высокий	IV (оранжевый)	Высокие
Более 2	Более 3,3	Крайне неблагоприятные	Очень высокий	V (красный)	Максимальные

Обработка результатов расчётов и натуральных экспериментов базируется на применении статистических методов исследований [7-10]. Параметры поля в отдельные моменты времени или в отдельных точках пространства рассматривают как совокупность случайных величин. Погрешности расчётов и измерений, локальные неоднородности, неучтённые возмущения среды снижают достоверность результатов, то есть являются источниками помех. Именно в силу наличия помех поле проявляет себя случайным образом. Поэтому исследователь оперирует данными, которые с большим основанием описываются случайными величинами и процессами, чем аналитическими функциями. В теории, случайным именуют процесс, значения которого в любой момент времени известны с вероятностью, меньшей единицы. Изучение случайных процессов базируется на приложениях теории вероятностей, таких как математическая статистика, корреляционный анализ, методы разделения полей на составляющие, спектральный анализ и других.

**Библиографический список**

1. Распоряжение Правительства РФ «Об утверждении национального плана мероприятий первого этапа адаптации к изменениям климата на период до 2022 года» № 3183-р от 25 декабря 2019 г. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73266443/> (дата обращения: 30.12.2019).
2. Борзенкова И.И., Жильцова Е.Л., Лобанов В.А. Быстрые колебания климата в позднеледниковье – голоцене. Анализ эмпирических данных и возможных причин// Современные проблемы экологической метеорологии и климатологии: сборник статей, посвящённый 85-летию академика М.И. Будыко. СПб.: Наука, 2005. 247 с.

3. Будыко М.И. Климат и биосфера// Современные проблемы экологической метеорологии и климатологии: сборник статей, посвящённый 85-летию академика М.И. Будыко. СПб.: Наука, 2005. 247 с.
4. Лобанов В.А., Анисимов О.А. Эмпирико-статистическое моделирование временных и пространственных изменений гидрометеорологических характеристик// Современные проблемы экологической метеорологии и климатологии: сборник статей, посвящённый 85-летию академика М.И. Будыко. СПб.: Наука, 2005. 247 с.
5. Сегелей Т. С., Юрченко И. П. Потенциал рассеивающей способности атмосферы// Известия РАН. Серия географическая. 1990. № 2. С. 132.
6. География и природные ресурсы. 1992. № 3. С. 60.
7. Гравиразведка: Справочник геофизика/ Под ред. Е.А. Мудрецово́й, К.Е. Веселова. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Недра. 1990. 607 с.
8. Сейсморазведка: Справочник геофизика. В двух книгах/ Под ред. В.П. Номоконова. Книга первая. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Недра, 1990. 336 с.
9. Сейсморазведка: Справочник геофизика. В двух книгах/ Под ред. В.П. Номоконова. Книга вторая. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Недра. 1990. 400 с.
10. Вычислительные математика и техника в разведочной геофизике: Справочник геофизика/ Под ред. В.И. Дмитриева. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Недра. 1990. 498 с.

УДК 316.4.051.2: 316.4.06

А.В. Волков, канд. техн. наук, доц., [wolkow.av@mail.ru](mailto:wolkow.av@mail.ru)  
(Россия, Тула, ТулГУ)

Х.Т. Есоян, магистрант, [spl.@tsu.tula.ru](mailto:spl.@tsu.tula.ru)  
(Россия, Тула, ТулГУ)

М.А. Шабалина, магистрант, [spl.@tsu.tula.ru](mailto:spl.@tsu.tula.ru)  
(Россия, Тула, ТулГУ)

## **АНАЛИЗ СЕЗОННОЙ ДИНАМИКИ ПОТЕНЦИАЛА РАССЕИВАНИЯ АТМОСФЕРЫ ВОДОСБОРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ С УЧЁТОМ ХОДА ИНДЕКСОВ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ**

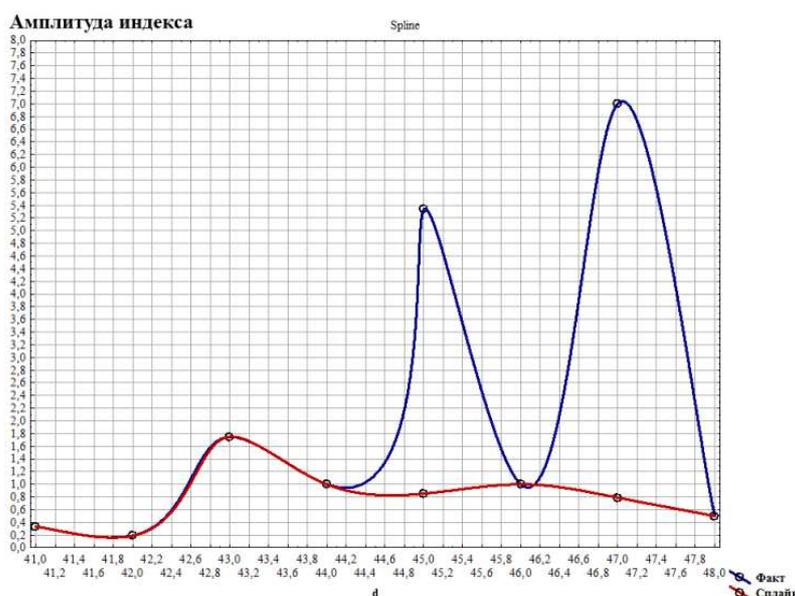
*Представлены результаты статистического анализа рядов расчётных величин потенциала рассеивания атмосферы и сформулированы закономерности сезонной динамики данного индекса, в значительной мере определяющего геохимическое состояние водосборных территорий.*

*Ключевые слова: изменения климата, приземная атмосфера, водосборные территории, загрязнение и самоочищение воздуха, потенциал рассеивания атмосферы, солнечная активность, статистические методы обработки рядов наблюдений.*

Задачей начального этапа обработки данных является разработка алгоритма – последовательности отдельных процедур трансформации рядов – на примере массива данных индекса ПРА. Речь идёт о корректировке «ураганных

выбросов» в составе рядов, основаниях разделения изучаемых полей на фоновую и диагностическую части, удалении мощной сезонной составляющей рядов, их спектральном анализе и других процедурах [1-4].

В силу физической сопряжённости индексов ПРА и ПЗА, а также существенной однородности ряда ПЗА в интервале 2011-2019 года, точки ряда ПРА, которые могут быть интерпретированы как «ураганные выбросы», получены методом сплайн-интерполяции по соседним значениям. Так, сравнение участков графиков сезонного хода индекса ПРА – фактического и скорректированного методом сплайн-интерполяции – представлен на рис. 1.



**Рис. 1. Сравнение исходного и скорректированного участков графиков сезонного хода индекса ПРА**

Дальнейшей обработке подлежит ряд ПРА, включающий корректировку 5 точек (из 108) методом сплайн-интерполяции.

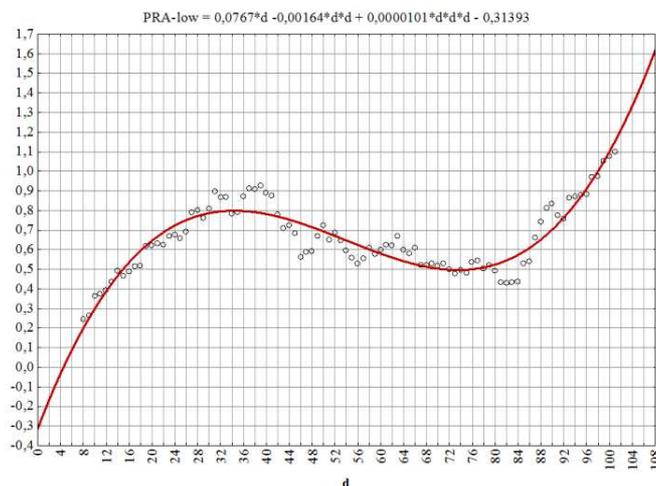
Сгладим исходный (но с удалёнными «ураганными выбросами») ряд ПРА скользящим окном Р.В. Хэмминга длиной 15 позиций и приблизим полученную трансформанту полиномом 3-й степени. В результате получим первую модель низкочастотной компоненты поля (*P-fon1*; табл. 1; рис. 2).

**Таблица 1**

**Значения коэффициентов регрессионной модели фона поля ПРА**

Model: P2=A1*d+A2*d*d+A3*d*d*d+A4 (PZA-PRA-21-01)				
Dep. var: P2 Loss: (OBS-PRED)**2				
Final loss: ,399729812 R= ,93100 Variance explained: 86,676%				
N=94	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>A4</b>
<b>Estimate</b>	0,076683	-0,001636	0,00001011	-0,313927

Укажем, что для целей количественной характеристики результатов корреляции двух или более изучаемых параметров применяют показатели тесноты связи между выборками (явлениями). Последние различаются в зависимости от формы и вида связи. В наших исследованиях применение находят коэффициенты  $r$ ,  $r^2$  и  $R$  (см. табл. 1).

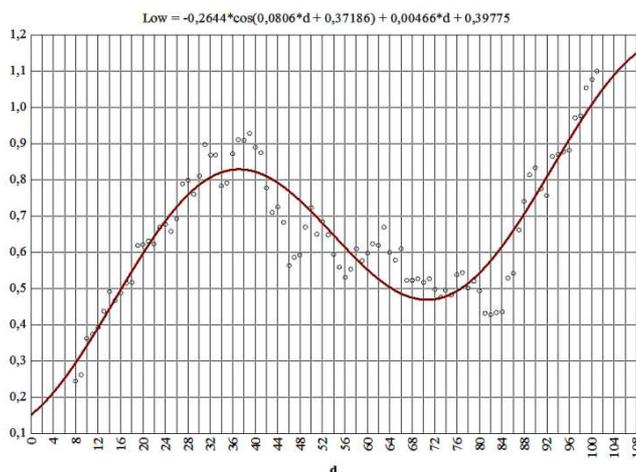


**Рис. 2. Модель фона ряда ПРА в графическом виде**

Уже данная модель позволяет заключить, что максимум функции приходится на аргумент  $d = 34$  (см. рис. 2), а минимум – на аргумент  $d = 73$ . Поэтому адекватная оценка полупериода функции составляет около 39 месяцев, а полный период главной колебательной моды – 78 месяцев. Именно его используем в финальной модели фона поля ПРА, включающей линейный тренд  $P\text{-fon3}$ ; рис. 3):

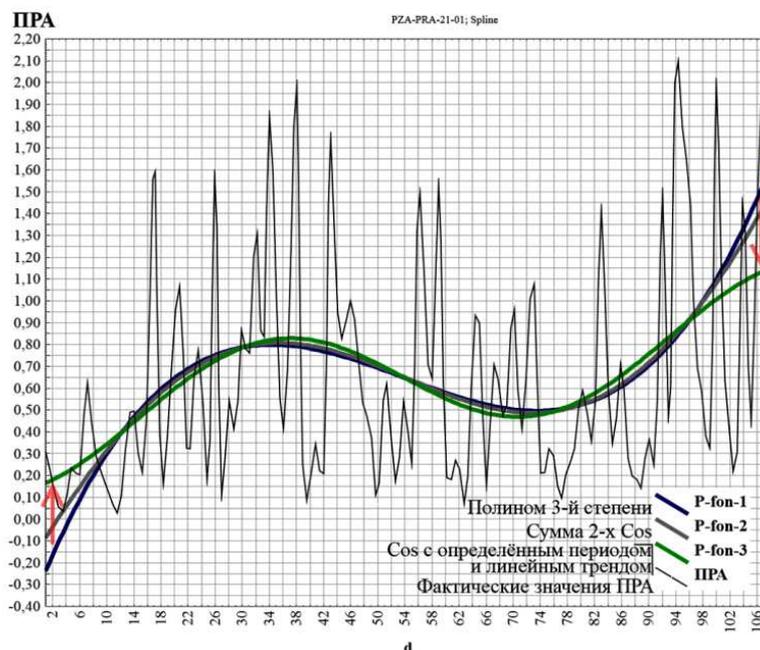
$$P\text{-fon3} = A1 \cdot \cos((2\pi/78) \cdot d + C1) + A2 \cdot d + Z =$$

$$= -0,264 \cdot \cos(0,081 \cdot d + 0,372) + 0,0047 \cdot d + 0,398.$$



**Рис. 3. Графическое представление финальной модели фоновой компоненты поля ПРА**

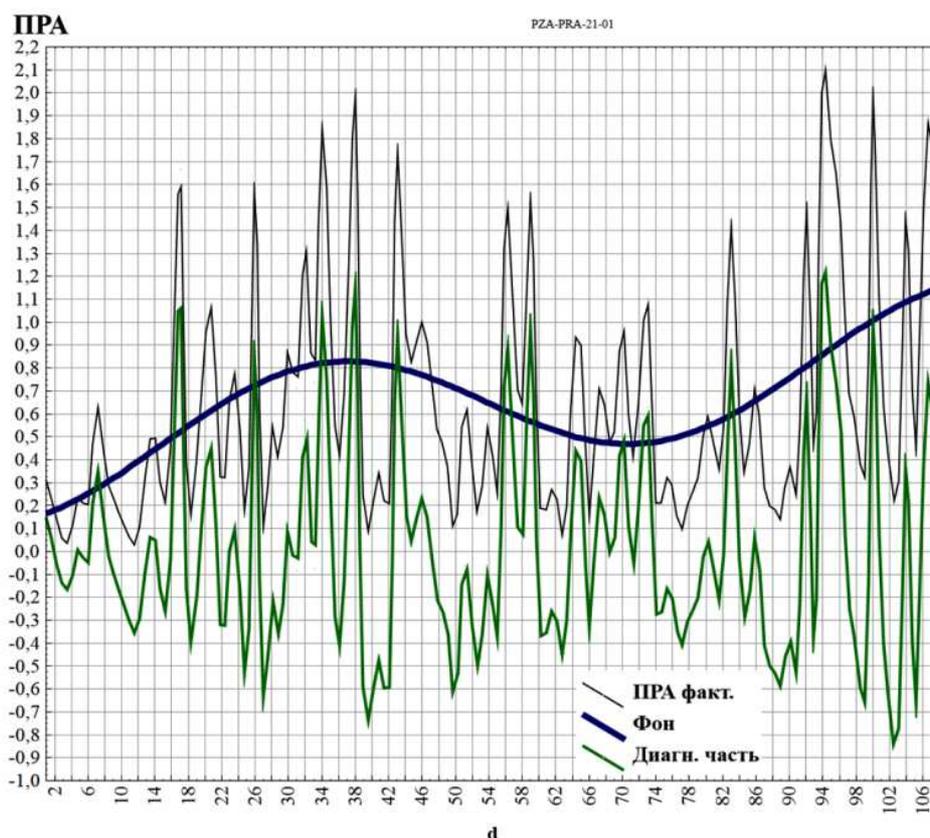
Итак, последняя модель вполне отражает колебательную природу процесса изменения ПРА, хотя, с математической точки зрения, не существенно отличается от нескольких исходных. Особенности хода различных моделей описания фоновой компоненты поля ПРА иллюстрирует рис. 4.



**Рис. 4. Различные варианты формального описания фона поля ПРА**

Итак, согласно рис. 4, модель *P-fon3* не только отражает «физику» изучаемого процесса – его принципиально колебательную, волновую природу, но и более адекватно описывает участки максимума и минимума изучаемого ряда, а также его граничные фазы (стрелки на рис. 4). Поэтому к дальнейшему использованию принимается именно модель фона *P-fon3*, полученная с учётом конкретного значения основного периода колебания и возможного наличия линейного тренда. (Соображение, согласно которому этот тренд – не линейный, а представляет собой фрагмент ещё более низкочастотной моды, мы, безусловно, рассматривали, однако, всё же решили использовать более простую композицию модели фона.)

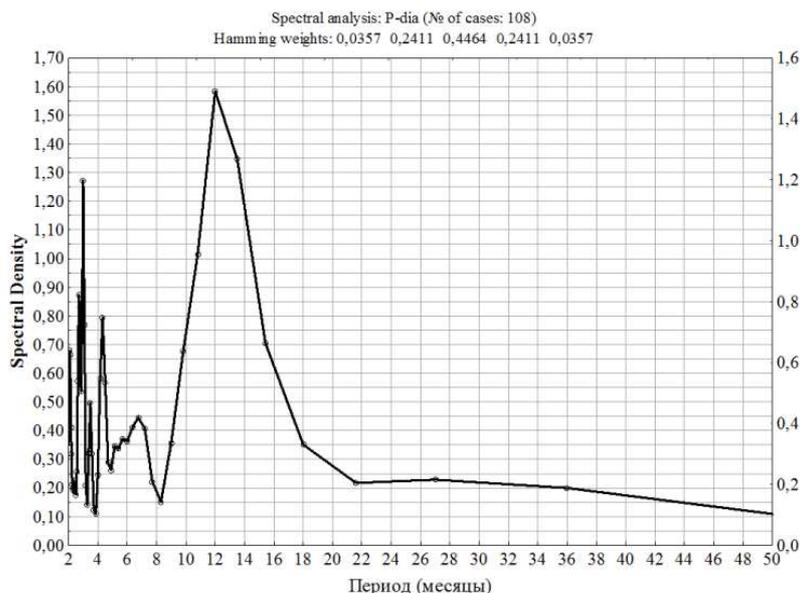
Далее из ряда величин ПРА вычитаются расчётные величины фоновой компоненты. Результатом является диагностическая компонента изучаемого ряда. На рис. 5 представлен многолетний ход компонент поля значений индекса ПРА: фактических значений, фона и диагностической части ряда.



**Рис. 5. Многолетний ход фактических значений, фона и диагностической компоненты ряда ПРА**

Согласно рис 5, для диагностической компоненты характерна выраженная годовая составляющая ряда ( $T = 12$  месяцев), которая подлежит удалению (в аспекте спектрального анализа ряда). Но, что более важно, ряд отражает наличие *амплитудной модуляции*, физической природой которой может выступать то или иное «барицентрическое движение» изучаемой системы, т.е. изменение подвижных (автономных) компонентов системы, определяемое влиянием «массивного» центрального объекта системы. Другими словами, уже на этом шаге обработки данных мы допускаем наличие мощной главной причины, определяющей многолетнюю динамику индекса ПРА. В качестве данной мощной и инвариантной причины изменений в работе рассматривается *динамика солнечной активности*.

Предварительный расчёт функции спектральной плотности диагностической части ряда ПРА – спектральный анализ – действительно показывает наличие в структуре ряда мощной 12-месячной компоненты (рис. 6).



**Рис. 6. График функции спектральной плотности диагностической компоненты ряда ПРА**

Мода с периодом  $T = 12$  месяцев осложняет анализ других колебательных компонент с меньшей удельной дисперсией. Поэтому удалим 12-месячную компоненту из структуры изучаемого ряда, описав регрессионным уравнением, учитывающим её амплитудную (АМ) и фазовую (ФМ) модуляцию:

$$Pd = A1 \cdot \cos(B1 \cdot d + C1) \cdot \cos((0,523599 \cdot d + C2 \cdot \cos(B3 \cdot d + C3))) + Z.$$

Коэффициенты модели представлены в табл. 3.

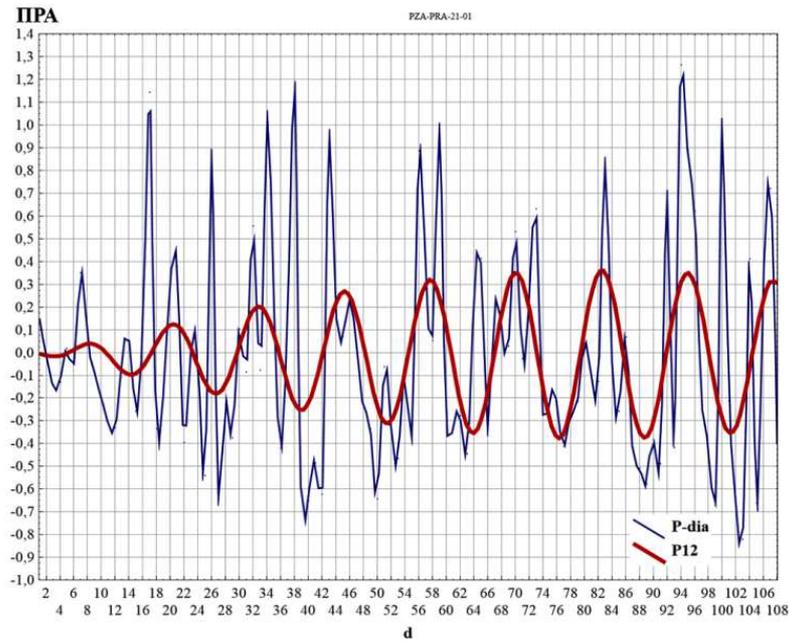
**Таблица 3**

**Коэффициенты регрессионной модели 12-месячной моды диагностической части ряда ПРА**

Model: Pd=A1*cos(B1*d+C1)*cos((0,523599*d+C2*cos(B3*d+C3))... (PZA-PRA-21-01)							
Dep. var: Pd Loss: (OBS-PRED)**2							
Final loss: 19,614191679 R= ,42960 Variance explained: 18,455%							
N=108	<b>A1</b>	<b>B1</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>B3</b>	<b>C3</b>	<b>Z</b>
<b>Estimate</b>	0,369388	-0,019350	1,598828	111,3358	-0,000174	-1,54965	-0,008721

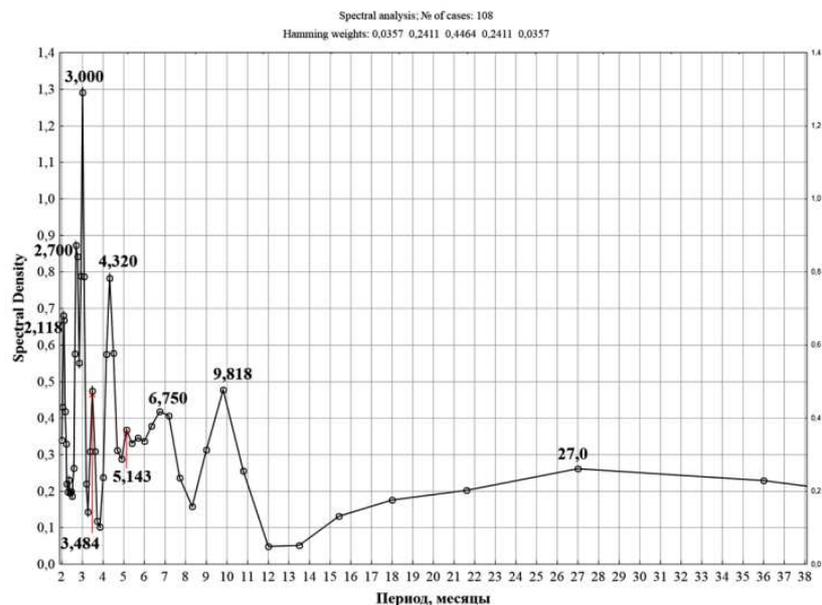
Без использования амплитудной модуляции моды, но с использованием фазовой её модуляции или с использованием только АМ без ФМ, результат формального приближения хуже ( $R = 0,384$ ).

В графическом виде многолетний ход диагностической компоненты ряда ПРА и её 12-месячной моды (с учётом АМ и ФМ) показан на рис. 7.



**Рис. 7. Ход диагностической компоненты поля ПРА и его 12-месячной моды**

Далее вычтем из исходного ряда диагностической компоненты ПРА значения 12-месячной моды и вновь выполним спектральный анализ полученной трансформанты. Результаты расчёта функции спектральной плотности ряда представлены на рис. 8.

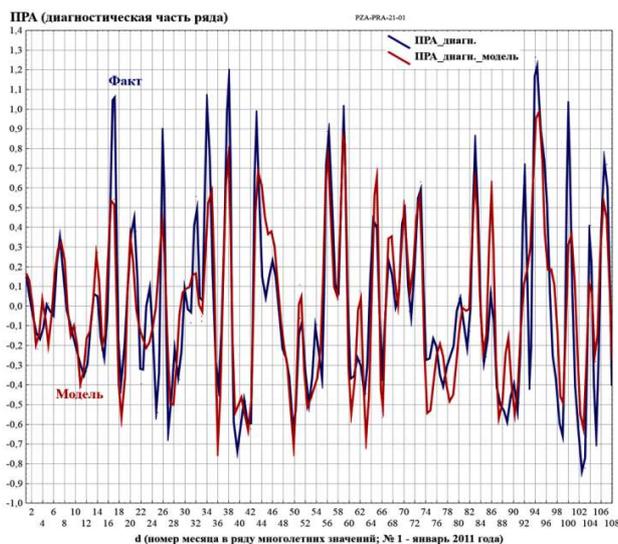


**Рис. 8. График функции спектральной плотности диагностической компоненты ряда ПРА после удаления 12-месячной колебательной моды**

Итак, динамику диагностической компоненты изучаемого ряда определяют колебательные моды со следующими величинами периодов (месяцы): 2,1176; 2,700; 3,000; 3,4839; 4,320; 5,1429; 6,750; 9,8182; 12; 27. Правда, не все из перечисленных расчётных периодов достоверны в равной степени.

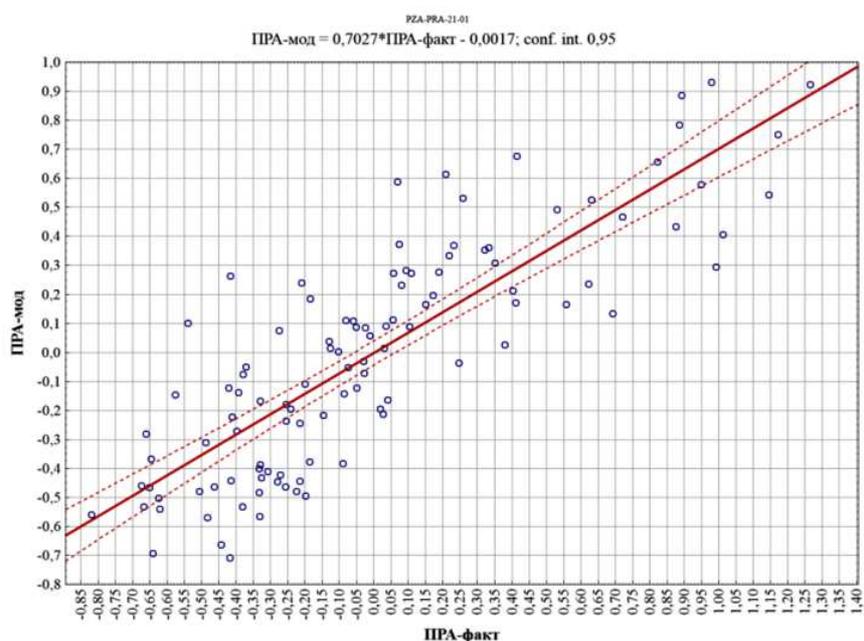
Сопоставим результаты данного расчёта с выполненной ранее оценкой периодов основных колебательных компонент, исчисляемых в сутках, в рядах показателей солнечной активности – величинах  $F10,7$  и  $W$ : (месяцы / сутки): 2,1176 (25,411); 2,700 (32,4); 3,000 (36); 3,4839 (41,807); 4,320 (51,84); 5,1429 (61,715); 6,750 (81); 9,8182 (117,818); 12 (144); 27 (324). Следует констатировать, что в спектральной картине многолетней изменчивости индексов солнечной активности и индекса состояния приземной атмосферы есть, по крайней мере, *пересечения* (численные различия установленных периодов могут объясняться различной исходной длиной изучаемых рядов – объёмами выборок; последние отличаются в 20 раз). Этот эмпирический факт может означать, что изучаемые процессы состоят в отношениях причины и следствия (1), либо что их многолетняя динамика синхронизирована под влиянием третьего, более мощного и вынесенного за пределы изучаемой системы процесса (2). Кроме того, подобное совпадение может быть случайным. Видимо, к обсуждению следует принять первую гипотезу из сформулированных.

Используя полученные периоды, построим формальную поликомпонентную модель диагностической части ряда ПРА ( $R = 0,838$ ). В данной публикации в явном виде указанная модель не приводится. Отметим только, что при построении модели тестировались различные варианты представления единичных колебательных мод, входящих в набор, но большей величины  $R$  достичь не удалось. Многолетний ход фактических значений диагностической части ряда ПРА и её модельных значений представлен на рис. 9.



**Рис. 9. Многолетний ход фактических и модельных значений диагностической компоненты ряда ПРА**

Оценку качества модели отражает рис. 10 ( $P / P_{mod}$ :  $r^2 = 0,7027$ ).

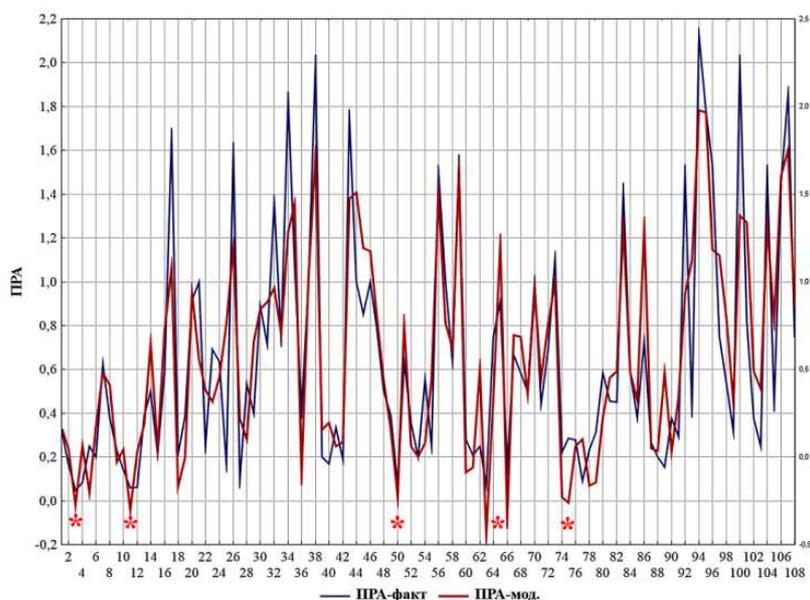


**Рис. 10. Оценка степени (силы) линейной корреляции фактических и модельных значений ряда ПРА**

Согласно рис. 10, качество приближения фактических значений модельными следует признать удовлетворительным, причём на всём интервале дисперсии рассматриваемых значений.

Многолетний ход фактических и модельных значений *полного поля* ПРА представлен на рис.11. Вынесенные в поле графиков обозначения «\*» соответствуют формально отрицательным значениям рассматриваемого индекса (5,6 % от всего объёма выборки). Поскольку данный результат противоречит физическому смыслу индекса, при использовании модели для прогноза отрицательные значения должны интерпретироваться как ПРА = 0 (максимальное самоочищение приземной атмосферы).

В целом, подобную «погрешность» приближения данных следует признать приемлемой для формулировки качественных заключений и иных закономерностей. Кроме того, использование модельных значений, как правило, не выводит значения индекса ПРА за пределы его трех основных интервалов: 0...1 – хорошие условия для рассеивания загрязняющих веществ (ЗВ); 1...2 – в целом, неблагоприятные условия для рассеивания примесей; более 2 – неблагоприятные и крайне неблагоприятные условия для рассеивания примесей.

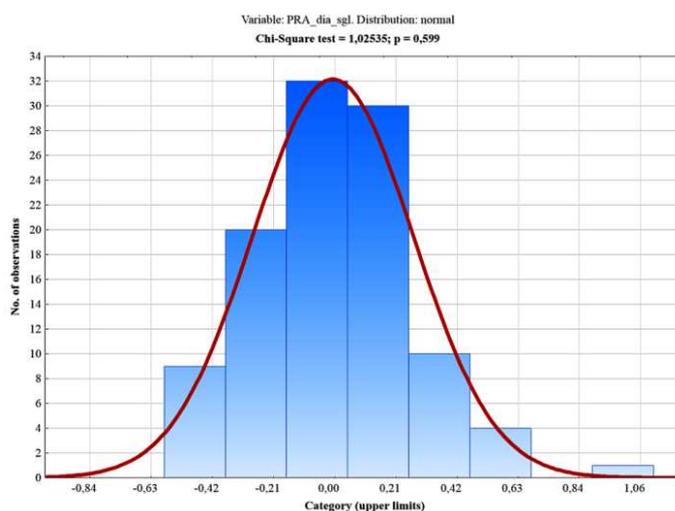


**Рис. 11. Многолетний ход фактических и модельных значений индекса самоочищения приземной атмосферы ПРА**

Выполним расчёт статистик диагностической части ряда ПРА и значений т.н. «уровней тревоги», т.е. критериев формального выделения аномалий изучаемого поля. Использование данных критериев позволит оценить эмпирическую повторяемость аномалий, детектируемых на каждом уровне.

Для расчёта базовых статистик выполнено сглаживание диагностической части ряда ПРА скользящим окном Р.В. Хэмминга длиной 3 позиции, и полученная трансформанта использована для дальнейших расчётов.

Гистограмма распределения последних значений поля ПРА представлена на рис. 12.



**Рис. 12. Гистограмма распределения величин сглаженной диагностической компоненты ряда ПРА**

Результаты расчёта базовых статистик компоненты ряда представлены в табл. 4.

Таблица 4

**Величины основных статистик  
диагностической компоненты ряда ПРА**

Descriptive Statistics (PZA-PRA-21-01)							
Valid N	Mean	Median	Mode	Frequency of Mode	Minimum	Maximum	Variance
106	-0,006326	-0,001630	Multiple	1	-0,587127	0,926777	0,077134
Variance	Std.Dev.	Coef.Var.	Standard Error	Skewness	Std.Err. Skewness	Kurtosis	Std.Err. Kurtosis
0,077134	0,277731	-4390,21	0,026976	0,212643	0,234640	0,331454	0,465198

Обращает на себя внимание достаточное – для дальнейших рассуждений – совпадение значений моды и медианы, а также близость последних нулевому значению. Однако именно последнее обстоятельство делает коэффициент вариации данных ( $V$ ) столь большим.

Проверка гипотезы о соответствии статистического распределения одному из теоретических предполагает использование, например, критерия Пирсона ( $\chi$ -квадрат). В нашем случае (см. рис. 12) величина расчётной вероятности составляет 0,599, то есть превышает критический уровень 0,1, позволяющий принять или отвергнуть какую-либо гипотезу. Поэтому гипотезу о нормальном распределении сглаженных величин диагностической части ряда ПРА оставляем в работе.

Дополнительным условием применимости закона нормального распределения к описанию эмпирических данных будет выполнение критериев:

$$|A / \sqrt{(6/n)}| \leq 3 \text{ и } |E / 2 \cdot \sqrt{(6/n)}| \leq 3,$$

где  $A$  – асимметрия (*skewness*);  $E$  – эксцесс (*kurtosis*);  $n$  – объём выборки.

Оба критерия выполняются. Поэтому имеющиеся асимметрия и эксцесс эмпирической кривой признаются несущественными, а само статистическое распределение подчиняется нормальному закону.

Следовательно, и критерий Пирсона, и так называемые «геометрические критерии» позволяют считать распределение величин диагностической части ряда ПРА (и только её!) нормальным и потому применять к диагностической части критерий выделения аномальных участков «три сигмы».

Суть данного критерия заключается в следующем: размах колебаний любой нормально распределенной величины  $X$  не должен превышать с вероятностью  $p = 0,9973$  (или 99,73 %) утроенного значения среднего квадратического отклонения этой величины. В этом случае любое значение  $x_i$  из рассматриваемой выборки, отклонение которого от среднего не превышает  $3\sigma$ ,

считается практически вероятным, а значения, выходящие за пределы указанного диапазона, – аномальными.

Тогда в диапазон значений  $(m \pm 3 \cdot \sigma)$  попадает 99,73 % всех членов выборки; в диапазон  $(m \pm 2 \cdot \sigma)$  – 95,5 % значений; в диапазон  $(m \pm 1,64 \cdot \sigma)$  – 90 % значений; в диапазон  $(m \pm \sigma)$  – 68,2 % значений.

Практическая реализация метода «трёх сигм» с целью выделения аномальных интервалов диагностической части временного ряда ПРА представлена на рис. 13.



**Рис. 13. Выделение аномальных участков диагностической компоненты ряда ПРА методом «трёх сигм»**

Повторяемость каких-либо выделенных событий (например, превышений изучаемым параметром установленного уровня) определялась как отношение суммы временных интервалов, когда данное событие имеет место, к общей продолжительности ряда наблюдения, например:  $P_{A+} = \Sigma(t_{Ai+}) / (106 - 2) \times 100 \%$ . При подсчёте учитывалось количество единиц аргумента ряда (в нашем случае – месяцев), приходящееся на 1 см шкалы (2,443 мес. / 1 см шкалы).

Согласно рис. 13, наибольшее количество аномалий диагностической части ряда любого «знака», выделяемых на уровне 90 % ( $1,64 \cdot \sigma$ ), локализовано в окрестностях максимумов солнечной активности 24-го цикла – как основного (2012-2014 годы), так и локального (2017-2018 годы). Обращает на себя увеличение дисперсии диагностической части ряда ПРА (амплитуды колебаний значений индекса) в окрестностях указанных максимумов, что, видимо,

отражает универсальную закономерность.

Формальное детектирование аномалий на уровне, например, 90 % ( $1,64 \cdot \sigma$ ) при нормальном законе распределения изучаемых данных означает, что 90 % всей выборки находится в указанных границах и только 10 % всех значений (в сумме) выходит за установленные рубежи, причём с эмпирически равной вероятностью в обе стороны от уровня математического ожидания, являя собой область аномальных значений поля:  $(100 - 90)/2 = 5_{\pm} \%$ . Весьма близкие к указанному теоретическому значению величины вероятности получены и в нашем расчёте: 4,70 и 4,42 %. Отличие обусловлено погрешностью проведения уровней  $\pm 1,64 \cdot \sigma$  на рис. 13, а также погрешностью определения продолжительности каждой из учитываемых аномалий ( $t_{Ai\pm}$ ). В результате «неучтёнными» оказалось 0,89 % значений изучаемой выборки, что следует признать приемлемым результатом эмпирического анализа.

Кроме того, важно подчеркнуть, что вероятность появления аномалий данного типа ( $A_{\pm|90\%}$ ) на уровне 4-5 % формально соответствует одной аномалии конкретного «знака» в 20-25 месяцев, или в 2 года. Такой ритм характерен, например, для производственных отраслей с высокой скоростью оборачиваемости капитала, занимающих ведущее место в структуре современной «биржевой экономики». Отрасли хозяйства, ориентированные на реализацию инфраструктурных проектов, имеют другие – большие – характерные времена.

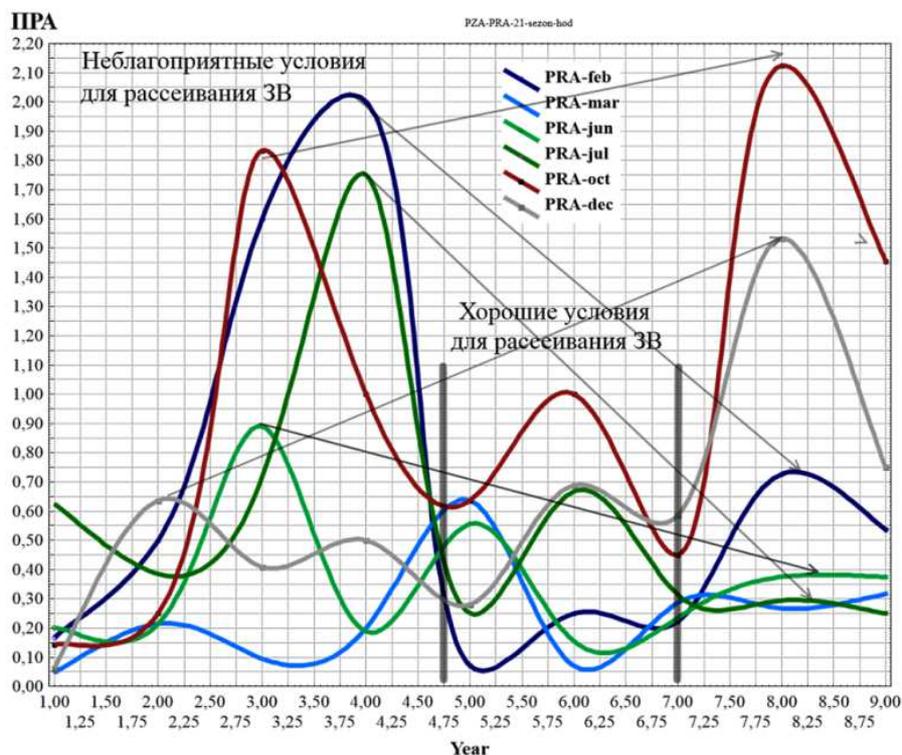
В рамках этой гипотезы, аномалии изучаемого поля, детектируемые на уровне 68,2 % ( $\sigma$ ) определяют повторяемость соответствующих аномалий в районе 16 %:  $(100 - 68,2)/2 = 15,9_{\pm} \%$ , что соответствует одной аномалии определённого «знака» приблизительно раз в 6 месяцев. Это вполне соответствует внутригодовому циклу хозяйственной деятельности, например, в аспекте грубого деления года на «тёплый» и «холодный» периоды.

Таким образом, чем ниже по величине уровень формального детектирования аномалий диагностической части поля ПРА, тем больший вклад в природу данных аномалий оказывает хозяйственно-экономическая деятельность человека. А чем выше уровень, тем больше вклад природных процессов и, прежде всего, видимо, солнечной активности, точнее потоков волнового и корпускулярного излучений Солнца, включая УФ, видимый и ИК диапазоны электромагнитного спектра.

Правда, сомнения в адекватности истолкования природы аномалий диагностической части поля ПРА всё же остаются, поскольку данный индекс, в большей степени, отражает ход и характер сочетания естественных процессов, определяющих степень самоочищения приземной атмосферы. Поэтому связывать природу аномалий напрямую с динамикой хозяйственно-экономических процессов, видимо, нецелесообразно. Необходимо искать мощный природный «ритмоводитель» с характерным временем около 2 лет (с тем, чтобы истолковывать аномалии типа  $A_{\pm|90\%}$ ).

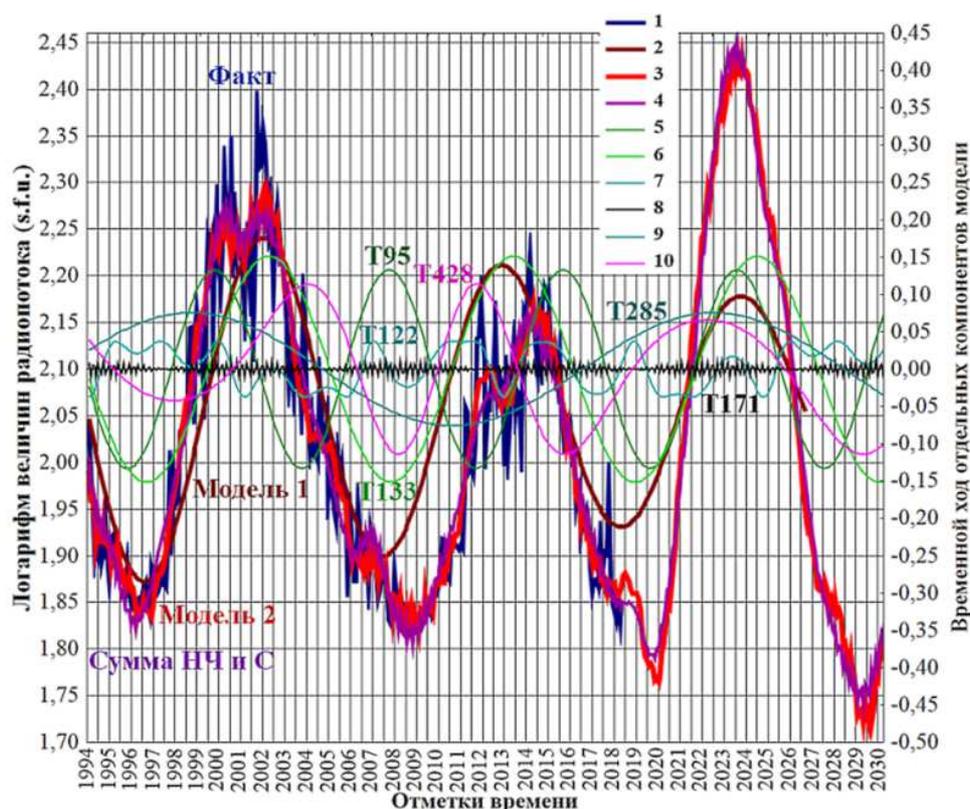
Завершая обсуждение, укажем повторно, что метод «трёх сигм» применяется исключительно к *диагностической* части изучаемого ряда.

На рис. 14 представлен многолетний ход индекса ПРА отдельных месяцев в течение 2011-2019 годов.



**Рис. 14. Многолетний ход индекса ПРА (2011-2019 годы) в выделенные месяцы**

Согласно рис 14, в 2012 – первых трёх четвертях 2014 годов, т.е. в максимум 24-го солнечного цикла, сохранялись выражено неблагоприятные условия для рассеивания загрязняющих атмосферу веществ (ЗВ) в феврале, летом и в октябре. С конца 2014 года по начало 2017 года, т.е. на спаде солнечной активности, поддерживались хорошие условия для рассеивания ЗВ, практически, во все сезоны года. А в финальной части 24-го цикла, в окрестности локального всплеска активности 2017-2018 годов (см. рис. 14), условия для рассеивания ЗВ вновь несколько ухудшились, за исключением октябрьской «трассы». Эту закономерность, видимо, можно экстраполировать и на соответствующие фазы 25-го цикла активности Солнца (рис. 15).



**Рис. 15. Временной ход фактических значений радиопотока (1), моделей ряда F10,7 (2, 3), а также мод низкочастотного блока тестируемой модели (4-10). В поле графиков вынесены величины периодов колебательных мод в месяцах**

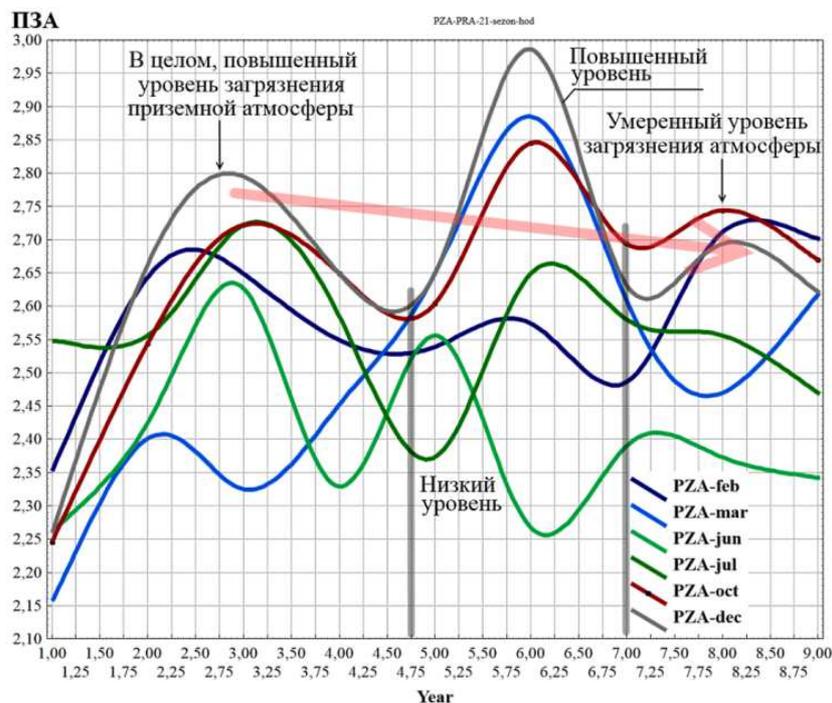
Таким образом, и выраженное, и локальное увеличение активности Солнца ухудшает условия для рассеивания ЗВ, представленных в приземной атмосфере. Резкое снижение солнечной активности, в целом, соответствует хорошим условиям рассеивания ЗВ для всех сезонов года.

Видимо, следует предположить (выдвинуть гипотезу), что способность приземной атмосферы к самоочищению находится в зависимости от фазы текущего цикла солнечной активности: активное Солнце выражено ухудшает естественную способность атмосферы к самоочищению, а спокойное Солнца увеличивает эту способность. При этом региональные циркуляционные процессы, конечно, определяются преимущественно земными характеристиками изучаемой ситуации, т.е. механизмами саморазвития циркуляции. Активность же Солнца служит триггерным (от англ. *trigger* – спусковой крючок оружия) механизмом подготовленных к реализации смен состояний атмосферной системы.

Действительно, согласно рис. 14, графики октября и декабря показывают даже увеличение вероятности загрязнения приземной атмосферы (по индексу ПРА) в 2018 году (локальный всплеск активности Солнца), по сравнению с фазой максимума солнечной активности в 2012-2014 годах, что, видимо,

обусловлено приоритетным вкладом в данный механизм именно земных процессов.

На рис. 16 представлен комплекс графиков, отражающих сезонный ход величин индекса ПЗА в течение 2011-2019 годов.



**Рис. 16. Многолетний ход индекса ПЗА (2011-2019 годы) в выделенные месяцы**

Согласно рис. 16, неблагоприятным условиям приземной атмосферы с точки зрения рассеивания ЗВ, в целом, соответствует в той или иной степени повышенный уровень загрязнения атмосферы для всех сезонов года. Кроме того, результаты зонирования рядов ПЗА совпадает с таковыми, полученными по рядам ПРА. То есть, максимум загрязнения атмосферы формально синхронизирован с максимумами солнечной активности в ходе 24-го солнечного цикла. Причём уровень загрязнения в фазе основного максимума, в целом, выше, чем уровень загрязнения в окрестности локального максимума 2018 года (летние месяцы и декабрь – сезонны выраженного снижения деловой и производственной активности). «Трассы» октября, февраля и, возможно, марта показали увеличение значений ПЗА в 2017-2019 годах против 2011-2013 годов, когда экономика РФ ещё преодолевала последствия глобального экономического кризиса 2008-2013 годов.

Действительно, наибольшую остроту события глобального экономического кризиса достигли к лету 2009 года. Уже 30 декабря 2009 года премьер-министр правительства РФ В.В. Путин заявил, что активная фаза кризиса преодолена, а 20 апреля 2010 допустил, что экономика страны вышла из острой

фазы рецессии и начала восстановления. В первом квартале 2010 года по темпам роста ВВП Россия находилась на 2-й позиции среди стран G8, уступая только Японии.

Поэтому 20 апреля, выступая в Государственной Думе РФ с отчётом правительства В.В. Путин заявил: «Рецессия в нашей экономике закончилась. Более того, у нас очень хорошие... стартовые условия для дальнейшего движения вперед. Это не значит, что кризис закончился, но рецессия закончилась» (<http://www.encyclopaedia-russia.ru/article.php?id=216>). Правда, по результатам 2013 года В.В. Путин вновь констатировал, что острая фаза кризиса преодолена, но «выздоровление» глобальной экономики будет долгим.

Следовательно, в фазе восстановительного роста российской экономики в 2014-2017 годах (см. рис. 13, 14, 16) наблюдался повышенный или умеренный уровень загрязнения приземной атмосферы во все сезоны года, за исключением июня. Это не противоречит ранее сделанным выводам по рядам индекса ПРА. Действительно, говоря в целом, фаза последней четверти 2014 года – начала 2017 года (когда специалисты вновь обратили внимание на усиление кризисных эффектов в экономике) отмечена хорошими условиями для рассеивания ЗВ. Правда, в последней трети 2015 года – 2016 году значения индекса ПРА вплотную подошли к границе неблагоприятных условий для рассеивания, однако, практически не превысили эту границу, за исключением октября. С учётом сказанного, восстановительный рост экономики РФ и обеспечил на этом отрезке времени повышенный уровень загрязнения атмосферы.

Таким образом:

1) зависимость от фаз солнечной активности – среднемесячных амплитудных величин уровней активности, в целом, устанавливается для индекса ПРА, а также для индекса ПЗА;

2) по-видимому, ряды значений индекса ПРА больше отражают природный потенциал региональной атмосферы к самоочищению (в силу самой композиции индекса), а ряда индекса ПЗА, помимо влияния Солнца, вполне адекватно отражают динамику региональной экономической активности и промышленного производства;

3) совместное использование различных вариантов представления индексов ПРА и ПЗА позволяет выполнить комплексную оценку экологических аспектов регионального природо- и ресурсопользования, учитывающую и динамику экологических трендов изучаемой территории, и её хозяйственно-экономических показателей.

### Библиографический список

1. Вычислительная математика и техника в разведочной геофизике: Справочник геофизика/ Под ред. В.И. Дмитриева. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Недра. 1990. 498 с.
2. Хемминг Р.В. Цифровые фильтры/ Пер. с англ. Ред. пер. О.А. Потапов. М.: Недра, 1987. 221 с.
3. Дэвис Дж. С. Статистический анализ данных в геологии. В 2-х книгах/ Пер. с англ. В.А. Голубевой. Под ред. Д.А. Родионова. М.: Недра. 1990.
4. Справочник по системотехнике/ Пер. с англ. Под ред. А.В. Шилейко. М.: Советское радио. 1970. 688 с.

УДК 316.4.051.2: 316.4.06

А.В. Волков, канд. техн. наук, доц., [wolkow.av@mail.ru](mailto:wolkow.av@mail.ru)

(Россия, Тула, ТулГУ)

Х.Т. Есоян, магистрант, [spl.@tsu.tula.ru](mailto:spl.@tsu.tula.ru)

(Россия, Тула, ТулГУ)

М.А. Шабалина, магистрант, [spl.@tsu.tula.ru](mailto:spl.@tsu.tula.ru)

(Россия, Тула, ТулГУ)

### АНАЛИЗ СЕЗОННОЙ ДИНАМИКИ ПОТЕНЦИАЛА ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ ВОДОСБОРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ С УЧЁТОМ ХОДА ИНДЕКСОВ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ

*Представлены результаты статистического анализа рядов расчётных величин потенциала загрязнения атмосферы и сформулированы закономерности сезонной динамики данного индекса, определяющего геохимическое состояние водосборных территорий.*

*Ключевые слова: изменения климата, приземная атмосфера, водосборные территории, загрязнение и самоочищение воздуха, потенциал загрязнения атмосферы, солнечная активность, статистические методы обработки рядов наблюдений.*

Порядок статистической обработки ряда расчётных значений индекса потенциала загрязнения атмосферы (ПЗА) аналогичен алгоритму обработки ряда ПРА. Речь также шла о корректировке «ураганных выбросов» в составе рядов, основаниях разделения изучаемых полей на фоновую и диагностическую части, удалении мощной сезонной составляющей рядов, их спектральном анализе и других процедурах [1-4].

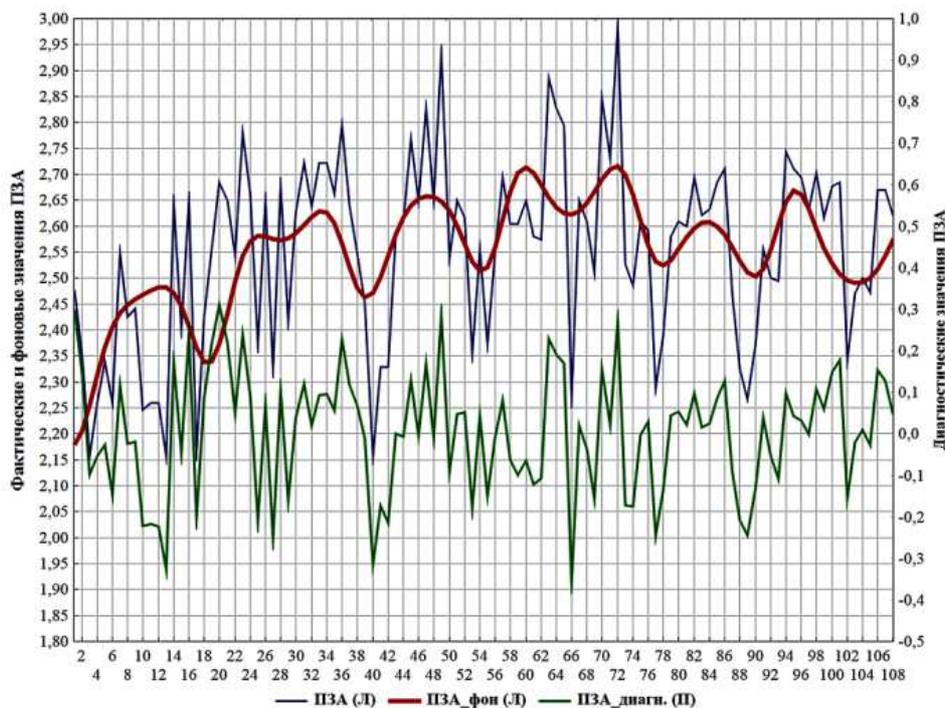
В первую исходный ряд величин ПЗА сглаживался скользящим средним длиной 3 позиции с весами Р.В. Хэмминга; итогом процедуры является компонент поля, подходящий для разработки формальной модели фона изучаемого ряда.

Применяемое в расчёте регрессионное уравнение фона ряда ПЗА имеет следующий вид:

$$\begin{aligned} \text{ПЗА}_{\text{фон}} = & -2,42272 \cdot \cos(-0,0000555 \cdot d - 1,52808) \cdot \cos((0,020944 \cdot d - \\ & - 3,33771 \cdot \cos(-0,170006 \cdot d + 1,726047))) + 106,2141 \cdot \cos(-0,015248 \cdot d + \\ & + 1,599689) \cdot \cos(0,000035 \cdot d + 1,564722) + 2,291117, \end{aligned}$$

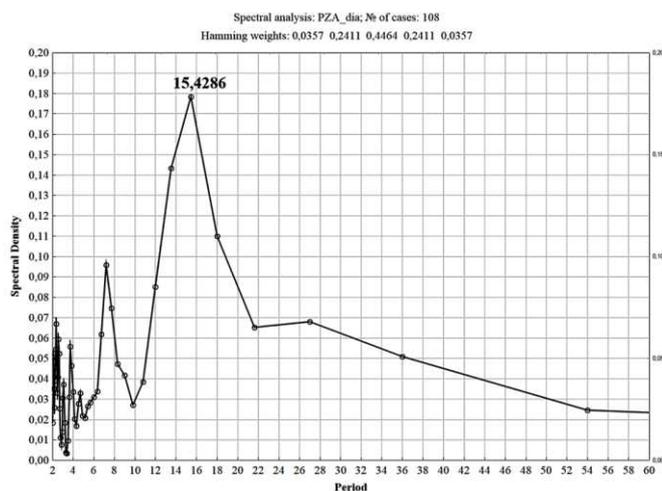
где  $d$  – общий аргумент всех изучаемых рядов, представляющий собой номер месяца, начиная с 1 января 2011 года.

Вычтем из исходного ряда ПЗА фоновую компоненту; получим диагностическую часть изучаемого ряда, которая, в основном, и подлежит дальнейшему анализу. Ход фактических значений поля ПЗА, значений его фоновой и диагностической компонент представлен на рис. 1.



**Рис. 1. Многолетняя динамика фоновой и диагностической компонент ряда ПЗА, а также исходных значений ряда**

Выполним предварительный спектральный анализ диагностической компоненты ряда, или одномерного поля, ПЗА с тем, чтобы установить наличие (или отсутствие) в композиции ряда особенно мощной регулярной составляющей (рис. 2).



**Рис. 2. Функция спектральной плотности, или энергетический спектр, диагностической компоненты ряда ПЗА**

На рис. 2 обращает на себя внимание следующее обстоятельство: в отличие от диагностической компоненты ряда ПРА, в котором максимальная удельная энергия приходилась на 12-месячную компоненту, в ряду ПЗА на данном этапе обработки данных наиболее мощно проявляет себя мода с  $T = 15,4286$  месяцев (обозначим её  $P15$ ). Осуществим режекцию, или удаление, моды из композиции ряда и вновь выполним его спектральный анализ.

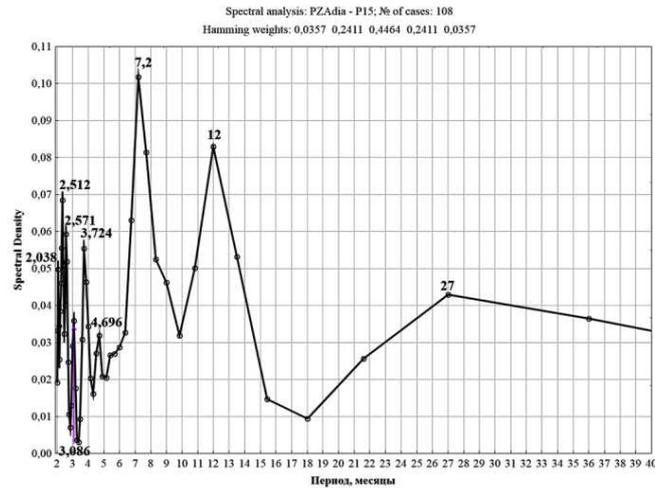
Регрессионная модель колебательной моды  $P15$  имеет вид:

$$P15 = 0,12579 \cdot \cos(0,012617 \cdot d + 0,141978) \cdot \cos(0,407243 \cdot d - 59,344127 \cdot \cos(-0,00015501 \cdot d + 1,552055)) + 0,002112.$$

Вычтем из ряда диагностической компоненты ПЗА значения моды  $P15$  и выполним спектральный анализ (расчёт функции спектральной плотности) полученной трансформанты (рис. 3).

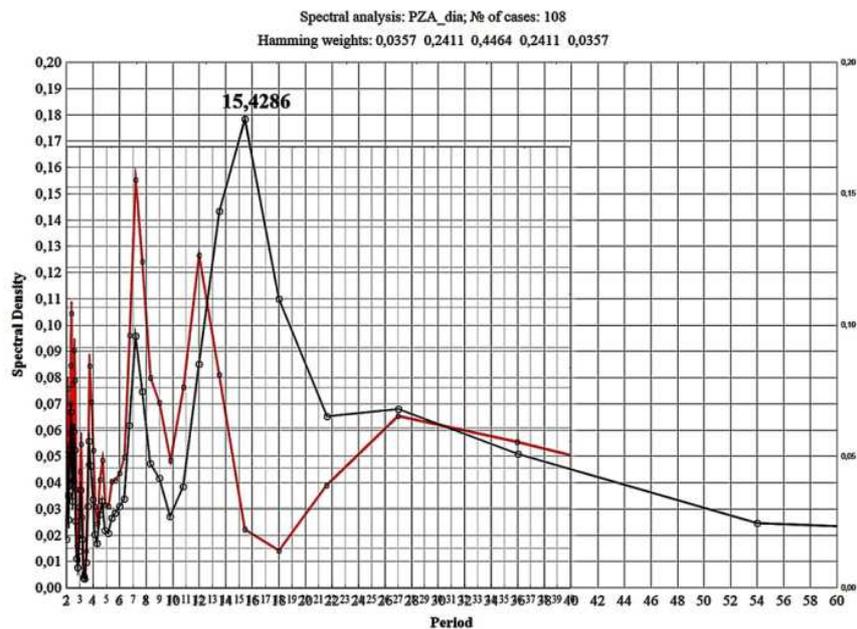
Согласно рис. 3, в составе ряда ПЗА также обнаруживается мода с периодом колебаний около 12 месяцев, хотя следует отметить, что её детектирование по ряду длиной 108 позиций – небезупречно. Тем не менее, на уровне гипотезы допустим, что подобная мода в составе ряда ПЗА присутствует.

Следует сказать, что в спектре ПРА мода  $T = 9,818$  месяцев также маскировалась более мощной соседней компонентой. В целом, в спектре ПРА высокая доля энергии ряда приходится на *наиболее высокочастотные*, возможно, шумоподобные моды, а в спектре ПЗА вклад высокочастотных мод существенно меньше. В ряду ПЗА заметная доля энергии приходится на *среднечастотные моды* (с  $T$  более 6 месяцев). В этой связи необходимо допустить, что многолетний ход ПЗА несколько более закономерен (детерминирован каким-либо сторонним процессом), по сравнению с ходом диагностической части индекса ПРА.



**Рис. 3. График функции спектральной плотности диагностической компоненты ряда ПЗА с удалённой из состава ряда модой P15 (на график вынесены величины периодов колебательных мод в месяцах)**

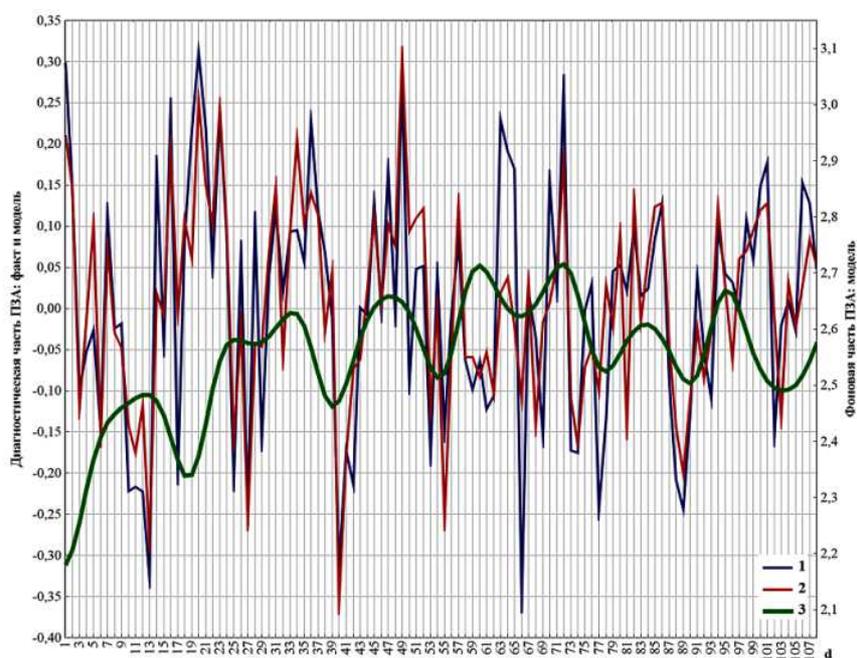
На рис. 4 представлен оверлей, т.е. совмещение в одном поле двух изображений – исходного спектра и спектра диагностической компоненты ПЗА с удалённой 15-месячной модой. Ось аргументов – значения функции спектральной плотности исходной диагностической компоненты ПЗА.



**Рис. 4. Совмещение в одном поле графиков функций спектральной плотности диагностических компонент рядов ПЗА до (исходный спектр чёрного цвета) и после (спектр красного цвета) удаления из них мод с максимальной удельной энергией**

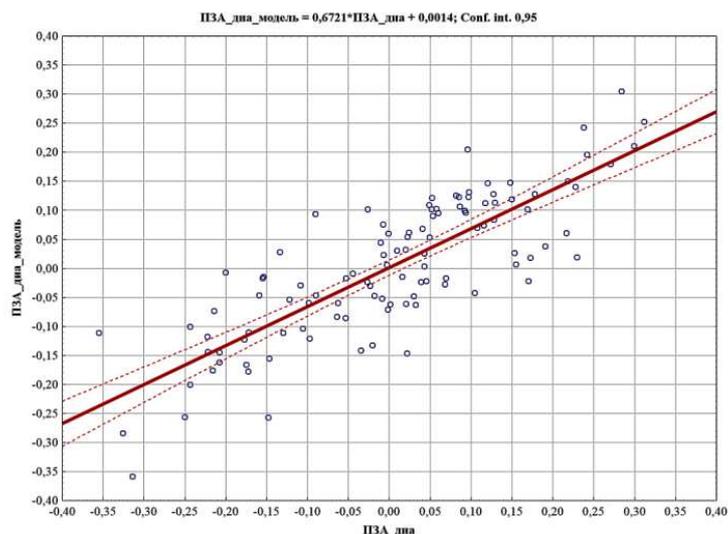
Согласно рис. 4, режекция 15-месячной моды позволяет достоверно выделять мощную 12-месячную моду, которая ранее «маскировалась» ещё более мощной соседней, а также предположить наличие 27-месячной колебательной компоненты.

По результатам расчёта периодов колебательных мод, сформирована линейная модель диагностической компоненты ряда ПЗА ( $R = 0,820$ ), которая в явном виде в данной публикации не приводится. Многолетний ход фактических и модельных значений диагностической части ряда ПЗА, а также модельных значений фоновой части того же ряда представлен на рис. 5.



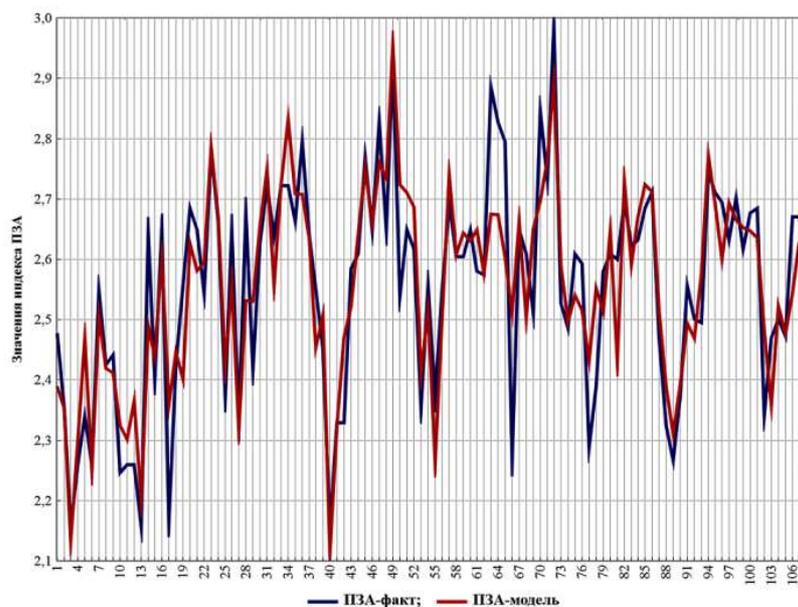
**Рис. 5. Многолетний ход компонент ряда ПЗА: 1 – фактические значения диагностической компоненты ПЗА; 2 – модельные значения диагностической компоненты; 3 – модельные значения фоновой компоненты ряда ПЗА**

Рассмотрим линейную регрессию между фактическими и модельными значениями ряда ПЗА (рис. 11).



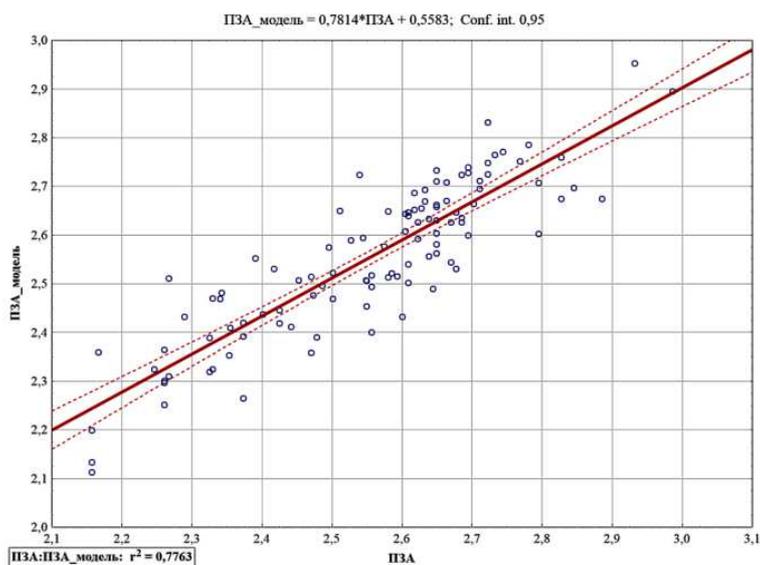
**Рис. 11. Линейная регрессия фактических и модельных значений диагностической компоненты ПЗА с оценкой её качества ( $r^2 = 0,672$ )**

Многолетний ход значений исходного ряда ПЗА и его модельного образа представлен на рис. 12.



**Рис. 12. Многолетний ход фактических и модельных значений полного ряда ПЗА**

Линейная регрессия фактических и модельных значений индекса ПЗА с оценкой тесноты линейной связи параметров представлена на рис. 13.



**Рис. 13. Линейная регрессия фактических и модельных значений полного ряда ПЗА**

Добавим, что коэффициент детерминации фактических и модельных значений ряда ПРА составлял 0,756 ( $PRA:PRA\_mod: r^2 = 0,756$ ), что несколько меньше его значения в случае ПЗА. Это обстоятельство не противоречит ранее высказанному соображению, согласно которому поведение ряда ПЗА более выражено детерминировано каким-либо мощным процессом, по сравнению с рядом ПРА. Для диагностических компонент рассматриваемых рядов справедливо противоположное заключение ( $Pdia:Pdia\_mod: r^2 = 0,703$ ;  $PZdia:PZdia\_mod: r^2 = 0,6721$ ). Таким образом, взятый в целом, многолетний ход ряда ПЗА более детерминирован, по сравнению с рядом ПРА (что и отражает рис. 13). Однако диагностическая компонента ПЗА ведёт себя менее предсказуемо, по сравнению с диагностической компонентой ряда ПРА. Возможно, их поведение обусловлено качественно различными процессами-модификаторами, например, экономической деятельностью человека (в первом случае) и солнечной активностью (во втором случае).

Далее сгладим фактические значения диагностической части ряда ПЗА скользящим окном длиной 3 позиции с весами Р.В. Хэмминга и выполним расчёт базовых статистик названной компоненты ряда. Гистограмма трансформанты диагностической компоненты ряда ПЗА приведена на рис. 14, а численные значения статистик ряда – в табл. 1.

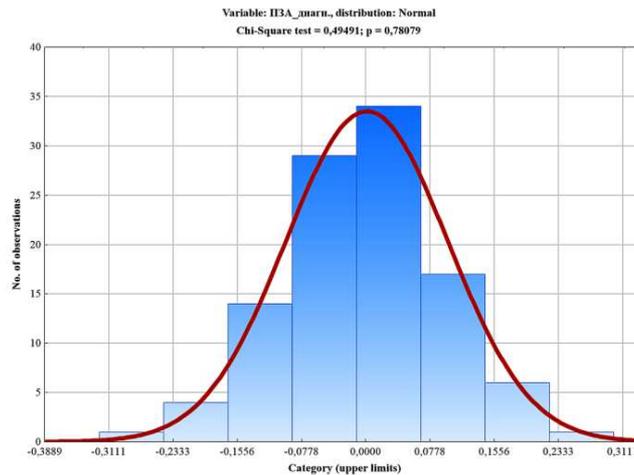


Рис. 14. Гистограмма диагностической компоненты исходного ряда ПЗА, сглаженной скользящим окном Хэмминга

Таблица 1

**Величины базовых статистик  
диагностической компоненты ряда ПЗА**

Descriptive Statistics (PZA-PRA-21-01)								
Variable	Valid N	Mean	Median	Mode	Frequency of Mode	Minimum	Maximum	Variance
PZdiasgl	106	0,001319	0,000622	Multiple	1	-0,255019	0,248389	0,009648
	Std.Dev.	Coef.Var.	Standard Error	Skewness	Std.Err. Skewness	Kurtosis	Std.Err. Kurtosis	
	0,098222	7448,829	0,009540	-0,133584	0,234640	0,031551	0,465198	

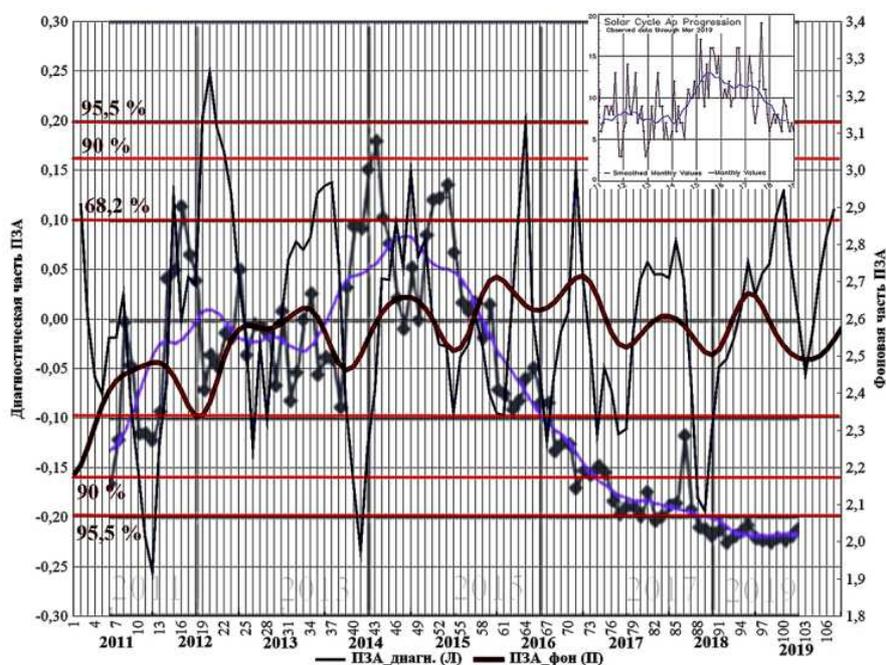
В данной таблице после величины коэффициента вариации (*Coef.Var.*; *V*) следует величина стандартной ошибки оценки среднего, или математического ожидания ряда (*Std.err.of mean*).

Отметим, что величина коэффициента вариации столь существенна, поскольку математическое ожидание близко к нулю, а именно на него делится среднее квадратическое отклонение ( $\times 100\%$ ). А математическое ожидание близко к нулю, потому что именно этого результата мы и добивались, деля исходный ряд на фоновую и диагностическую части. Но диагностическая часть – не шум. Действительно, имеет место околонулевое среднее и равная вероятность отклонения от среднего в большую и меньшую стороны, но амплитуда колебаний – никак не константа, даже оцениваемая приблизительно. Поэтому коэффициент вариации данных в нашем случае столь велик.

Анализ гистограммы изучаемого ряда, отражающей распределение данных по нормальному закону, и расчёт базовых статистик открывает возможность формального детектирования аномалий диагностической компоненты ряда ПЗА (с добавленной прогнозной частью) методом «трёх сигм», речь о котором велась ранее.

Ход диагностической части ПЗА с указанием уровней детектирования аномалий поля, совмещённый с графиком хода радиоизлучения Солнца на частоте 2,8 ГГц (подложка оверлея), представлен на рис. 15. На врезке представлен многолетний ход геомагнитного индекса  $A_p$ , отражающего состояние приземного поля Земли. По-видимому, фоновая и диагностическая части поля ПЗА более тесную связь демонстрируют не с первичным воздействием – радиоизлучением Солнца, а с его важнейшим следствием – вариациями приземного геомагнитного поля, точнее говоря, с результатами влияния возмущений поля на самочувствие, здоровье и трудоспособность человека и общества. Однако этот аспект анализа требует более глубокой проработки.

Согласно рис. 15, аномалии поля ПЗА, выделяемые на уровне 90 %, приурочены к экстремумам поля геомагнитного индекса  $A_p$ . Например, выраженный минимум поля  $A_p$  последнего квартала 2011 года, в целом, соответствует «отрицательной» аномалии диагностической части поля ПЗА; а выраженный максимум поля  $A_p$  первого квартала 2012 года – «положительной» аномалии компоненты ПЗА. Близкая ситуация соответствует началу 2014 года. Однако, как мы уже отмечали, многолетний ход индекса ПЗА чувствителен к промышленной динамике в изучаемом регионе (более чувствителен, по сравнению с ходом индекса ПРА). Поэтому интерпретировать все установленные аномалии поля ПЗА исключительно в контексте влияния на атмосферу солнечной активности оснований, видимо, нет.



**Рис. 15. Детектирование аномалий диагностической компоненты ряда ПЗА методом «трёх сигм» (подложка – ход радиоизлучения Солнца на частоте 2,8 ГГц)**

Коротко отметим, что подобный алгоритм обработки исходных эмпирических данных был применён и к рядам радиоизлучения Солнца на частоте 2,8 ГГц ( $F10,7$ ), а также величин относительных чисел Р. Вольфа ( $W$ ). В результате получены т.н. диагностические компоненты указанных рядов, которые использовались для дальнейшего анализа.

Итак, на данном этапе расчёта нами эмпирически выделены и формально описаны диагностические компоненты рядов ПРА, ПЗА,  $W$  и  $F10,7$ . Это позволяет обратиться к процедуре расчёта и анализа коэффициентов матрицы парных линейных корреляций *фактических значений диагностических компонент* изучаемых рядов (табл. 2), а также коэффициентов *модельных значений* данных компонент (табл. 3).

Таблица 2

**Матрица парных линейных корреляций исходных диагностических компонент изучаемых рядов**

Correlations (PZA-PRA-21-01)						
Marked correlations are significant at $p < ,05000$						
N=108 (Casewise deletion of missing data)						
Variable	Means	Std.Dev.	P-dia	PZdia	Fdia	Wdia
P-dia	-0,005570	0,47413	1,000000	0,314002	-0,023022	0,006409
PZdia	0,004292	0,14718	0,314002	1,000000	-0,115142	-0,165192
Fdia	-0,452810	10,61954	-0,023022	-0,115142	1,000000	0,691181
Wdia	-0,253076	10,00057	0,006409	-0,165192	0,691181	1,000000

В следующей таблице приведены величины парной корреляции модельных значений диагностических компонент изучаемых рядов за 2011-2019 годы (полных лет  $9 \times 12 = 108$  месяцев, что и отражает параметр  $N$ ).

Таблица 3

**Матрица парных линейных корреляций модельных диагностических компонент изучаемых рядов**

Correlations (PZA-PRA-21-01)						
Marked correlations are significant at $p < ,05000$						
N=108 (Casewise deletion of missing data)						
Variable	Means	Std.Dev.	Pmod	PZdimod	Fdiamod	Wdiamod
Pmod	-0,005570	0,397438	1,000000	0,207941	-0,063093	-0,058439
PZdimod	0,004292	0,120663	0,207941	1,000000	-0,053999	-0,245280
Fdiamod	-0,452796	8,879681	-0,063093	-0,053999	1,000000	0,481999
Wdiamod	-0,253076	8,455836	-0,058439	-0,245280	0,481999	1,000000

Кроме того, в табл. 4 представлены коэффициенты парной линейной корреляции *исходных полных рядов* всех изучаемых параметров: индексов состояния приземной атмосферы – ПРА и ПЗА, а также индексов солнечной активности – величин радиоизлучения Солнца на частоте 2,8 ГГц (длине волны 10,7 см;  $F10,7$ ) и относительных чисел Вольфа ( $W$ ).

Таблица 4

Матрица парных линейных корреляций изучаемых рядов

Correlations (PZA-PRA-21-01)						
Marked correlations are significant at $p < ,05000$						
N=108 (Casewise deletion of missing data)						
Variable	Means	Std.Dev.	PRA	PZA	F10,7	W
PRA	0,6490	0,52303	1,000000	0,416538	-0,058263	-0,068290
PZA	2,5539	0,17816	0,416538	1,000000	-0,107465	-0,135638
F10,7	102,7694	27,98704	-0,058263	-0,107465	1,000000	0,969378
W	36,8315	26,77089	-0,068290	-0,135638	0,969378	1,000000

Согласно приведённым результатам расчётов, в исходных, никак не трансформированных вариантах рядов существует корреляция между параметрами солнечной активности и между индексами состояния атмосферы. Однако существенной корреляции между самими блоками не выявляется.

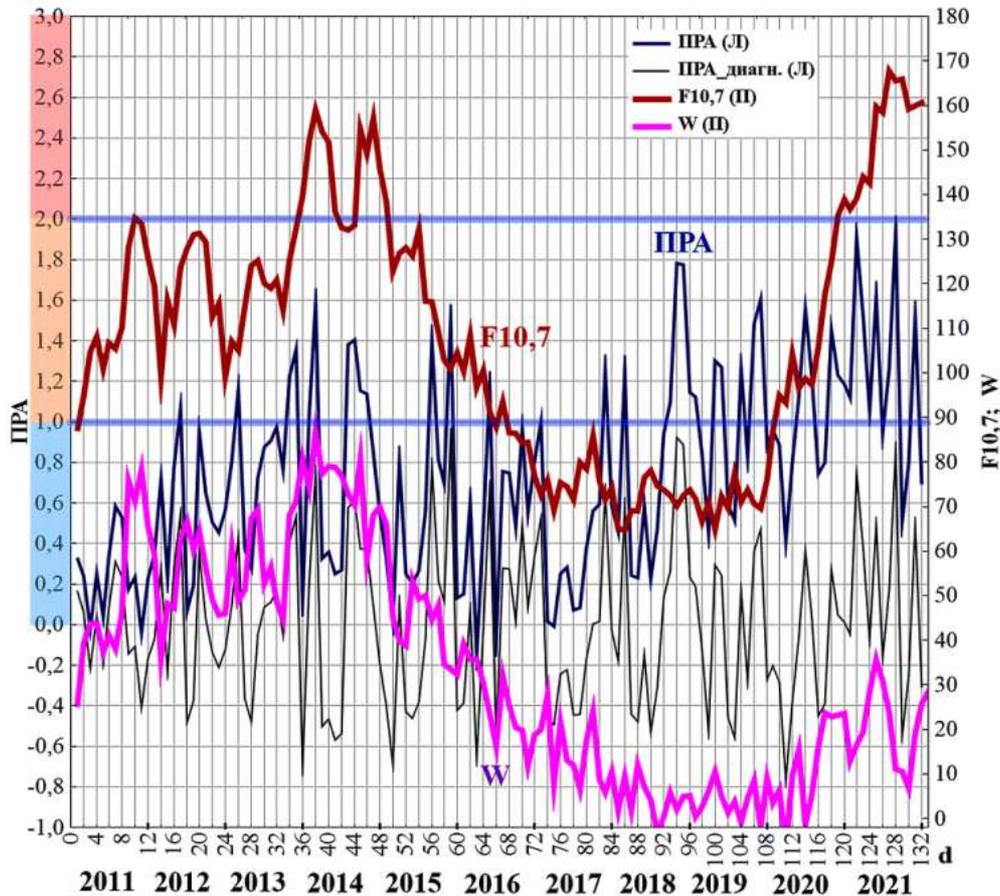
В варианте корреляции модельных значений диагностических составляющих рядов себя проявляет весьма слабая отрицательная корреляция компоненты ряда ПЗА и компоненты ряда *W*, то есть *высоким уровням* солнечной активности, в целом, формально соответствуют *низкие уровни диагностической* компоненты ряда ПЗА. А поскольку диагностическая компонента индекса ПЗА более чувствительна к динамике экономических процессов и производственному циклу, то снижение уровня загрязнения атмосферы, видимо, следует связывать со снижением деловой активности в условиях социально-экономической нестабильности, приходящейся как раз на максимум цикла солнечной активности (максимум *W*) – третью фазу историометрического цикла А.Л. Чижевского.

Диагностическая компонента ряда ПРА отражает динамику естественной способности приземной атмосферы к самоочищению. Тем не менее, *выраженной* связи с ходом солнечной активности она не продемонстрировала. Возможно, с фазами солнечной активности связаны лишь *наиболее контрастные аномалии* поля ПРА, детектируемые на уровне не менее 90 %.

На рис. 16 представлен многолетний ход и прогноз модельных значений индексов солнечной активности и естественного потенциала рассеивания атмосферы (ПРА).

Согласно рис. 16, величины индекса ПРА постепенно смещаются из области значений, соответствующих хорошим условиям рассеивания загрязняющих атмосферу веществ ( $0 < \text{ПРА} \leq 1$ ), в область значений, соответствующих, в целом, неблагоприятным – но не экстремальным – условиям рассеивания загрязняющих веществ ( $1 < \text{ПРА} \leq 2$ ). По-видимому, это не противоречит региональным трендам глобального потепления, в т.ч. снижению средней скорости ветра, рассматриваемого как мощный фактор самоочищения воздуха. Возможно также, что экстремумы низкочастотной колебательной компоненты

ряда ПРА проявляют связь с динамикой солнечной активности (точнее, величиной её градиента): максимумы ПРА приурочены к максимальной скорости нарастания активности Солнца, а минимум – к максимальной скорости снижения активности Солнца.



**Рис. 16. Результаты прогноза значений индексов ПРА, F10,7 и W на 2021 год**

Поэтому для модельного ряда значений ПРА, содержащего и прогнозную часть, рассчитаем *среднемесячный градиент параметра*, сгладим полученную трансформанту окном Р.В. Хэмминга длиной 31 позицию и выделим *единичную фоновую моду* последней трансформанты.

Уравнение этой моды таково:

$$PrGr31sgr = -0,389762 \cdot \cos(-0,00001743 \cdot d - 4,66865) \cdot \cos(0,080791 \cdot d - 1,29098 \cdot \cos(-0,009392 \cdot d + 0,676246)) + 0,005083.$$

Аналогично поступим с модельным рядом (с прогнозной частью) индекса ПЗА:

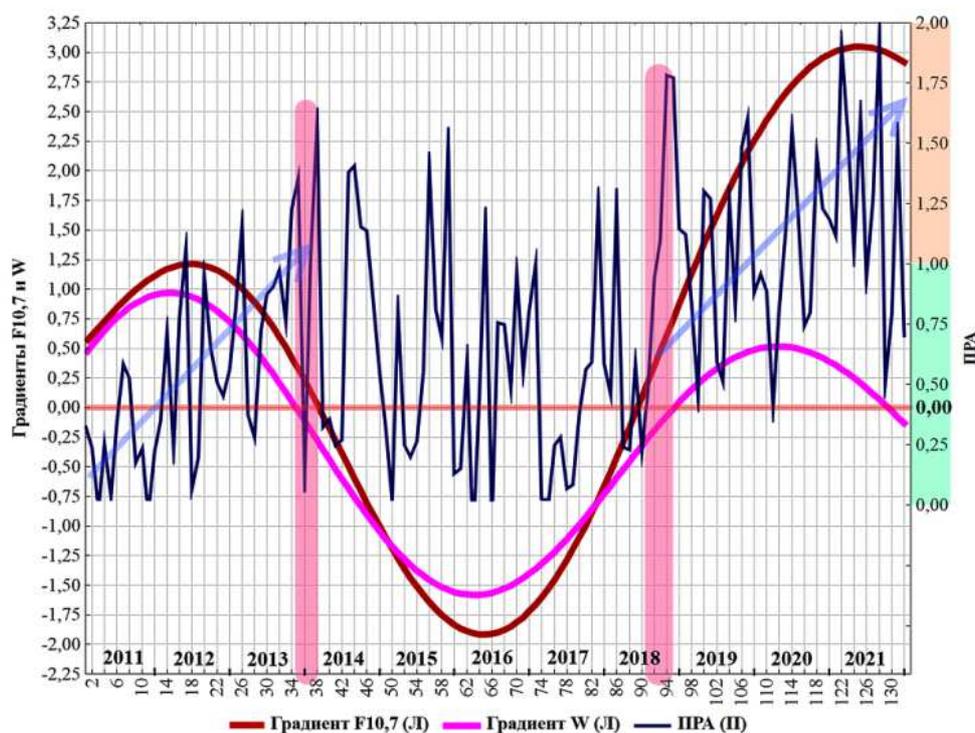
$$Pz = -5,20605 \cdot \cos(-0,00002691 \cdot d - 1,56875) \cdot \cos(0,080791 \cdot d + 130,8863 \cdot \cos(-0,0001011 \cdot d - 1,55883)) - 0,0000568;$$

Аналогично поступим с модельными рядами (с прогнозной частью) индексов  $F_{10,7}$  и  $W$ :

$$F31s_{gl} = 3,097225 \cdot \cos(-0,018942 \cdot d + 1,676868) \cdot \cos(0,046165 \cdot d + 0,348374 \cdot \cos(-0,020801 \cdot d + 1,45787)) + 0,820574;$$

$$Wgr31s_{gl} = 103,585483 \cdot \cos(-0,00004501 \cdot d - 1,5567) \cdot \cos(-0,066581 \cdot d + 72,25891 \cdot \cos(-0,00003035 \cdot d + 1,557098)) - 0,419397.$$

Ход индекса ПРА, а также сглаженных значений градиентов радиоизлучения Солнца ( $F_{10,7}$ ) и относительных чисел Вольфа ( $W$ ) представлен на рис. 17.

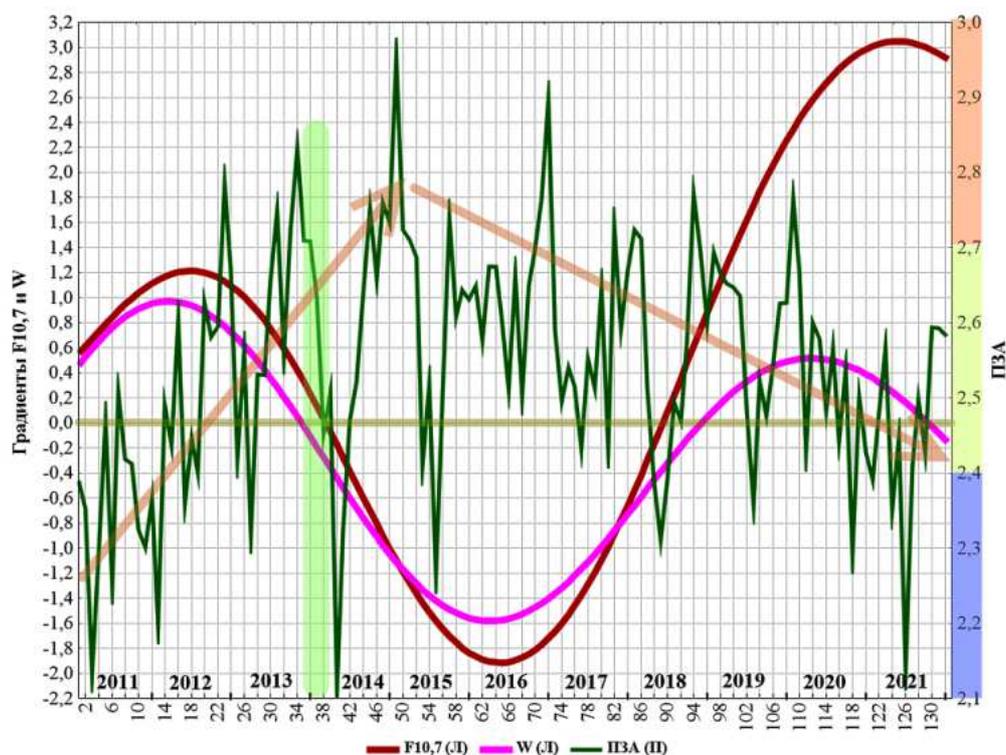


**Рис. 17. Многолетний ход величин индекса ПРА и единственных колебательных мод полей градиентов индексов солнечной активности ( $F_{10,7}$  и  $W$ )**

По-видимому, интервалам положительных значений градиентов соответствуют фазы роста индекса ПРА, а интервалам отрицательных значений — фазы снижения уровня ПРА. Кроме того, области максимальных величин ПРА тяготеют к околонулевым значениям градиентов солнечной активности, особенно градиента  $W$ . Рост способности приземной атмосферы к самоочищению в 2021 году формально коррелирует с большими значениями градиента  $F_{10,7}$

в начале 25-го солнечного цикла, по сравнению с аналогичной фазой 24-го цикла. Расчёты отражают десинхронизацию многолетнего хода градиентов  $F_{10,7}$  и  $W$ , начиная с 2018 года.

Ход градиентов и модельных значений индекса ПЗА представлен на рис. 18.



**Рис. 18. Многолетний ход величин индекса ПЗА и единственных колебательных мод полей градиентов индексов солнечной активности ( $F_{10,7}$  и  $W$ )**

Согласно рис. 18, следует отметить, что загрязнение приземной атмосферы увеличивалось по мере выхода РФ и Тульской области из экономического кризиса 2008-2013 годов (именно в августе 2013 года Президент РФ констатировал, что последствия кризиса практически полностью преодолены). В первой трети 2014 года формально совпали максимум самоочищения атмосферы и кризисные события вокруг Крыма («Крымская весна»). Однако в дальнейшем загрязнение атмосферы вновь быстро достигло повышенных уровней ( $2,7 < \text{ПЗА} \leq 3,0$ ). И далее, по-видимому, вне существенной связи с активностью Солнца, уровень загрязнения атмосферы снижался (на рис. 0. показано стрелкой). К середине 2021 года (июнь) ожидается резкое снижение уровня загрязнения атмосферы Тульской области, в некоторой степени, аналогичное ситуациям марта 2011 года и марта-апреля 2014 года, включая фактор максимального самоочищения атмосферы. Итак, закономерности многолетнего хода индекса ПЗА действительно в большей степени связаны с

*динамикой производственных процессов и социально-экономической ситуацией в регионе* и в меньшей степени – с ходом солнечной активности.

Следовательно, по результатам расчёта матрицы взаимных корреляций модельных значений параметров возможны следующие выводы.

1. Слабая, но формально значимая *отрицательная* корреляция поддерживается между рядами ПРА и относительных чисел Вольфа ( $W$ ): области максимальных значений  $W$  (максимуму солнечной активности), в целом, соответствуют невысокие величины индекса ПРА, т.е. *хорошие условия* для рассеивания примесей, и наоборот, хотя, как показывает более углублённый анализ, связь между рядами никак не является монотонной и простой. Другими словами, линейная корреляция автоматически не свидетельствует о наличии в паре изучаемых явлений причинно-следственных связей. Тем не менее, вполне возможно, что в фазе солнечного максимума и общество, и приземная атмосфера становятся более «переменчивыми», что способствует как уменьшению промышленной эмиссии загрязняющих веществ, так и лучшему самоочищению воздуха (и, возможно, эффективному «самоочищению» общества).

2. Аналогичным образом, слабая, но формально значимая *отрицательная* корреляция поддерживается между рядом ПЗА и величинами радиоизлучения Солнца на частоте 2,8 ГГц (длине волны 10,7 см; F): в фазе солнечного максимума уровень загрязнения атмосферы, в целом, снижается (ПЗА *уменьшается*). В данном случае связь между рядами также не является монотонной и простой, хотя, также объясняется положениями концепции солнечно-земных связей А.Л. Чижевского.

3. Существенная *положительная* связь сохраняется между рядами  $W$  и  $F$ , в то время как величина линейной корреляции индексов приземной атмосферы на интервалах 2011-2019 годов и 2011-2021 годов снижается (с  $r = 0,417$  при  $n = 108$  месяцам до  $r = 0,160$  при  $n = 126$  месяцам, где  $n$  – количество полных месяцев, учитываемых в расчёте). Другими словами, с 2020 года произошло изменение возможных связей между потенциалом самоочищения воздуха и уровнем его загрязнения. Поэтому следует допустить, что ряды  $W$  и  $F$  количественно характеризуют единый источник внешнего воздействия на среды Земли, однако, индексы состояния атмосферы *проявляют селективную чувствительность* к компонентам солнечной активности. Возможно, одним из элементов (фильтров), обеспечивающих подобную селекцию, выступает производственная активность общества, в контексте концепции солнечно-земных связей А.Л. Чижевского.

4. Ряд величин среднего квадратического отклонения ПРА ( $SD_{PRA}$ ) демонстрирует слабую *отрицательную* корреляцию со значениями  $W$ , но чуть большую, в сравнении величиной *положительной* корреляции с индексом ПЗА: во всём интервале 2011-2021 годов дисперсия ПРА *уменьшается* в фазах максимальной солнечной активности и увеличивается в фазах минимальной активности, что отражает рис. 17. Кроме того, чем выше дисперсия ПРА, тем

выше уровень загрязнения атмосферы, согласно индексу ПЗА. С учётом сказанного в п. 1, максимуму цикла соответствуют устойчиво хорошие условия рассеивания примесей и минимальный уровень загрязнения воздуха, а минимуму цикла – неустойчиво плохие условия и повышенный уровень загрязнения воздуха.

5. Слабая *положительная* корреляция допускается между средними квадратическими отклонениями величин ПРА ( $SD_{PRA}$ ) и рядом ПЗА: усиление неустойчивости приземной атмосферы препятствует её устойчивому самоочищению и тем самым, возможно, способствует накоплению загрязняющих веществ в воздухе.

6. Ряд среднего квадратического отклонения величин ПЗА ( $SD_{PZA}$ ) проявляет слабую *отрицательную* линейную корреляцию со значениями индекса ПРА: низким значениям ПРА и, следовательно, хорошим условиям рассеивание примесей формально соответствует рост дисперсии загрязнения воздуха. Укажем повторно, что сами индексы ПРА и ПЗА не демонстрируют выраженной линейной связи на интервале 2011-2021 годов.

7. Существенные *положительные* линейные корреляции выявляются для ряда  $SD_{PZA}$  и рядов характеристик солнечной активности –  $F10,7$  и  $W$  (особенно с  $W$ , как интегральной мерой уровня активности): дисперсия ПЗА увеличивается в фазах максимума цикла солнечной активности и уменьшается в фазе его минимума. Скорее всего, это заключение следует интерпретировать в контексте концепции солнечно-земных связей А.Л. Чижевского: усиление неустойчивости социума, так или иначе, находит выражение в увеличении дисперсии хода производственных процессов, а через них – в загрязнении приземной атмосферы. Здесь следует напомнить позицию самого Чижевского: Солнце не решает ни общественных, ни экономических вопросов, но в биологическую жизнь планеты – в динамику психосоматических процессов – вмешивается вполне определённо.

Любопытно, что в интервале 2011-2019 годов ряды ПРА и ПЗА демонстрировали *прямую линейную* связь ( $r = 0,417$ ; см. табл. 4): *повышенным* значениям ПРА, отражающим *ухудшение* способности атмосферы к самоочищению, соответствовал *повышенный* же уровень загрязнения воздуха, что представляется вполне достоверным.

Повторно скажем, что в последней таблице приведены коэффициенты парной линейной корреляции исходных рядов изучаемых параметров: индексов состояния приземной атмосферы – ПРА и ПЗА, а также индексов солнечной активности – величин радиоизлучения Солнца на частоте 2,8 ГГц (длине волны 10,7 см;  $F10,7$ ) и относительных чисел Вольфа ( $W$ ).

### Библиографический список

1. Вычислительная математика и техника в разведочной геофизике: Справочник геофизика/ под ред. В.И. Дмитриева. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Недра. 1990. 498 с.
2. Хемминг Р.В. Цифровые фильтры/ пер. с англ. Ред. пер. О.А. Потапов. М.: Недра, 1987. 221 с.
3. Дэвис Дж. С. Статистический анализ данных в геологии. В 2-х книгах/ Пер. с англ. В.А. Голубевой. Под ред. Д.А. Родионова. М.: Недра. 1990.
4. Справочник по системотехнике/ пер. с англ. Под ред. А.В. Шилейко. М.: Советское радио. 1970. 688 с.

УДК 316.4.051.2: 316.4.06

А.В. Волков, канд. техн. наук, доц., [wolkow.av@mail.ru](mailto:wolkow.av@mail.ru)

(Россия, Тула, ТулГУ)

Х.Т. Есоян, магистрант, [spl.@tsu.tula.ru](mailto:spl.@tsu.tula.ru)

(Россия, Тула, ТулГУ)

### ГРАФИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ИНДЕКСОВ СЕЗОННОЙ ДИНАМИКИ ПРИЗЕМНОЙ АТМОСФЕРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩЕЙ ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОДОСБОРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

*Рассмотрены совмещённые 2D-3D модели сезонной динамики характеристик регионального климата, включая индексы самоочищения и загрязнения приземной атмосферы, в свою очередь, определяющей гидрологический режим водосборных территорий.*

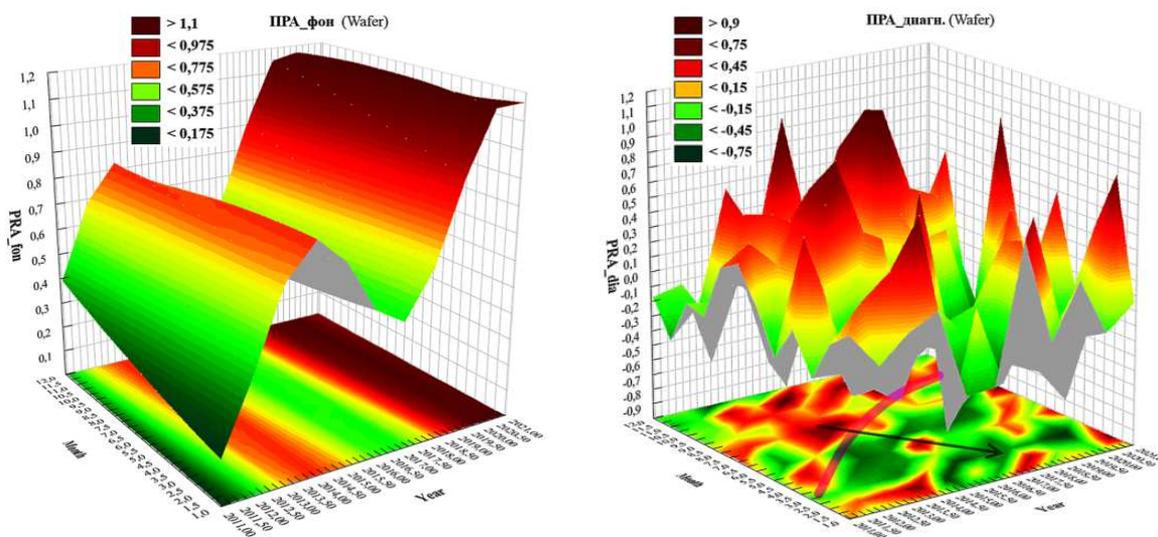
*Ключевые слова: изменения климата, приземная атмосфера, водосборные территории, потенциал рассеивания и загрязнения воздуха, солнечная активность, статистические методы обработки рядов, 2D и 3D модели динамических процессов.*

Для построения графических моделей изменения индексов, характеризующих свойства приземной атмосферы (ПРА; ПЗА), а также индексов солнечной активности ( $F_{10,7}$ ;  $W$ ) выполнено разделение содержащих прогнозную часть рядов (2011-2021 годы) на фоновую, диагностическую и шумовую составляющие, а также сформированы графические модели каждой компоненты поля всех рассматриваемых параметров [1-4].

На рис. 1 представлены графические модели компонент поля ПРА.

Для всех обсуждаемых рисунков по вертикальной оси отложены величины данной компоненты индекса, по горизонтальным – четвертьгодовые интервалы и месяцы года.

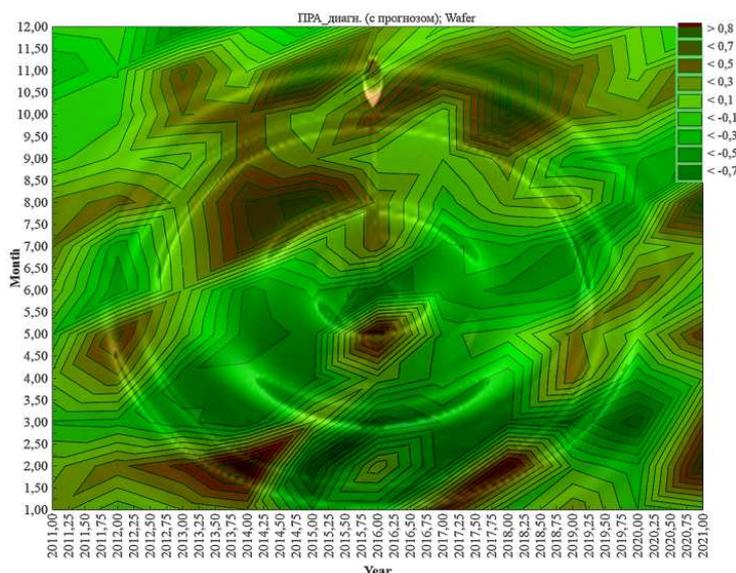
Согласно рис. 1, для фоновой компоненты поля ПРА характерно колебательное изменение с положительным экстремумом в области максимума 24-го цикла активности Солнца, наложенное на возрастающий тренд. Кроме того, наблюдается смещение соответствующих максимумов и минимумов компоненты с осени-зимы предыдущего года на зиму-весну последующих годов.



**Рис. 1. Представление поля фоновой (слева) и идиагностической (справа) индекса ПРА в виде 2D и 3D графических моделей**

Для диагностической компоненты поля ПРА характерен рост её значений – ухудшение условий рассеивания загрязняющих веществ – во второй половине года, по сравнению с первой половиной. Кроме того, на интервале 2011-2021 годов баланс условий рассеивания примесей смещается от, в той или иной степени, неблагоприятных – преимущественно во второй половине года – в сторону благоприятных – в течение уже большей половины года (показано стрелкой).

Отдельно рассмотрим 2D модель поля (рис. 2).



**Рис. 2. Совмещение 2D проекции поля и концентрических пространственных волн, образованных падающей в жидкость каплей**

Согласно рис. 2, по-видимому, можно допустить, что геометрия компоненты поля подобна концентрическим пространственным волнам с центром «возмущения», локализованном в области второй половины апреля – первой половине мая 2016 года. Эпицентру соответствуют повышенные значения компоненты поля. От него распространяются волны, в свою очередь, амплитудно модулированные иными колебаниями (что показывают экстремумы 3D модели). Возможно, речь идёт о фазе восстановления экономики Тульского региона после экономического кризиса 2015-2016 годов.

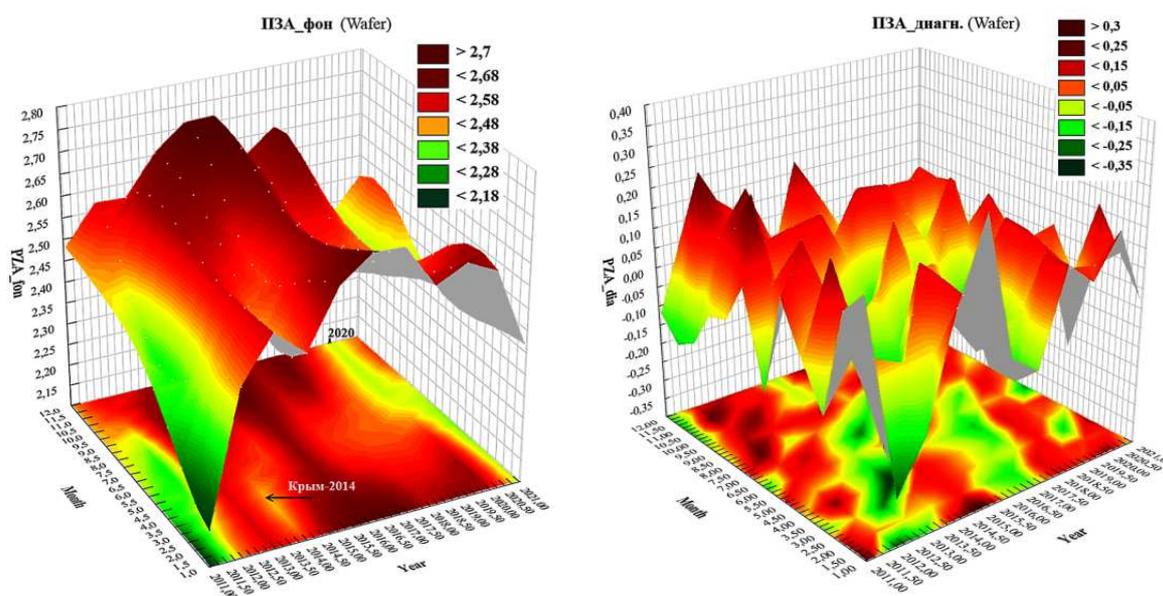
Предложенный геометрический образ вполне отражает то обстоятельство, согласно которому в фазе социально-экономических ограничений, установленных в острую фазу пандемии *COVID-19* (вторая половина 2019 года – первая половина 2020 года), на протяжении трёх кварталов происходило самоочищение приземной атмосферы региона. Начиная с последнего квартала 2020 года и в 2021 году условия рассеивания примесей вновь начинают ухудшаться, особенно в окрестности февраля, мая, августа, ноября, то есть с периодом около 3 месяцев.

Однако, укажем повторно, что индекс ПРА в большей степени чувствителен к природным механизмам самоочистения воздуха и, видимо, в меньшей степени – к процессам социально-экономической динамики. Поэтому снижение величин диагностической компоненты ПРА, отражающий улучшение условий рассеивания примесей, на протяжении первых трёх кварталов 2017-2020 годов обусловлено и природными механизмами, и негативными экономическими трендами, которые отмечали многие специалисты.

Для поля ПРА характерно довольно равномерное распределение общей энергии процесса между фоновой и диагностической компонентами. А уровень шума приблизительно в 1,5-2 раза ниже уровня полезного сигнала, что и отражают графические модели поля. В частности, 3D поле шума компоненты ПРА являет собой незакономерную мозаику относительно высоких и относительно низких значений, в которой трудно установить какой-либо порядок.

Далее обратимся к анализу компонент поля потенциала загрязнения приземной атмосферы.

Графические модели компонент поля ПЗА показаны на рис. 3.



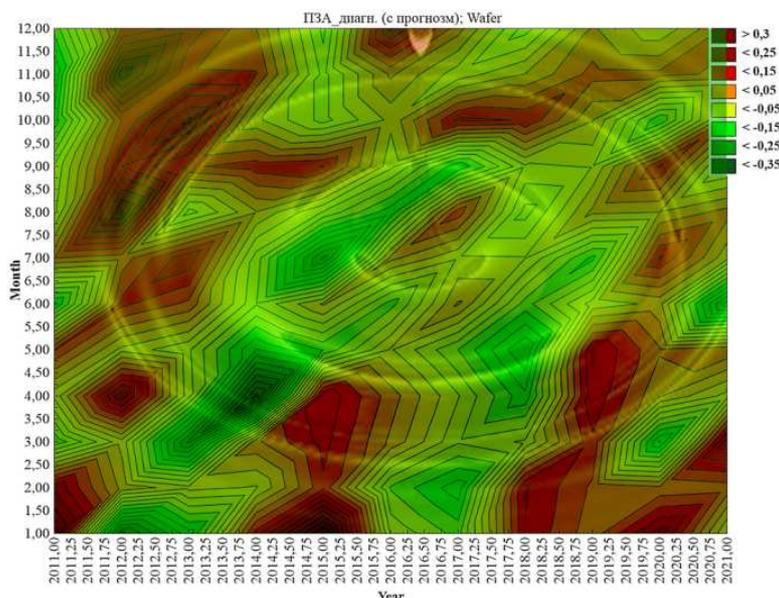
**Рис. 3. Представление поля фоновой (слева) и диагностической (справа) компонент индекса ПЗА в виде 2D и 3D графических моделей**

Подобно индексу ПРА, соответствующая компонента поля ПЗА также имеет выраженный колебательный характер, но более сложный, в сравнении с первым индексом. Её геометрию отличает седловина в середине каждого года, когда, возможно, снижается экономическая активность в сезон отпусков, а потому снижается и уровень загрязнения атмосферы. Минимум компоненты совпал с финальной фазой экономического кризиса 2008-2011 годов, а максимум – с серединой 2015 года, в точке которой экономика оказалась вовлечена в очередной кризис. Обращает на себя внимание, что локальный минимум компоненты приурочен к первому кварталу 2014 года, когда состоялось присоединение Крыма к РФ. Минимальными значениями поля выражено отмечены уже вторая половина 2019 года, вторая половина 2020 года и первые три квартала 2021 года, что, возможно, обусловлено влиянием на экономику пандемии COVID-19.

В целом, поле представляет собой комбинацию седловины и колебательной составляющей.

По-видимому, минимальные значения данной компоненты загрязнения приземной атмосферы локализованы в окрестности минимума 24-го солнечного цикла (в середине года – в сезон отпусков), в первой половине 2016 года – в начале 2017 года и, эпизодами, – в 2020 году.

Обращаясь к 2D модели компоненты (рис. 4), следует сказать, что мы вновь имеем дело с пространственными концентрическими волнами, дополнительно осложнёнными флуктуациями в пределах каждой волны. При этом 3D образ компоненты напоминает вулканическую структуру, именуемую в геологии *кальдерой*.



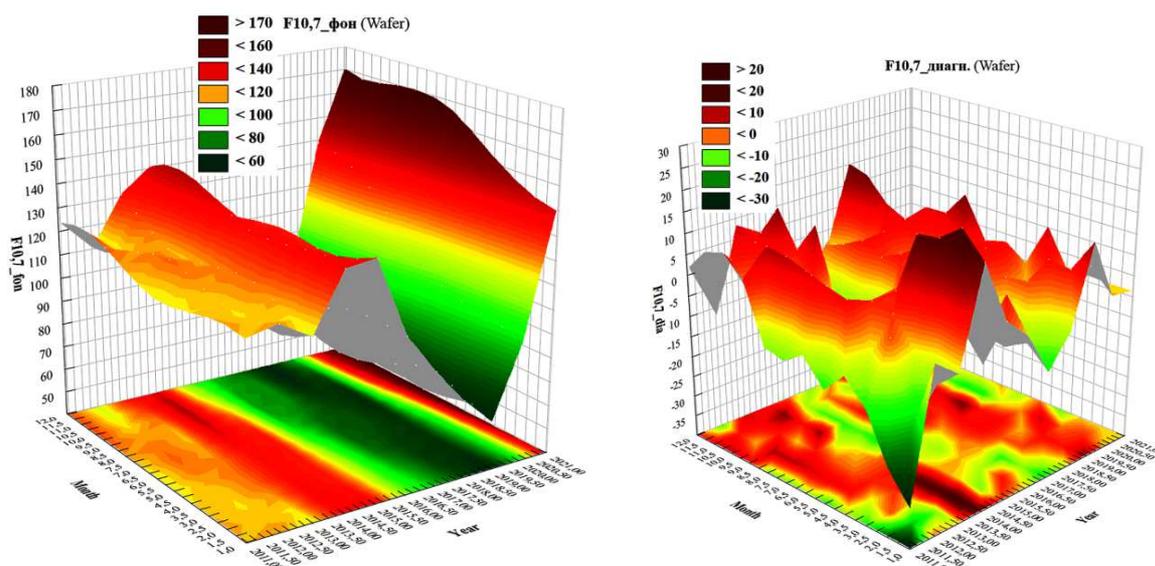
**Рис. 4. Представление поля диагностической компоненты индекса ПЗА в виде 2D графической модели**

Согласно рис. 4, эпицентр возмущения расположен в окрестности второй половины июля – в начале августа на стыке 2016-2017 годов, что соответствует фазе восстановления российской экономики после кризиса 2015-2016 годов. При этом социально-экономические ограничения в фазе пандемии *COVID-19* в данном индексе проявили себя мозаичным образом.

Шумовая компонента поля ПЗА вновь представляет собой случайную мозаику относительно высоких и относительно низких значений поля.

Полное поле ПЗА имеет выраженный низкочастотный спектр, т.е. основная энергия процесса сосредоточена в области фоновой компоненты, а уровень диагностической компоненты ниже её в 10 раз, уровень шума – в 20 раз. Таким образом, отношение сигнал/шум составляет около 2 единиц, что не очень много, но позволяет выделять сигнал на уровне шума.

На рис. 5 представлены графические модели компонент поля  $F_{10,7}$ .



**Рис. 5. Представление поля фоновой (слева) и диагностической (справа) компонентиндекса  $F_{10,7}$  в виде 2D и 3D графических моделей**

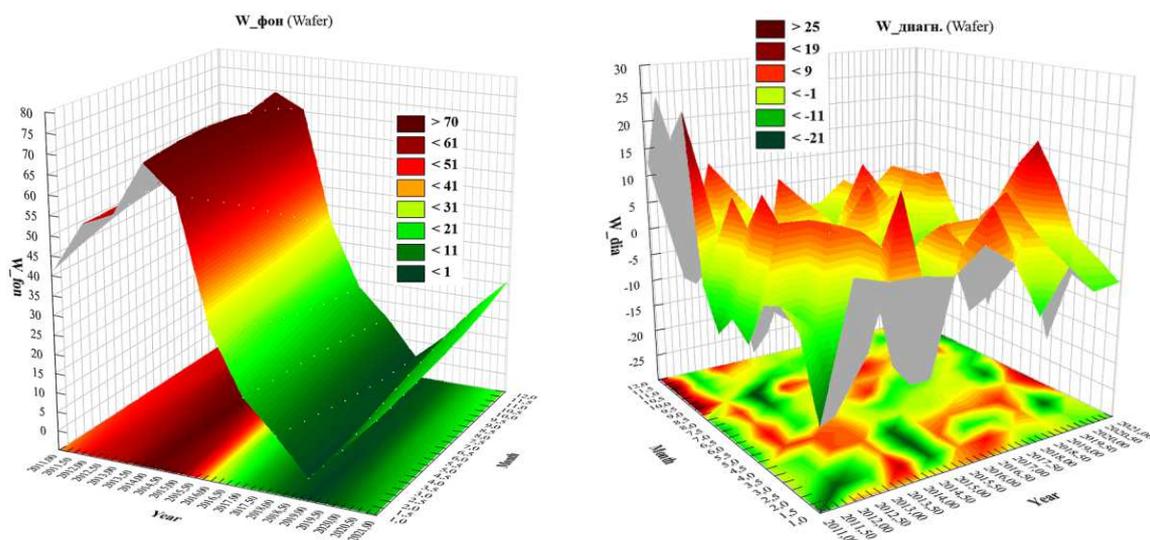
Согласно рис. 5, поле имеет выраженный колебательный характер, вполне отражающий локализацию максимума и минимума 24-го цикла солнечной активности. Обращает на себя внимание возможный рост значений поля, начиная с 2021 года. Кроме того, визуализация фоновой компоненты отражает асимметрию поля: относительно резкое нарастание значений поля и чуть более медленный их спад, переходящий в продолжительный минимум.

В целом, в отличие от соответствующих образов индексов ПРА и ПЗА, диагностическая компонента  $F_{10,7}$  представлена однонаправленным волновым процессом (либо участком картины концентрических волн очень большого «радиуса»), максимумы которого смещаются с последних месяцев предыдущего года на первые месяцы последующих годов. Например, с осени-зимы 2011 года на зиму-весну 2013 года. Аналогично ведут себя и минимумы данной компоненты поля.

Шумовая компонента поля  $F_{10,7}$  также имеет вид незакономерной мозаики («ряби») относительно высоких и относительно низких значений параметра.

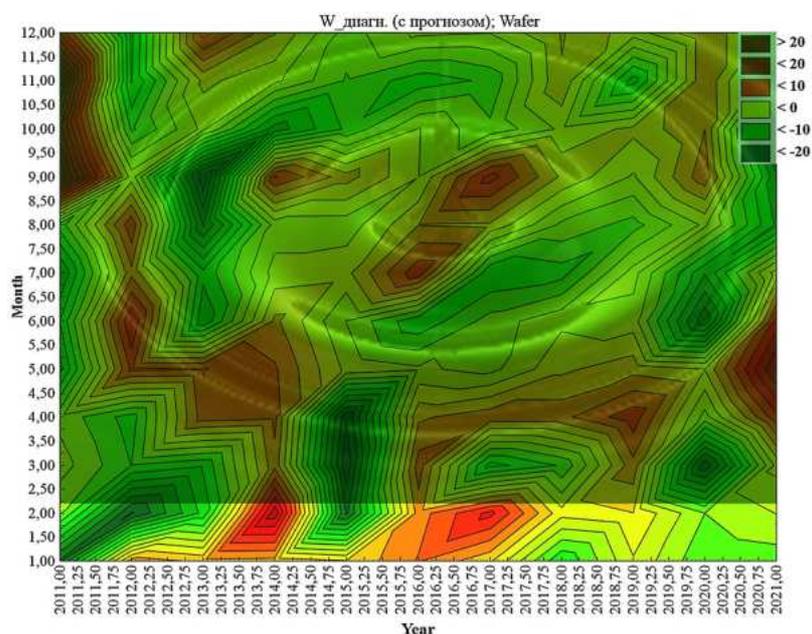
Полное поле  $F_{10,7}$  отмечено выражено низкочастотным спектром, т.е. основная доля полной энергии процесса сосредоточена в области фоновой компоненты, а уровень диагностической компоненты ниже фона чуть менее, чем в 10 раз, уровень шума – в 20 раз. Поэтому отношение сигнал/шум составляет около 2-2,5 единиц, что позволяет выделять сигнал на уровне шума.

Графические модели компонент поля относительных чисел Р. Вольфа ( $W$ ) показаны на рис. 6 и 7.



**Рис. 6.** Представление поля фоновой (слева) и диагностической (справа) компонентиндекса  $W$  в виде 2D и 3D графических моделей

Согласно рис. 6, поле имеет вид типичной колебательной компоненты со средним периодом  $T = 11,1$  лет. Кроме того, подобно предыдущим моделям, наблюдается смещение соответствующих максимумов и минимумов с осени-зимы предшествующего года на зиму-весну последующих годов.



**Рис. 7.** Представление поля диагностической компоненты индекса  $W$  в виде 2D графической модели

Возможно, геометрия компоненты поля  $W$  вновь представлена концентрическими поверхностными волнами с эпицентром, локализованным в

окрестности второй половины лета – в начале осени 2015-2017 годов, что формально не совпадает с положением максимума 24-го цикла активности Солнца. Правда специалисты в области солнечно-земной физики отмечают, что мощные солнечные вспышки, проявляющие себя в оптическом диапазоне, часто бывают приурочены именно к началу фазы снижения солнечной активности в завершении каждого цикла. Подобные волны осложнены более высокочастотными флуктуациями. Обращение к 3D модели компоненты вновь позволяет привлекать образ вулканической кальдеры для качественной характеристики геометрии поля.

Анализируемое поле индекса  $W$  также носит выраженный низкочастотный характер, то есть большая часть энергии процесса сосредоточена в области именно фоновой компоненты, а амплитуды диагностической части ряда – приблизительно в 3 раза меньше. Отношение сигнал/шум составляет не менее 2,5 единиц, что вполне достаточно для адекватного выделения сигнальной части поля.

Таким образом, как уже отмечалось, геометрия отражающего лишь один – единичный – аспект активности Солнца диагностической компоненты  $F10,7$  представлена однонаправленным волновым процессом либо участком картины концентрических волн очень большого «радиуса». При этом геометрия интегрального параметра солнечной активности – индекса  $W$  отражает области максимальных значений, приуроченные к февралю, марту, началу осени, реже – к середине лета (на интервале 2011-2021 годов; рис. 8). Правда, *не каждый год* указанные месяцы подчиняются данной закономерности.

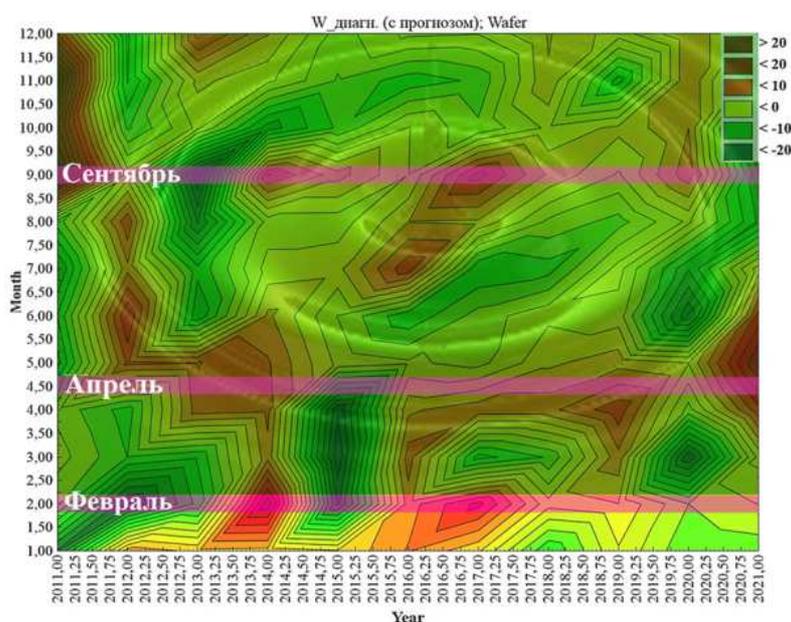


Рис. 8. Возможная локализация экстремумов на 2D картине поля диагностической компоненты индекса  $W$

Ранее мы получили статистики *годовых блоков* диагностической компоненты исходного ряда  $W$  и её первой производной на интервале 2010-2014 годов. Значение данного расчёта состоит в том, чтобы количественно подтвердить вывод об увеличении величины среднего квадратического отклонения ( $SD = \sqrt{D}$ ) и коэффициента вариации данных ( $V$ ), как самой диагностической компоненты ряда  $W$ , так и величины её градиента, от фазы в районе минимума солнечной активности 24-го цикла (2010 год) к фазе его максимума (2011-2013 годы). Основные статистики, представлены в таблице.

**Результаты расчёта основных статистик годовых блоков диагностической компоненты ряда относительных чисел Вольфа и её производной**

Параметр	Интервал наблюдения хода 24-го солнечного цикла				
	2010 год	2011 год	2012 год	2013 год	2014 год
№ начала	1	366	731	1097	1462
№ окончания	365	730	1096	1461	1826
Фаза цикла активности	Начало роста	Мах рост и 1-й тах	Спад между 2-мя тах	Мах рост и 2-й тах	Начало снижения
	Диагностическая компонента ряда чисел Вольфа ( $W$ )				
$m_{ср.}$	0,1276	1,2752	-1,4910	0,9816	-0,8948
$N$	365	365	366	365	365
$\sqrt{D}$	10,0960	19,7851	21,5784	24,1046	27,0723
$V$	101,9294	391,4500	465,6259	581,0316	732,9083
	Градиент диагностической компоненты ряда чисел Вольфа				
$m_{ср.}$	0,0004	-0,0238	0,0518	-0,0093	-0,0068
$N$	364	365	366	365	365
$\sqrt{D}$	6,4467	10,5307	10,4565	11,5198	12,4853
$V$	41,5595	110,8954	109,3381	132,7068	155,8832

Указанные в таблице значения статистик ( $m_{ср.}$ ,  $SD$ ,  $V$ ) являются среднегодовыми величинами диагностической компоненты ряда  $W$  и её производной для каждого учитываемого в таблице года (2010-2014 годы). Они условно относятся к середине каждого года – середине сезона «лето».

На основании результатов расчёта мы сформулировали следующую гипотезу: в границах каждого года, так или иначе, *проявят себя все три сезонных максимума* солнечной активности: первый – в конце зимы – в апреле; второй – в окрестности июля; третий – в окрестности октября. При этом *важно подчеркнуть*: в один год более выражено заявят о себе максимумы переходных периодов, а на следующий год выражено проявит себя летний максимум, при несколько меньшем эффекте максимумов переходных периодов. Кроме того, рост вирулентности биологических агентов и иные реакции систем биосферы следует ожидать *после прохождения параметров соответствующего максимума*, то есть с некоторым лагом, или отставанием, от даты соответствующего максимума.

Укажем, что в *фазе локальных минимумов* солнечной активности (включая и минимум между двумя модами общего максимума; 2010-2011 годы и 2019 год – начало 2020 года), выделяемых в многолетней динамике 11-летнего цикла, различия внутригодового изменения дисперсии диагностической компоненты ряда и её градиента *проявляются менее выражено*, по сравнению с фазами наиболее резкого изменения активности Солнца.

Таким образом, не повторяясь в всех деталях, *картина внутригодовой динамики солнечной активности*, установленная по ряду среднесуточных величин относительных чисел Вольфа, видимо, *воспроизводится из года в год*, но в разных масштабах.

Подводя итог рассуждениям, заметим, что анализ *многолетней* картины динамики индекса *W*, полученной по ряду среднемесячных значений и потому, безусловно, лишённой многих деталей, не вступил в противоречие с ранее выполненным анализом *внутригодовой* динамики данного индекса (на интервале 2010-2014 годов), опирающимся на ряд среднесуточных величин относительных чисел *P*. Вольфа.

### **Библиографический список**

1. Вычислительная математика и техника в разведочной геофизике: Справочник геофизика/ под ред. В.И. Дмитриева. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Недра. 1990. 498 с.
2. Хемминг Р.В. Цифровые фильтры/ пер. с англ. Ред. пер. О.А. Потапов. М.: Недра, 1987. 221 с.
3. Дэвис Дж. С. Статистический анализ данных в геологии. В 2-х книгах/ Пер. с англ. В.А. Голубевой. Под ред. Д.А. Родионова. М.: Недра. 1990.
4. Справочник по системотехнике/ пер. с англ. Под ред. А.В. Шилейко. М.: Советское радио. 1970. 688 с.

УДК 338.485: 502.3

А.Ф. Симанкин, канд. техн. наук, проф., [simankin.arkady@yandex.ru](mailto:simankin.arkady@yandex.ru)  
(Россия, Тула, ТулГУ)

С.Э. Новикова, магистрант, [svetlanan199741@gmail.com](mailto:svetlanan199741@gmail.com)  
(Россия, г. Тула, ТулГУ)

### **ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ КОМПОНЕНТА – В ПОВЫШЕНИИ МЕЗОУРОВНЯ ЭКОНОМИКИ ТУРИЗМА**

*Рассмотрены подходы к оценке основных понятий в туристической отрасли. Установлено, что между основными понятиями экологии и туристической отрасли имеется взаимосвязь. Предложен вариант перехода от вторичной к первичной дестинации путем расширения территории и повышения привлекательности.*

*Ключевые слова:* биогеоценоз, дестинация, мультипликатор, регион.

В научной литературе, охватывающей туристическую отрасль, используется понятие *дестинация*. Вначале термин «дестинация» вошел в словарь туризма как понятие, которое означало «место назначения». Затем понятие расширилось до «территория, обладающая определенной привлекательностью».

В экологии широко используется термин биогеоценоз. Биогеоценоз (от *био*, *гео* и греч. *κοινός* – сообщество) представляет собой однородный участок земной поверхности (суши или водоёма) с определённым составом живых организмов (биоценозом) и неживой среды, связанными потоками вещества, энергии и функционирующими как единый природный комплекс.

Между этими понятиями прослеживается определенная связь. И в одном, и в другом случае речь идет о некотором участке поверхности Земли, который обладает некоторыми ему одному свойственными чертами, будь то состав живых организмов или привлекательность для туристов.

Такой привлекательностью могут служить рельеф, пейзажные картины, открывающиеся взору путешественника, место проживания творческой личности, своеобразный состав живых организмов, обитающих на ограниченной территории, например, природный парк или особо охраняемая территория и т.п.

В туристической отрасли особенность участка получила наименование «дестинация», а биологии и экологии – биогеоценоз.

Существует два подхода к определению понятия дестинация. В первом случае, дестинация характеризуется как географическая территория, имеющая определенные границы. Согласно другой точке зрения, дестинация – это географическая территория, обладающая определенной привлекательностью для туристов, т.е. здесь на первый план выходит привлекательность, которая может быть разной для различных групп туристов [1].

Первый подход основан на географической (территориальной) составляющей и определяет туристскую дестинацию как территорию, имеющую определенные границы и обладающую туристскими ресурсами. При таком подходе туристская дестинация – это туристский центр, туристский регион. Однако туристы различного достатка и интереса, могут иметь совершенно разные цели путешествия. Если одних больше привлекают пляжи и море, то других – исторические места и музеи, а третьим важен активный отдых и развлечения.

Второй подход к определению рассматриваемого понятия – клиентоориентированный. В этом случае туристская дестинация обуславливается той привлекательностью, которую она представляет для определенного сегмента потребителей [1, 2]. Таким образом, на первый план выходит та туристская привлекательность, которой обладает данная территория для большого количества туристов.

Такой подход уточняет специфику понятия дестинации и отражает её принципиальное отличие от понятия туристский центр, туристский регион. Основная конкуренция между дестинациями возникает по фактору привлекательности для туриста.

В принципе, дестинация должна отвечать следующим требованиям:

1) включать определенный набор услуг, необходимых для принятия туристов; в первую очередь, это касается доставки до участка и обратно, а также наличия высокого уровня обслуживания;

2) содержать широкий набор достопримечательностей, которые могли бы заинтересовать туристов; чем интересней участок, тем выше его рейтинг среди дестинаций и тем чаще он посещается туристами;

3) располагать информационными системами, включая системы компьютерного резервирования и бронирования.

Таким образом, дестинация – это территория, обладающая определенной привлекательностью для туристов и предлагающая широкий набор услуг, которые отвечают его потребностям [1].

Дестинация может быть первичной и вторичной. *Первичная* дестинация своей привлекательностью вызывает у клиента интерес посетить её в определённые сроки. *Вторичная* дестинация представляет собой место, в котором вероятно остановка на пути к первичной дестинации. Поэтому её основная задача – удовлетворение потребностей туристов на короткий период.

С точки зрения посещаемости, первичная дестинация должна привлекать относительно небольшое количество туристов на довольно длительное время. Привлекательность вторичной дестинации ниже, её главная задача состоит в привлечении большего количества туристов, но на краткое время.

В туристической индустрии различают макро-, мезо-, микроуровни деятельности. Для области или крупного города характерен мезоуровень туризма. И в этом случае оценкой эффективности служит т.н. мультипликатор.

Модель дохода региона описывается выражением вида [1]

$$Y_a = C_a + I_a + G_a - T_{ia} + X_a - M_a, \quad (1)$$

где  $a$  – индекс региона;  $Y$  – доход региона;  $C$  – размер потребительских расходов населения региона;  $I$  – инвестиции;  $G$  – расходы правительства на товары и услуги;  $T_i$  – косвенные налоги (на товары и услуги);  $X$  – размер экспорта региона;  $M$  – размер импорта региона.

Для полного описания данного уровня привлекается также информация о государственных пособиях ( $B$ ), прямых налогах ( $T_d$ ) и иных сборах.

Следовательно, *мультипликатор инвестиций* – это показатель, определяющий, насколько увеличится объём регионального дохода в денежных единицах за счет увеличения объема инвестиций на одну единицу.

Инвестиционный мультипликатор определяется как отношение приращения валового продукта к приращению инвестиций

$$k_i = \frac{\Delta \text{ВНП}}{\Delta I}, \quad (2)$$

где ВНП – валовый национальный продукт региона.

Из уравнения (1) региональный мультипликатор дохода выражается следующим образом:

$$C_a = C_{cp} + c(Y - T_d + B) - c_j(Y - T_d + B), \quad (3)$$

где  $c_j$  – часть  $c$  (потребительских расходов), которая тратится вне региона;  $I = I_{cp}$  (4);  $G = G_{cp}$  (5);  $T_i = t_i(C)$  (6);  $X = X_{cp}$  (7);  $M = M_{cp} + mY$  (8);  $M$  – объем регионального импорта промышленного сектора, коммерческого сектора и сектора услуг региональной экономики;  $B = -b(Y)$  (9);  $T_d = T_{cp} + t_d(Y)$  (10).

Чтобы измерить эффект от поступления одной дополнительной единицы расхода приезжающих туристов  $\Delta E$  в экономику региона, учитывают только предельные происходящие изменения.

Подставляя равенства (3...10) в уравнение (1) и включая  $\Delta E$  в систему, получают:

$$\begin{aligned} \Delta Y = c\Delta(Y - t_d Y - bY) - c_j\Delta(Y - t_d Y - bY) - \\ - t_i c \Delta(Y - t_d Y - bY) - m \Delta Y + \Delta E. \end{aligned} \quad (11)$$

Поделив это уравнение на  $\Delta Y$ , получают:

$$1 = -c(1 - t_d - b) - c_j(1 - t - b) - t_j c(1 - t_d - b) - m + \Delta E/\Delta Y. \quad (12)$$

Поэтому

$$1 = (c - c_j - t_j c)(1 - t_d - b) - m + \Delta E/\Delta Y, \quad (13)$$

$$\Delta E/\Delta Y = 1 / (1 - (c - c_j - t_i c)(1 - t_d - b) + m), \quad (14)$$

Итак,  $\Delta E/\Delta Y$  является мультипликатором  $M_i$  для региона [3].

Если задать вполне возможные значения параметров, получим приближительное значение мультипликатора регионального дохода.

Например:  $c = 0,9$ ;  $c_j = 0,3$ ;  $t_i = 0,16$ ;  $t_d = 0,20$ ;  $b = 0,20$ ;  $m = 0,7$ ;

Тогда

$$k = \Delta E/\Delta Y = 1/[1 - (0,9 - 0,3 - 0,16 \cdot 0,9) \cdot (1 - 0,2 - 0,2) + 0,7] = 0,701.$$

Значение  $k = 0,701$  является величиной, на которую изменится региональный доход от расходов приезжающих туристов  $\Delta E$ . Аналогично определяют мультипликатор инвестиций в иные сегменты региональной экономики.

Исследованию взаимосвязей регионов путём проявления мультипликаторов посвящен ряд работ [4-6]. В частности, показано, что «мультипликатор, как экономическое понятие, имеет значительную смысловую нагрузку. Экономическое содержание мультипликаторов и мультипликативных взаимосвязей на уровне региональной экономики, варианты их классификаций, а также

описание их характера предполагают значительное реальное воздействие на результативность регионального экономического развития. Это означает, что сами мультипликаторы и их мультипликативные взаимосвязи в полной мере можно рассматривать в качестве эффективных инструментов реализации современной региональной экономической политики» [5].

В последние годы в г. Туле и Тульской области отмечается рост экономических показателей, с учётом роста инвестиций во многие секторы региональной экономики, включая туристическую индустрию. Как следствие, Тула вошла в ведущую тройку городов с наиболее развитым сектором городских музеев. Для примера назовём Казанскую набережную и улицу Metallistov, ставшие «меккой» для туристов.

В то же время, Тула не исчерпал свой потенциал, как центр туризма. Город имеет давние традиции промышленного развития. В редком городе России можно видеть расположение крупных предприятий и в центре, и на периферии города. В соответствии с требованием промышленной санитарии, предприятия имеют санитарно защитные зоны (СЗЗ). В совокупности, предприятия и их СЗЗ образовали развитую сеть.

Отметим, что город развивался вдоль водной глади р. Упы, которая также имеет водоохранную зону. В комплексе, СЗЗ предприятий и защитная зона реки образуют рекреационного пространство, которое многими архитекторами-градостроителями воспринимается как «водно-зеленый пояс» города. В частности, зона Казанской набережной примыкает к водоохранной зоне реки и, по сути, является её частью.

Авторы статьи принимали участие в разработке проектных предложений по организации городского пространства вдоль Упы на участке, примыкающем к Казанской набережной [6]. Эти предложения пока не реализованы, но у них есть потенциал. Так, участок может быть соединён «тропиночной сетью» с участком Казанской набережной. Благоустройство участка вдоль реки длиной 1,5-2 км расширяет территорию для туристических троп и, таким образом, способствует переходу от вторичной дестинации к первичной. Кроме того, на участках водоохранной зоны Упы уже сложились своеобразные биогеоценозы, особенности которых могут служить дополнительным фактором привлечения туристов и повышения туристической конкурентоспособности Тулы.

### **Библиографический список**

1. Морозов М.А. Экономика и предпринимательство в социально-культурном сервисе и туризме. М.: Академия. 5-е изд., 2009.
2. Морозов М.А. [и др.]. Экономика туризма: учебник. М.: Федеральное агентство по туризму, 2014. 320 с.
3. Карпова Г.А., Лаврова Т.А. Особенности развития туризма и исследование туристского потенциала в Санкт-Петербурге. СПб, 2007.
4. Боголюбов В.С. Экономика туризма. М.: Академия, 2005. 300 с.

5. Хлопонина Н.А. Классификация мультипликаторов и их взаимосвязи в региональной экономике. Вестник ТОГУ, 2008. С. 229-242.

6. Кашинцева Л.В., Новикова С.Э., Волков А.В., Седова О.А. Экологическая концепция комплексного благоустройства и озеленения рекреационной зоны в г. Туле и здоровье населения. Вестник ПНИПУ. Серия «Прикладная экология. Урбанистика», 2021.

УДК 504.75:711.5

Л.В. Кашинцева, канд. техн. наук, доц., [tulastra@mail.ru](mailto:tulastra@mail.ru)  
(Россия, г. Тула, ТулГУ)

С.Э. Новикова, магистрант, [svetlanan199741@gmail.com](mailto:svetlanan199741@gmail.com)  
(Россия, г. Тула, ТулГУ)

А.В. Волков, канд. техн. наук, доц., [wolkow.av@mail.ru](mailto:wolkow.av@mail.ru)  
(Россия, г. Тула, ТулГУ)

О.А. Седова, специалист, [grimza1978@mail.ru](mailto:grimza1978@mail.ru)  
(Россия, г. Тула, ТулГУ)

## КОМПЛЕКСНОЕ БЛАГОУСТРОЙСТВО РЕКРЕАЦИОННОЙ ЗОНЫ ГОРОДА ТУЛЫ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ РАЗВИТИЯ ТУРИЗМА

*Предложен проект многофункциональной рекреационной зоны для жителей микрорайона Юго-Восточный г. Тулы и учащихся Тульского суворовского училища. В основу проекта положен социально-экологический подход, учитывающий способность водных объектов нивелировать негативные экологические процессы. Рассмотрен проект благоустройства и озеленения территории с целью создания экологически комфортной, живописной, многофункциональной рекреационной зоны.*

*Ключевые слова: экологическая концепция, благоустройство города, рекреационная зона, архитектурная экология, здоровье населения, туризм.*

Сложившаяся в течение многих лет напряженная экологическая ситуация в г. Туле представляет серьезную угрозу для состояния здоровья населения. Данные санитарно-эпидемиологических исследований отражают рост заболеваемости костно-мышечной, сердечнососудистой и нервной систем организма, органов дыхания и пищеварения. В частности, *атрибутивный риск* – разница в уровнях заболеваемости между лицами, подвергавшимися и не подвергавшимися воздействию вредного фактора, достигает в Туле, в зависимости от нозологической формы экологически обусловленного заболевания, от 200 до 600 случаев на 1000 жителей в год, а их сумма превышает 1200 случаев в год [1].

Для г. Тулы проблема *загрязнения атмосферного воздуха* является чрезвычайно острой, поскольку на долю воздушной среды приходится более 90 % всех вредных факторов среды жизнедеятельности населения. Например,

в Туле выявлены превышения ПДК содержания диоксидов серы и азота, оксида углерода, аммиака, формальдегида, фенола и марганца от 6 до 20 раз, а их среднегодовая концентрация выше установленного гигиенического норматива в 3,5-9,8 раза. Причиной этого являются 4 075 стационарных источников 60 предприятий города, которые за год выбрасывают в атмосферу 950 000 т загрязняющих веществ. Из них 95 % приходится на металлургические предприятия ОАО «Тулачермет» и ОАО «КМЗ» [1].

В состав выбросов областных предприятий входят более ста наименований веществ, отличающихся классом опасности и характером действия на организм человека, в т.ч. канцерогены (хром, бензол, формальдегид, фенол, сажа, бенз(а)пирен), аллергены, фиброгены и вещества остронаправленного и раздражающего действия.

У городских властей сложности по обеспечению приемлемого качества окружающей среды возникают не только из-за отсутствия необходимого финансирования, но и вследствие недостаточной обоснованности природоохранных мероприятий, в т.ч. экологических аспектов ландшафтного проектирования. Между тем, *архитектурная экология* призвана не только нивелировать воспринимаемую органами чувств урбанизированную среду обитания, но и обеспечить охрану окружающей среды архитектурными средствами – очистить воздух, оздоровить микроклимат, снизить акустический дискомфорт, и, следовательно, сохранить здоровье населения. Задачей архитектурной экологии является также воспитание и экологическое образование жителей города с помощью здоровой и красивой ландшафтной архитектуры.

В настоящее время в мире накоплен значительный опыт в области благоустройства и озеленения различных по функциональному назначению территориальных участков: парков, скверов, набережных, спортивных, примыкающих и внутридомовых территорий [2-7]. Известны определенные приемы выстраивания системы озеленения территорий и размещения среди них малых архитектурных форм [8-11].

Тем не менее, всякий раз, решая задачу благоустройства и озеленения территорий, авторы сталкиваются с непростой творческой задачей, поскольку в своей работе должны учитывать не только функциональное назначение оптимизируемой территории, её климатические, почвенные, ландшафтные особенности, но и культурную, спортивную, санитарно-гигиеническую, просветительную и иные нагрузки, которые эта территория должны выполнять [12-14].

С этой позиции, благоустройство территории, примыкающей к Тульскому Суворовскому военному училищу (ТулСВУ), является важнейшей экологической, эстетической, оздоровительной и культурно-воспитательной задачей, поскольку высокий статус учебного заведения заслуживает квалифицированного и современного оформления расположенной по соседству с ним территории.

Основу проектного предложения формирует *идея* создания многофункциональной зоны для жителей микрорайона Юго-Восточный и учащихся ТулСВУ, включающей набор малых архитектурных форм, сеть пешеходных и велосипедных дорожек, дорожек для пробежек, площадок для занятий игровыми видами спорта, а также возможность полноценного отдыха на воде и расширения объектов туризма (рис.1).

Территориально, рассматриваемая зона справа примыкает к ТулСВУ и строящемуся крупному жилому микрорайону «Юго-Восточный», слева – к кварталам частного сектора с малоэтажной застройкой, с севера данную территорию ограничивает река Упа, с юга к ней примыкают многоэтажные жилые кварталы (рис. 1).



**Рис.1. Зона Тульского Суворовского военного училища и жилого квартала Юго-Восточный**

Рассматриваемый участок расположен в пойме р. Упы, считается зоной периодического затопления (заливной луг) и характеризуется высоким уровнем грунтовых вод.

*Цель работы* является проектирование многофункциональной рекреационной зоны для жителей микрорайона Юго-Восточный и учащихся ТулСВУ, в основу которого положен социально-экологический подход, учитывающий, что водные объекты – это сложные механизмы, функционирующие по законам природы, и расположенные в условиях города, способны нивелировать негативные экологические процессы.

*Идея работы* заключается в следующем: поскольку в указанном микрорайоне г. Тулы – большое число жителей, в том числе детей, но недостаточно мест для спокойного и активного отдыха, данная территория, с протекающим по ней ручьём Рогожной, подлежит благоустройству и озеленению с целью создания экологически комфортной, живописной многофункциональной рекреационной зоны.

*Водные ресурсы* данной территории являются одним из важнейших компонентов ландшафта и занимают значительное место в формировании рекреационной среды. Водные объекты благоприятно влияют на микроклимат территории, снижая температуру воздуха и повышая его влажность, что позволяет использовать их для спорта и отдыха.

Исторически сложилось так, что по северной части территории планировалось спрямление русла р. Упы. Реализацию проекта, разработанного в 1980-х годах, остановили экологи, но остался участок разработки грунта на месте предполагаемого русла. В результате в элементах рельефа местности сохранились искусственно созданные водоемы, оформлением которых можно добиться внешнего сходства с раскрытым парашютом с водоемом внутри. По контуру «купола» разместится пляжная полоса с местами для принятия солнечных ванн; часть «купола» можно оборудовать «лягушатниками» для купания детей.

Для обеспечения требований безопасности выделенная пляжная полоса должна отвечать санитарным нормам, быть благоустроена, в т.ч. оборудована туалетами, раздевалками, урнами для мусора, навесами, грибками для защиты от солнца, фонтанчиками с питьевой водой. Спасательные посты и медицинские пункты должны быть оснащенные средствами связи и радиофицированы.

Высокий уровень грунтовых вод и близость реки Упы позволяют получить достаточное количество воды не только для наполнения центрального водоема, но и для обеспечения его водообмена с рекой. Данный водоем предлагается сделать водоемом искусственного пополнения за счёт отбора воды из скважин, расположенных в непосредственной близости от уреза воды в реке. Уровень воды в водоёме должен поддерживаться несколько выше уровня воды в Упе, что обеспечит сток воды из водоема и необходимый водообмен. При этом водный баланс территории не будет нарушен, поскольку изымаемый объем бокового притока реки будет возвращаться в русло реки.

В холодный период года уровень воды в проектируемом водоёме понизится. Оставшееся зеркало воды может быть использовано для катка. Таким образом, водоем будет многофункциональным.

Сложившаяся естественным образом «тропиночная сеть» проектируемой рекреационной территории оформляется путём организации пешеходных, велосипедных, беговых дорожек, пересекающих центры тяготения отдыхающих в виде кругов. Круги – не менее двух – будут напоминать

раскрывающиеся купола парашютов. В центре кругов-куполов проектируются цветочные клумбы, по периферии – скамейки (рис. 2).



*Рис. 2. «Купола» в оформлении пешеходных дорожек*

Органично будут смотреться ведущие к «куполам» спаренные дорожки-бульвары, оформленные древесными насаждениями по периферии. Вблизи дорожек можно разместить ротонды, альпийские горки или просто лужайки. На периферии дорожек-бульваров можно разместить детские и воркаут-площадки.

Суммарная длина центральной аллеи из дорожек-бульваров – от пересечения ул. Кауля и ул. Новомосковской до аллеи вдоль реки Упа – составляет около 1 км. Учитывая, что рядом размещается перспективный жилой комплекс, в котором проживает население молодого возраста, следует ожидать, что пешеходная зона паркового комплекса будет интенсивно использоваться молодым населением (матери с колясками, дети младшего школьного возраста). Справа от центральной прогулочной аллеи предусмотрены огороженные сеткой площадки для занятий игровыми видами спорта (рис. 3).



*Рис. 3. Использование территории в жилом комплексе*

Береговую полосу реки Упы можно оформить в виде бульвара, протянувшегося от восточной до западной границы участка, а на бульваре разместить скамейки для отдыха. Параллельно бульвару проектируются велосипедные дорожки и дорожки для пробежек.

Поскольку бульвар и дорожки пересекают русло ручья Рогожня, участки пересечения оформляются в виде живописных мостков (рис. 4). Зелёная зона левого берега Рогожни может быть соединена с правым берегом мостовым переходом. На противоположном берегу Упы – параллельно береговой полосе – можно разместить бульвар для пеших прогулок.



*Рис. 4. Мостики через речку Рогожня*

Высокий уровень грунтовых вод, а также подстилающие водоносный горизонт грунты из мягкопластичного и тугопластичного суглинка способствуют выходу грунтовых вод на поверхность – в районе гаражного кооператива вдоль ул. Новомосковской. Водопроявления фиксируются в виде слабых родничков и небольших водоёмов. Геоморфологические особенности участка затрудняют сток воды в Упу. В настоящее время предпринимаются попытки засыпать места водопроявлений, но это только осложняет гидрологическую обстановку. Наше предложение состоит в том, что в местах интенсивного во-

допроявления следует формировать искусственные неглубокие водоёмы, основное назначение которых – испарение за счёт естественных факторов и транспирации (рис. 5).



*Рис. 5. Искусственные водоёмы Буинки»*

Идея обустройства участка территории, примыкающего к гаражному кооперативу, заключается в создании искусственных водоёмов, округлых в плане, поскольку круг имеет самую большую площадь из известных геометрических фигур. Искусственные водоёмы соединяются неглубокими руслами ручьёв. Поскольку округлые водоёмы имеют небольшой диаметр, их можно объединить такой искусственной сетью и сформировать ряд водоёмов, напоминающих «бусины». Суммарная площадь акватории водоёмов должна обеспечивать нулевой водный баланс участка. Акватории «водоёмов-бусинок» могут окаймляться растениями травяного пояса болотного типа и соседствовать с альпийскими горками. Древесные насаждения в виде посадок ольхи, осины, березы, ивовых видов эстетически оформляются. Общая площадь древесных насаждений должна быть достаточной, чтобы обеспечивать прохладу и тень, а также приток свежего воздуха – необходимый источник аэрации, формирующий местных воздушные потоки, усиливающие процесс испарения.

Кроме внешнего благоустройства территории, которое включает озеленение, строительство аллей, бульваров, дорожек, спортивных и детских площадок, всевозможных малых архитектурных форм, работы по благоустройству предполагают сложные инженерно-строительные мероприятия по созданию искусственного освещения, по социально-бытовому обслуживанию населения, разноплановые санитарно-гигиенические, экологические и организационные мероприятия, а также работы содержанию объектов внешнего благоустройства и уборке территории [15]. Безусловно, данный проект потребует значительных инвестиций, но он поможет решить важнейшую для города социально-экономическую задачу – формирование здоровья подрастающего поколения.

В последние десять лет местные власти широко и разносторонне проводят политику благоустройства г. Тулы, что не могло не отразиться на повышении его туристической привлекательности [16, 17]. Тула – один из древнейших городов России, известный всему миру своим культурным наследием. Поэтому, благоустроенная территория, соседствующая с Казанской набережной реки Упы и продолженная до территории ТулСВУ, может превратиться в своеобразный культурный мост между историческим центром города и современным курсом России на патриотическое воспитание молодежи. Комплексное благоустройство территории будет способствовать расширению возможностей внутреннего туризма.

### Библиографический список

1. Хадарцев А.А., Хрупачев А.Г., Седова О.А. К разработке регионального проекта «Концепция минимизации риска нанесения ущерба здоровью населения Тульской области техногенными выбросами» // Вестник новых медицинских технологий (электронный журнал): тезисы докл. III Международной конференции «Биомедицинская наука и третья парадигма». 2013. № 1. URL: <http://medtsu.tula.ru/VNMT/Bulletin/E2013-1/4572.pdf> (дата обращения: 22.03.2021).
2. Карнаев М.А. Современные тренды благоустройства городских территорий // Вопросы устойчивого развития общества. 2020. № 7. С. 211-215.
3. Соколова С.В., Шапошников С.В. Зарубежный опыт озеленения и благоустройства крупных городов // Муниципальная академия. 2020. № 2. С. 192-198.
4. Терешкин А.В., Варфоломеева Д.С. Современный подход к комплексному благоустройству городской среды и дворовых территорий // Энигма. 2020. № 25. С. 106-111.
5. Конева В.В., Хижняк С.А. Разработка мероприятий по благоустройству территории муниципального образования // Инфраструктурные отрасли экономики: проблемы и перспективы развития. 2016. № 12. С. 43-49.
6. Ефимова К.В. Планировка и благоустройство территорий муниципальных образований Саратовской области // Территория инноваций. 2017. № 9 (13). С. 143-151.
7. Боровкова Г.А., Еремеева Е.А. Сравнительный анализ благоустройства территории в городах-миллионниках современной России // Региональные проблемы преобразования экономики. 2018 №11, С 183-190
8. Соловьева Е.В., Лункевич Н.М., Фефелова В.И. Основные принципы и правила благоустройства дворовых территорий различных морфотипов // Вестник евразийской науки. 2020. Т. 12. № 1. С. 21.
9. Курбанов М.Х., Николаев А.Н. Специфика организации работ по благоустройству территорий, прилегающих к объектам транспорта // Промышленное и гражданское строительство. 2019. № 8. С. 85-89.
10. Щукина Т.В., Воробьева Ю.А., Кароли М.А., Логачев А.В. Повышение качества воздушной среды посредством озеленения урбанизированных территорий на примере благоустройства объекта социального назначения / Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г.Шухова. 2019. №10. С.93-101
11. Rastyapina O.A., Koronova E.N. Assessment of the urbanized territory improvement rate / IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. С. 32-41.
12. Городилов А.И. Особенности благоустройства территорий жилой застройки вблизи родников // Регулирование земельно-имущественных отношений в России: правовое

и геопространственное обеспечение, оценка недвижимости, экология, технологические решения. 2020. Т. 2. С. 115-120.

13. Жаднова А.Р. Благоустройство прибрежной территории для водного спорта и рекреации в Санкт-Петербурге// Гуманитарный трактат. 2020. № 81. С. 11-15.

14. Пудовкина Е.В., Скакова А.Г. Проект реконструкции благоустройства и озеленения территории водоема «Юбилейный» в городе Электросталь Московской области // Вестник ландшафтной архитектуры. 2016. № 7. С. 58-60.

15. Рыбак Я.И. Озеленение и благоустройство городской среды // Вестник науки и творчества. 2016. № 7 (7). С. 253-256.

16. Хмельченко Е.Г. Роль благоустройства территории в управлении системой формирования имиджа муниципальных образований// Муниципальная академия. 2019. № 3. С. 131-134.

17. Brel O.A., Kayzer P. Ju. The image of the territory as a factor of regional tourism development / Advances in Economics, Business and Management Research. Proceedings of the International Science and Technology Conference «FarEastCon» (ISCFEC, 2019). Far Eastern Federal University. 2019. С. 124-127.

## СОДЕРЖАНИЕ

### ЭКОЛОГИЧЕСКИ РАЦИОНАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Котлеревская Л.В., Гаврилина А.В. О формировании культуры безопасности в современном обществе.....	3
Шарендо Н.С., Котлеревская Л.В. Методология проведения оценки профессиональных рисков.....	8
Котлеревская Л.В., Афанасьева В.И. Современные технологии механической очистки производственных сточных вод.....	14

### ЭКОЛОГИЯ В ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОМ РАЗВИТИИ

Волков А.В. Некоторые ключевые концепты и идеи методологии исследований современного этапа социальной динамики.....	21
Волков А.В. Особенности динамики солнечной активности и эпидемического процесса <i>COVID-19</i> в первой половине 2021 года.....	40
Волков А.В. Некоторые закономерности развития эпидемии <i>COVID-19</i> в России: особенности исходных данных и предварительный анализ тренда.....	65
Волков А.В. Некоторые закономерности развития эпидемии <i>COVID-19</i> в России: детальный анализ сигнала и тренда.....	84
Волков А.В. Некоторые закономерности развития эпидемии <i>COVID-19</i> в России: анализ динамики суточного прироста заболевших..	98
Волков А.В. Верификация результатов декомпозиции эпидемического процесса <i>COVID-19</i> в России.....	115
Волков А.В. Оценки пространственной динамики эпидемического процесса <i>COVID-19</i> на основе межгосударственных сопоставлений.....	144
Волков А.В. Метод анализа и прогноза ситуаций развития социальных систем и опыт его применения на примере истории Москвы 1350-2021 годов.....	172
Волков А.В. Метод анализа и прогноза ситуаций развития социальных систем и опыт его применения на примере последних десятилетий истории Москвы.....	218
Волков А.В. Закономерности организации параметров единичных колебательных мод линейных моделей истории Москвы как эмпирическая база разработки инструментов управления развитием.....	243

Волков А.В. Закономерности организации параметров колебательных компонент моделей истории Москвы последних столетий как эмпирическая база разработки инструментов управления развитием.....	263
Волков А.В. Возможная природа колебательных процессов.....	282
Волков А.В. Прогноз военных конфликтов в контексте формирования эколого-политических ситуаций природопользования.....	300

#### ГЕОЭКОЛОГИЯ

Волков А.В., Есоян Х.Т., Шабалина М.А. Климатический аспект современного кризиса и методы его изучения.....	318
Волков А.В., Есоян Х.Т., Шабалина М.А. Анализ сезонной динамики потенциала рассеивания атмосферы водосборных территорий с учётом хода индексов солнечной активности.....	324
Волков А.В., Есоян Х.Т., Шабалина М.А. Анализ сезонной динамики потенциала загрязнения атмосферы водосборных территорий с учётом хода индексов солнечной активности.....	341
Волков А.В. Есоян Х.Т. Графические модели индексов сезонной динамики приземной атмосферы, определяющей гидрологические характеристики водосборных территорий.....	357
Симанкин А.Ф., Новикова С.Э. Экологическая компонента – в повышении мезоуровня экономики туризма.....	366
Кашинцева Л.В., Новикова С.Э., Волков А.В., Седова О.А. Комплексное благоустройство рекреационной зоны города Тулы для целей развития туризма.....	371

Научное издание

Вестник  
Тульского государственного  
университета

Серия

**ЭКОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

Авторское редактирование

Изд. лиц. ЛР № 020300 от 12.02.97. Подписано в печать 25.12.2021

Формат бумаги 70×100<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 31,1.

Тираж 100 экз. Заказ 011.

Тульский государственный университет

300012, г. Тула, просп. Ленина, 92

Отпечатано в Издательстве ТулГУ

300012, г. Тула, просп. Ленина, 95