

СОБЫТИЯ И ПАМЯТНЫЕ ДАТЫ

НАУЧНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ Г. В. ГРУЗА (1931-2021)

Краткий комментарий к библиографии

Э.Я. Ранькова, М.Ю. Бардин

В предлагаемый обзор включены лишь избранные публикации Георгия Вадимовича Груза за период с начала его активной научной деятельности (студенческие годы, аспирантура) до последних лет (1954-2021). Условно-полный список его работ содержит более 250 наименований; поэтому были отобраны лишь те из них, которые наилучшим, с нашей точки зрения, образом характеризуют основные направления исследований, которые Георгий Вадимович проводил в течение жизни.

Г.В. Груза родился 19 августа 1931 г. в Ташкенте. После окончания средней школы он поступил на физико-математический факультет Среднеазиатского государственного университета (отделение геофизики), а после окончания университета поступил там же в аспирантуру. По окончании аспирантуры, в 1957-1958 гг., в составе аэрометеорологического отряда под началом В.А. Бугаева, участвовал в возглавляемой Е.И. Толстиковым Третьей Советской Антарктической экспедиции АН СССР (зимовал в обсерватории "Мирный", на станциях "Пионерская" и "Советская"). Вернувшись из экспедиции в Ташкент, начал трудовую деятельность в Среднеазиатском научно-исследовательском гидрометеорологическом институте (САНИГМИ).



В то время в Ташкенте работали выдающиеся метеорологи и климатологи: В.А. Бугаев, В.А. Джорджио, А.А. Скворцов, М.А. Петросянц, оказавшие важное влияние на его формирование как ученого. В одно время с Георгием Вадимовичем здесь учились Ю.А. Израэль, Г.П. Курбаткин. В начале своей научной карьеры Г.В. Груза интересовался классическими задачами физики атмосферы: восходящие движения нагретого воздуха, термическое равнове-

сие [1, 2]. Однако уже вскоре его привлекают проблемы общей циркуляции атмосферы, находившиеся в центре его научных интересов всю жизнь. На том этапе (1958 – середина 1960-х) это было использование характеристик макротурбулентности для изучения планетарной циркуляции, прежде всего – статистик зонально-осредненного геострофического ветра, кинетической энергии среднего потока, макропульсаций [3-10, 14-18, 29, ряд докладов на отечественных и международных конференциях]. Как пишет Георгий Вадимович в предисловии к монографии [17], 1967: «Выбором темы... автор обязан А.С. Монину, с которым неоднократно консультировался». Некоторые данные из этой монографии А.С. Монин приводит в своей книге «Прогноз погоды как задача физики» (М., 1969). Однако Георгий Вадимович в своих выводах идет весьма далеко. Анализируя в [17] скорость обмена энергией между средним зональным движением и макротурбулентностью A , он пишет: «В среднем по полушарию, особенно зимой, A оказывается отрицательной, следовательно, флуктуации поддерживают западный перенос» – то есть речь идет об отрицательной вязкости в макротурбулентности (заметим, что книга В. Старра «Физика явлений с отрицательной вязкостью» выйдет в США только через год, в 1968 году).

Работая в САНИГМИ, которым руководил в те годы Михаил Арамаисович Петросянц, Г.В. Груза не мог не заняться проблемой метеорологического прогноза. Его интересует прогноз с использованием ЭВМ («машинный», как говорили в то время), основанный на применении широкого круга статистических и вероятностных методов. Тогда же активно исследуются методы экономного описания метеорологических полей и отбора информативных предикторов, среди них – типизация метеорологических объектов.

Общие вопросы построения вероятностно-статистических схем прогноза рассмотрены в работах [16, 19, 21, 22, 23, 27, 28, 30, 31] позже (уже в период работы во ВНИИГМИ-МЦД) – в [47, 49, 53, 61, 62]. В разработанных Г.В. Груза и его сотрудниками схемах прогноза реализованы практически все статистические подходы: корреляционный, регрессионный и дискриминантный анализ [23, 28, 31]; новый тогда для метеорологии метод главных компонент (развивался в СССР в работах А.М. Обухова, Н.А. Багрова, М.И. Юдина, А.В. Мещерской); машинная типизация [30, 32, 34]; вероятностная логика [16]; разные методы предвычисления вероятностей (МНК, формула Байеса, переходные вероятности типов погоды и др.) [24]; принцип аналогичности [21, 33]. С последним связан большой цикл работ, завершившийся созданием системы долгосрочного вероятностного прогноза «ГРАН» (Групповые аналоги) [37, 51, 52, 54, 57, 66, 68, 69, 73, 83, 84, 86, 91].

В работах [11, 12] Георгий Вадимович начинает исследования статистической структуры и изменчивости метеорологических полей (1962-1963). В этот цикл входят исследования корреляционной структуры барических полей [25, 26, 46, 58], статистической структуры поля температуры [40, 45, 48, 78, 82], корреляционной структуры приземных метеорологических полей и поля геопотенциала 500 мб с использованием теории двумерных выбросов [67].

Начальным этапом развития этого направления явилось создание в САНИГМИ первого архива барических полей H500 и P0 над северным полушарием для зимнего и летнего сезонов 1949-1965 гг. на магнитных лентах ЭВМ «Минск-2» (первой в Средней Азии) [36]. Но основными работами по созданию автоматизированных климатических банков данных Г.В. Груза занимается уже в Обнинске, во ВНИИГМИ-МЦД, куда был переведен по представлению академика Е.К. Федорова специально для развития этого направления.

Объективная типизация метеорологических объектов

Классификация (типизация) эмпирических данных об изучаемых объектах производится на основании конечного числа (пусть это будет S) количественных признаков и может рассматриваться как разбиение S -мерного пространства признаков на области (классы) так, чтобы объекты одного класса были похожи друг на друга и не похожи на объекты другого класса.

В зависимости от характера распределения признаков классификация может оказаться *детерминистской* (точки в S -мерном пространстве, распадаются на изолированные группы), *вероятностно-статистической* (смесь нескольких распределений с разными параметрами) и *условной* («близкие» ситуации группируются для большей обозримости), подобно разбиению на градации. Алгоритм машинной типизации (на ЭВМ), разработанный еще в 1969 году, опирается на широкий набор формализованных критериев сходства (различия) метеорологических объектов и мер качества классификаций. На его основе построен ряд типизаций, среди которых: пятидневный ход температуры в Ташкенте, поля температуры и осадков на территории Средней Азии, полушарные поля характеристик циркуляции, поля облачности, метеорологические условия вегетационных периодов и другие. Все они, как правило, относятся к «условным классификациям», но все адекватно отражают структуру анализируемых объектов и не уступают по качеству визуальным типизациям (рис. 1).

Примечание. Схема вероятностного прогноза типов полей температуры (рис. 2) на территории Средней Азии (на 4 дня) была успешно апробирована в 1970 г. и до 1979 года использовалась в оперативном режиме (с некоторыми модификациями)

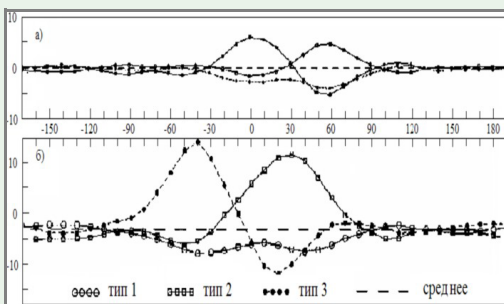


Рисунок 1. Типовые положения осевой изогипсы 540 дам: а) в визуальной типизации Вангенгейма; б) в машинной типизации с использованием стандартной процедуры классического анализа

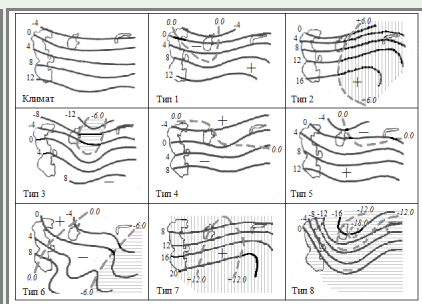


Рисунок 2. Типовые поля максимальной температуры приземного воздуха (сплошные линии) и их аномалий (пунктирные линии) над Средней Азией (зима). Заштрихованы области крупных аномалий ($\pm 6^{\circ}\text{C}$ и выше)

Анализ и интерпретация группы аналогов как «динамической типовой выборки» текущего процесса, лежащие в основе метода динамической климатологии, с опережением на 10-15 лет предвосхитили многие идеи популярного в настоящее время ансамблевого подхода.

Анализ и интерпретация группы аналогов как «динамической типовой выборки» текущего процесса, **лежащие в основе метода динамической климатологии**, с опережением на 10-15 лет предвосхитили многие идеи популярного в настоящее время ансамблевого подхода.

Сущность метода состоит в том, что в текущей ситуации $V(t_0)$ прогноз $\Phi'(t_0+\Delta t)$ строится не по одному «наилучшему» аналогу $V(t^*)$, а по «группе лучших аналогов» $\{V(t_j^*), j = 1, \dots, N\}$. Здесь t_0 – дата текущей ситуации, Δt – заблаговременность прогноза, V – вектор-предиктор, Φ – вектор-предиктант, t^* – дата «наилучшего» аналога и $\{t_j^*, j=1, \dots, N\}$ – даты N «лучших» аналогов. Будем считать, что аналоги $V(t_j^*)$ упорядочены по степени их близости к $V(t_0)$ в смысле метрики R , т.е. $R(V(t_0), V(t_1^*)) \leq R(V(t_0), V(t_2^*)) \leq \dots \leq R(V(t_0), V(t_N^*))$.

В этом случае $t^*=t_1^*$, прогноз $\Phi'(t_0+\Delta t)$ по «наилучшему» аналогу $\Phi(t_1^*+\Delta t)$, а прогноз по группе N «лучших» аналогов – функция распределения F , оцененная по этой выборке для каждой компоненты предиктанта: $\Phi'(t_0+\Delta t) = F\{\Phi(t_j^*+\Delta t), j = 1, \dots, N\}$. Здесь центральное место занимает построение пространства предикторов, которое должно удовлетворять одновременно двум критериям: быть достаточно информативным для данного предиктанта и при этом иметь небольшую размерность для устойчивого отбора группы аналогов.

В системе ГРАН эта задача решается двухэтапной процедурой оптимизации состава предикторов. На первом этапе, в соответствии с априорными соображениями и численными показателями взаимосвязей между предикторами и предиктантами, формируется первичный вектор-предиктор усеченной размерности. Для этого отбираются предикторы, потенциально информативные для данного предиктанта и взаимно независимые. Для уменьшения размерности используются такие процедуры, как объективная («машинная») типизация (классификация) [30, 32, 77, 88, 89], метод главных компонент [23, 28, 31]; дальние связи (телеконнекции) в метеорологических полях [40, 67, 82, 91, 94]. На втором этапе (построение прогноза для конкретной даты) происходит окончательный автоматизированный отбор предикторов с использованием всей доступной к этому моменту информации о выбранных первичных предикторах в качестве обучающей выборки (т. е. прогноз «адаптивный»). Здесь критерием для отсеивания предикторов служит не близость к текущей ситуации в пространстве предикторов, а оценка его прогностической информативности (качество прогноза) на обучающей выборке.

Таким образом, групповые аналоги используются как способ формирования «динамической типовой выборки», на которой строится единственный прогноз для данного конкретного процесса, категорический и вероятностный.

Процедуры оценки качества вероятностных прогнозов и принятия оптимальных решений также включены в систему ГРАН [37, 49, 51, 52, 53, 54, 62, 73, 83, 86].

Общим вопросам создания банков метеорологических данных и автоматизированной статистической обработки метеорологической информации посвящены работы [35, 36, 42-44, 56]. Основной целью создания таких банков

было информационное обеспечение работ по долгосрочному прогнозу [55], исследованию климатической изменчивости и изменений климата [34, 55], климатическому обслуживанию [34, 38, 39, 55, 70].

Работой [45] начинается серия атласов статистической структуры метеорологических полей Северного полушария, в которых определяется структура издания и состав рассматриваемых статистик, наиболее интересных исследователям климатической изменчивости метеорологических переменных, специалистам по разработке эмпирико-статистических моделей прогноза, в дальнейшем – климатического мониторинга, валидации динамических моделей [45, 58, 59, 78].

Параметрическое описание пространственных корреляционных функций с использованием характеристик двумерных выбросов

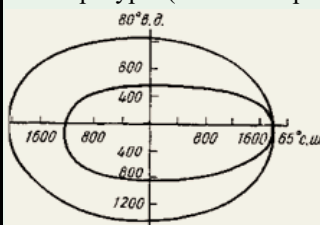
В каждом поле пространственных корреляций выделяется одна связная область с центром в узле-репере (корреляция в нем равна 1) внутри изокорреляты 0.3 (соответствует 5% уровню значимости). Эта область рассматривается как двумерный выброс за уровень 0.3, для которого рассчитываются характеристики:

S – площадь области выброса, то есть площадь области внутри граничной изокорреляты;

L – средний радиус контура (то есть граничной изокорреляты) и

σ_L – среднее квадратическое отклонение радиусов вдоль контура.

Понятно, что первые два показателя тесно связаны и характеризуют размер «связной области» для данного репера, или радиус корреляции, или скорость затухания (в пространстве). Третий показатель характеризует степень отличия граничной изокорреляты от окружности, то есть степень анизотропности корреляционной функции в рассматриваемом узле (репере). Ниже для примера схематично изображены очаги пространственных корреляционных функций температуры (внешняя кривая) и осадков с репером в точке (65°с.ш., 80°в.д.).



Радиус корреляции для температуры в 2-3 раза больше, чем для осадков по всем направлениям, кроме восточного, где они приблизительно равны. Асимметрия для осадков выражена сильнее, чем для температуры, что подтверждается отношением большей оси к малой, равным 2.4 и 1.3 соответственно.

Весь анализ полученных полей корреляций выполнен автоматически, с использованием компьютерной процедуры описания их системой характеристик выбросов (двумерных и одномерных). Дальнейший анализ строится как статистическое обобщение характеристик корреляционных функций (площадь очага, его радиус и степень анизотропности) по внешним координатам и изучение закономерностей колебаний их свойств в пространстве и в течение года. В частности, был выполнен анализ их «разрезов» вдоль широты (проверка гипотезы зональной однородности) и вдоль меридиана. Соответственно, анализировались и радиусы корреляций (скорости затухания) в каждом из направлений и их отношение для оценки степени анизотропности. Исследованы взаимные пространственные корреляции температуры воздуха и осадков с целью установления ареалов наиболее неблагоприятных для сельского хозяйства засушливых условий.

Новый подход позволил получить принципиально новые количественные данные о пространственно-временных корреляционных функциях основных климатических переменных (атмосферное давление, температура воздуха и осадки) в северном полушарии, не обращаясь к визуальным оценкам.

Начиная с 1980-х, проблемы изменчивости и изменения климата (включая мониторинг и прогноз климата) постепенно становятся основным направлением исследований Г.В. Груза и его сотрудников [50, 60, 63, 64], когда изменение климата вследствие хозяйственной деятельности человека (антропогенное изменение климата) становится центральной проблемой в науке о климате. (Впервые к этой проблеме Георгий Вадимович обратился еще в 1966 году [20]).

**Эмпирические статистики и их содержательные обозначения
(язык описательной статистики)**

Пусть архив содержит данные о физической величине X , которая наблюдалась в дискретных точках с координатами (f_1, f_2, f_3) , причем каждая координата пробегает N_i дискретных состояний (можно считать, что любой индекс объединяет группу индексов). В [48] предложен «язык описательной статистики», содержащий систему обозначений для основных статистических операторов (E – средняя, D – дисперсия, S – стандартное отклонение и др.) и принцип конструирования терминов различных элементов климата и их содержательных обозначений. Для этого достаточно ввести словарь метеорологических переменных (например, T – температура, P – давление, H – геопотенциальная высота т.д.) и указать физический смысл набора индексов (в частности, это могут быть индексы основного массива $y, m, d, \varphi, \lambda$).

Ниже для примера приведены несколько основных статистик и соответствующие им расчетные формулы. В них верхние индексы означают координаты, по которым берется статистический оператор, нижние индексы – координаты рассматриваемой величины, а результат расчета совпадает с идентификатором оператора. Очевидно, что результат осреднения не зависит от индекса, по которому выполнено осреднение (см. табл.).

В такой системе обозначений E^l означает среднеширотное значение, E^y – среднее многолетнее, D^m – внутригодовую дисперсию (ежемесячных) и т.д. Среди статистик могут быть также: максимум Ma^f , минимум Mi^f , медиана Me^f , тренд Θ^f и др. Аналогично включаются совместные статистики двух переменных и т.д.

Статистика	Операция	Формула	Результат
Среднее	E^{f_1}	$E^{f_1}(X_{f_1 f_2 f_3}) = \left(\sum_{f_1=1}^{N_1} \omega_{f_1} X_{f_1 f_2 f_3} \right) / \sum_{f_1=1}^{N_1} \omega_{f_1}$	$E_{f_2 f_3}^{f_1} X$
Отклонение (аномалия)	V^{f_1}	$V^{f_1}(X_{f_1 f_2 f_3}) = X_{f_1 f_2 f_3} - E_{f_2 f_3}^{f_1} X$	$V_{f_1 f_2 f_3}^{f_1} X$
Дисперсия	D^{f_1}	$D^{f_1}(X_{f_1 f_2 f_3}) = E_{f_2 f_3}^{f_1}(X^2) - (E_{f_2 f_3}^{f_1} X)^2$	$D_{f_2 f_3}^{f_1} X$
Стандартное отклонение	S^{f_1}	$S^{f_1}(X_{f_1 f_2 f_3}) = \sqrt{D_{f_2 f_3}^{f_1} X}$	$S_{f_2 f_3}^{f_1} X$
Нормированное отклонение	W^{f_1}	$W^{f_1}(X_{f_1 f_2 f_3}) = V_{f_1 f_2 f_3}^{f_1} X / S_{f_2 f_3}^{f_1} X$	$W_{f_1 f_2 f_3}^{f_1} X$
Асимметрия	Sk^{f_1}	$Sk^{f_1}(X_{f_1 f_2 f_3}) = E_{f_2 f_3}^{f_1}((W_{f_1 f_2 f_3}^{f_1} X)^3)$	$Sk_{f_2 f_3}^{f_1} X$
Экссесс	Ek^{f_1}	$Ek^{f_1}(X_{f_1 f_2 f_3}) = E_{f_2 f_3}^{f_1}((W_{f_1 f_2 f_3}^{f_1} X)^4)$	$Ek_{f_2 f_3}^{f_1} X$
Ковариация (авто)	Cx^{f_1}	$Cx^{f_1}(X_{f_1 f_2 f_3}, \tau) = E_{f_2 f_3}^{f_1}(V_{f_1 f_2 f_3}^{f_1} X * V_{f_1+\tau, f_2, f_3}^{f_1} X)$	$Cx_{f_2 f_3}^{f_1}(\tau) =$ $= Cx_{f_2 f_3 \tau}^{f_1}$

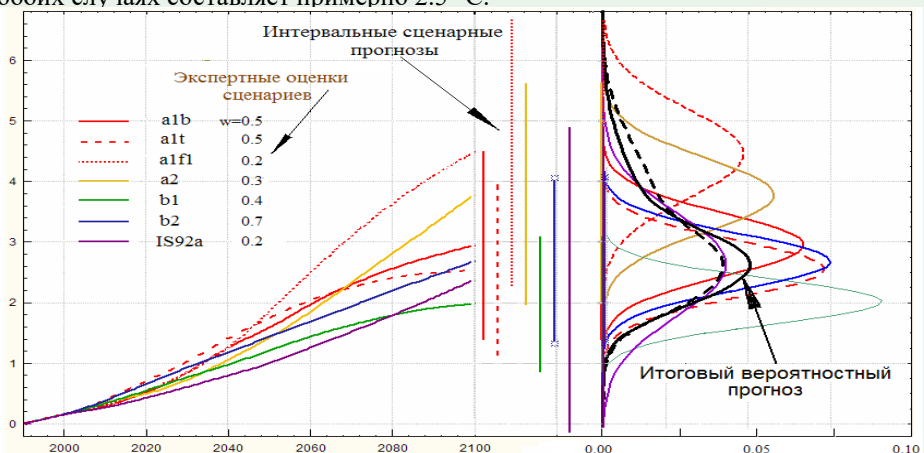
Результирующие статистики будем называть эмпирическими. Они рассчитываются по формулам для генеральной совокупности и используются для количественной оценки элементов климата и климатической изменчивости

К этому же кругу проблем относится методология синоптико-климатологического анализа и описательная статистика, которые составят основу методологии мониторинга климата. В 1988 году ВМО и Программой ООН по окружающей среде совместно создается Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК), а в 1990 г. в Первом оценочном отчете МГЭИК [90] явно формулируются угрозы развитию человечества, связанные с антропогенным изменением климата. Конференция ООН по окружающей среде и развитию (1992) ставит проблему изменения климата в центр мировой повестки и принимает Рамочную конвенцию об изменении климата. Ведущими проблемами климатической науки становятся мониторинг климата и обнаружение, атрибуция и прогноз изменений климата на фоне естественной климатической изменчивости.

Вероятностная интерпретация семейства сценарных прогнозов изменений климата (на примере прогноза IPCC на 2100 г.)

На рисунке приведен пример вероятностной интерпретации прогноза изменений климата к 2100 году, опубликованный в IPCC-2001. Прогноз получен как ансамблевый, по группе моделей и сценариев и приведен в форме 95% доверительных интервалов. «Всеер» сценарных прогнозов показан на левом фрагменте, вместе с интервальными прогнозами, изображенными в виде вертикальных отрезков. Слева от них приведены условные обозначения, список сценариев и их экспертные оценки. Соответствующие этим прогнозам кривые распределения (в правой части рисунка) рассчитаны в предположении нормального распределения, но могли бы быть взяты непосредственно из моделей или из более сложных предположений (в IPCC-2001 их не было). Итоговое распределение в этом случае рассчитывается как смесь индивидуальных распределений с учетом введенной весовой функции сценариев – на рисунке показано сплошной черной кривой.

При отсутствии экспертных оценок сценариев и/или моделей (как и оснований для них) итоговое распределение рассчитывается в предположении равноценности составляющих «смесь» выборок. Соответственно, на рисунке это – черная пунктирная кривая. Такой вероятностный прогноз более информативен, чем интервальный. В соответствии с этими прогнозами наиболее вероятное увеличение глобальной температуры воздуха у поверхности земли к 2100 году в обоих случаях составляет примерно 2.5 °С.



Такой подход, агрегируя всю доступную информацию, обеспечивает более взвешенные и научно обоснованные оценки предстоящих изменений климата и позволяет избежать излишней драматизации и напряженности в обществе.

В связи с предложением Ю.А. Израэля возглавить работы по созданию системы мониторинга климата Г.В. Груза переходит на работу в Лабораторию атмосферного мониторинга АН СССР (ЛАМ), где под его руководством создается отдел мониторинга климата. В 2000 г. ЛАМ преобразована в Институт глобального климата и экологии АН СССР и Росгидромета, а отдел – в отдел мониторинга и вероятностного прогноза климата ИГКЭ. Основной тематикой отдела становится исследование изменений климата, климатической изменчивости и ее факторов, построение системы мониторинга климата и анализ результатов мониторинга. Здесь можно выделить ряд направлений:

- создание системы мониторинга климата России, а затем и Земного шара [65, 69, 75, 85, 117, 118, 124];
- общие вопросы изменения климата и его обнаружения [92, 93, 95, 96, 97, 102, 104, 108, 110, 111, 113, 114, 115, 119, 121];
- анализ климатической изменчивости [60, 63, 64, 78, 113, 115, 117] (снова упомянем выпущенную под руководством Г.В. Груза в Обнинске серию атласов с общим названием «Данные о структуре и изменчивости климата»);
- циркуляционные факторы климатической изменчивости [77, 88, 89, 94, 100, 107];
- исследование изменений климата, по данным наблюдений [74, 76, 87, 92, 95, 101, 105, 106, 109, 112, 116, 122] и материалам мониторинга климата [71, 80, 112, 116, 120, 122].

Отметим, что Георгий Вадимович был ведущим автором второго и третьего Оценочного отчета МГЭИК (глава «Observed Climate Variability and Change») [90, 98], а также ведущим автором первого и второго Оценочного доклада Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации [109а, 122].

В связи с появлением ежегодного официального издания Росгидромета «Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации» Георгий Вадимович предложил и настоял, чтобы каждый раздел Доклада готовился в соответствии с методикой, официально утвержденной Центральной методической комиссией Росгидромета по гидрометеорологическим и гелиогеофизическим прогнозам. Первой такой методикой стала «Методика мониторинга климата на территории Российской Федерации: температура приземного воздуха, атмосферные осадки (ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН», коллектив авторов под руководством Груза Г.В.» – решение ЦМКП от 13.12.2012, <http://method.meteorf.ru/methods/long/monitor/monitor.html>). В 2013 году Г.В. Груза инициировал работы по развитию мониторинга глобального климата Земного шара. Первой технологией глобального мониторинга также стал регулярный мониторинг по разделу «Приземная температура» в ИГКЭ (GCCM – Global Climate Change Monitoring, [124]).

До самого последнего времени Георгий Вадимович принимал участие в подготовке на основе ведущегося в ИГКЭ регулярного мониторинга ежегодных обзоров состояния и изменений температуры воздуха Земного шара,

публикуемых журналом «Фундаментальная и прикладная климатология» [125, 126, 127, 128].

Таким образом, на протяжении всей своей трудовой (творческой!) биографии Георгий Вадимович занимался самыми актуальными проблемами и практически всегда доводил их до практического воплощения. Уже первые две монографии с результатами исследования общей циркуляции атмосферы были высоко оценены отечественными учеными и нашли отклик за рубежом (изданы в 1961 и 1965 гг.). В дальнейшем вокруг Георгия Вадимовича всегда создавался коллектив учеников и единомышленников, как правило, совместно работающих над разными аспектами одной общей проблемы.

В заключение еще раз вкратце посмотрим на трудовой путь Георгия Вадимовича после возвращения из Антарктической экспедиции.

В 1960-х гг. в САНИГМИ Г.В. Груза руководил отделом численных методов прогноза, который стал «школой» вероятностно-статистических методов анализа и прогноза в гидрометеорологии и вскоре – одним из центров «статистического» сообщества отечественных метеорологов. Этим коллективом был создан первый метеорологический архив для испытания статистико-вероятностных методов прогноза погоды, реализованы и опробованы практически все методы статистического *прогноза малой заблаговременности*. Большое внимание было уделено методам структурирования данных наблюдений, их экономного формализованного описания и выявления существующих циркуляционных режимов (объективная типизация метеорологических полей и процессов, естественные ортогональные составляющие, интегральные характеристики циркуляции атмосферы СП).

Созданы и *внедрены в оперативную практику Гидрометслужбы Узбекистана первые в СССР автоматизированные схемы вероятностного прогноза*: сначала – температурного режима в Ташкенте (на 5 дней), затем – температуры и осадков в Средней Азии (на 4 дня).

В 1970-х гг. (ВНИИГМИ-МЦД, Гидрометцентр СССР) на первый план вышли, с одной стороны, вопросы *организации информационной базы и развития баз климатических данных* и, с другой, – *исследование статистической структуры метеорологических полей и климатической изменчивости*. Разработан «машинный» язык описания данных (ЯОД) и сформулированы принципы организации и обработки на ЭВМ больших массивов метеорологических данных (термин «big data» появился в мировой литературе лишь в конце 2000-х гг.). Создана первая справочная информационно-поисковая система «Климат СССР». Для изучения колебаний климата, синоптической климатологии и долгосрочных прогнозов погоды создан Банк данных «Синоптическая метеорология» и разработана методология «описательной статистики». В конце 1970-х к этим проблемам добавляются *вопросы оценки изменений климата и долгосрочных прогнозов погоды*. Разработан первый вариант прогностической схемы «Групповые аналогии», и на ее основе получены *первые результаты по оценке предсказуемости* метеорологических процессов.

Позже, в 1980-е гг., уже в Гидрометцентре РФ, Георгий Вадимович активно занимается *исследованием структуры и изменчивости наблюдаемого климата* и проблемой глобального потепления (в том числе, в рамках деятельности МГЭИК и Комиссии по климатологии ВМО). Тогда же *сформулирована общая (формализованная) постановка задачи синоптической климатологии*.

Синоптическая климатология

(синоптико-климатологический анализ метеорологических процессов)

Массив наблюдений для синоптико-климатологического анализа имеет вид:

$$\{(X, [\lambda, \varphi, z, t], [s, \varphi^s, \lambda^s, z^s, t^s, R^s], [\tau, \zeta, \eta, \xi])_i, i=1, \dots, N\}$$

Здесь вектор наблюдений представлен гидрометеорологической переменной X (вообще говоря, многомерной) и ее координатами в начальной системе координат λ, φ, z, t . Следующая группа величин $s, \varphi^s, \lambda^s, z^s, t^s, R^s$ характеризует синоптический объект: его название s , реперные координаты в начальной системе координат $\varphi^s, \lambda^s, z^s, t^s$ и возможные характеристики R^s (одна или комплекс). Последняя группа τ, ζ, η, ξ означает относительные координаты наблюдения в подвижной системе координат, в которой началом координат служит реперная точка синоптического объекта. Вертикальные координаты z^s и ζ в данном случае можно исключить, поскольку синоптические объекты обычно рассматриваются лишь в горизонтальных координатах.

Будем различать *три категории задач синоптико-климатологического анализа* – первого, второго и третьего рода.

К задачам *синоптико-климатологического анализа первого рода* отнесем задачи, в которых проводится статистический анализ характеристик синоптических объектов $\{s, \varphi^s, \lambda^s, t^s, R^s\}$ в начальной системе координат (λ, φ, t) . По существу, результаты такого анализа не что иное, как климатология самих синоптических объектов (статистика их положений и свойств). В следующую группу задач мы включаем анализ метеорологических величин, по-прежнему, в начальной системе координат (λ, φ, t) , но при осуществлении определенных значений отдельных характеристик рассматриваемого синоптического объекта – это *синоптико-климатологический анализ второго рода*. В этом случае мы получаем на выходе условный локальный режим погоды или климат в заданной точке пространства и времени, связанный с заданным синоптическим объектом.

Однако наиболее ценными и важными (в частности, для прогнозирования) нам представляются результаты *синоптико-климатологического анализа третьего рода*, когда выполняется тот же, что и в предыдущем случае, условный статистический анализ гидрометеорологических величин в связи с определенным состоянием синоптического объекта, но в системе относительных координат (τ, ζ, η, ξ) , передвигающейся вместе с объектом. В этом случае результатом анализа будет *статистическая структура подвижного синоптического процесса*.

В заключение отметим, что метод динамической климатологии на основе *схемы групповых аналогов фактически позволяет решить все три частные задачи синоптико-климатологического анализа*. Однако, его практическая реализация в сколько-нибудь полном объеме чрезвычайно трудоемка.

Параллельно, продолжается работа *над проблемой вероятностных долгосрочных прогнозов*, над методами предвычисления вероятностей, оценкой качества вероятностных прогнозов и принятия по ним оптимальных решений.

Выполнен цикл работ по оценке предсказуемости. Создана система вероятностно-статистического анализа метеорологических полей и процессов (пакет программ ВЕСТА), обеспечивающая всесторонний статистический анализ метеорологических объектов, включая их идентификацию, по данным стандартных наблюдений, выявление крупномасштабных аномалий (двумерные выбросы) и их формализованное описание. *Прогностическая система «Групповые аналоги (ГРАН) с оптимизацией предикторов»*, реализующая метод динамической климатологии, внедрена в практику Гидрометцентра РФ (в качестве вспомогательной) для прогноза полей среднемесячной температуры воздуха над Северным полушарием.

В 1990-х гг., с переходом в Институт глобального климата и экологии (ранее – ЛАМ), все исследования фокусируются *на климате и климатической изменчивости*. Центральной проблемой становится *мониторинг климата, обнаружение, атрибуция и прогноз изменений климата*. Исследовательские задачи мониторинга и некоторые результаты по созданию системы мониторинга климата в России перечислены выше. Здесь отметим лишь, что Георгий Вадимович был научным руководителем этих работ на всех этапах, начиная от постановки задачи (определение климата, мониторинга климата, его целей, задач и требований к системе) до разработки общей методологии и реализации в ИГКЭ первых подсистем.

К настоящему времени система климатического мониторинга в России включает более десяти подсистем, действующих по утвержденным методикам, а в подготовке ежегодного Доклада о текущем состоянии климата участвуют ведущие НИУ Росгидромета (ИГКЭ, ААНИИ, ГГИ, ГГО, Гидрометцентр РФ, ВГИ, ВНИИГМИ-МЦД, ВНИИСХМ, НПО «Тайфун», ЦАО).

Изложенное дает общее представление о масштабе творческой и практической деятельности Георгия Вадимовича Груза, выдающегося ученого метеоролога и климатолога, широко известного в России и за рубежом, одной из ключевых фигур в становлении отечественной статистической климатологии и создателя действующей системы мониторинга климата в стране. Много из того, что начинал Георгий Вадимович, продолжает развиваться его коллегами и учениками, многое еще предстоит сделать. Надеемся, что представленный обзор привлечет внимание действующих ученых-климатологов и начинающих исследователей к тем или иным научным направлениям, у истоков которых стоял Георгий Вадимович Груза.

Избранные публикации Г.В. Груза (условно полный список содержит более 250 наименований)

1. Груза Г.В. Восходящие массы воздуха и их охлаждение. Труды САГУ, вып. 58, геофиз., 1954, с. 81-85.
2. Груза Г.В. О термическом равновесии в атмосфере. Изв. АН СССР, сер. геофизич., № 4, 1958, с. 564-565.
3. Груза Г.В. О некоторых зональных характеристиках общей циркуляции атмосферы. Доклады АН УзССР, № 4, 1958, с. 5-10.

4. Груза Г.В. О зональных характеристиках макротурбулентности. Изв. АН УзССР, сер. физ.-мат. наук, № 2, 1958, с. 57-67.
 5. Груза Г.В. О междуширотном теплообмене в Северном полушарии. Известия АН СССР, сер. геофизич. 1960, № 2, с. 341-345.
 6. Груза Г.В. О роли макротурбулентности в общей циркуляции атмосферы. Доклады АН УзССР, 1960, № 2, с. 8-11.
 7. Груза Г.В. О некоторых зональных особенностях общей циркуляции атмосферы. Изв. АН УзССР, сер. геофизич., 1960, № 1, с. 161-164.
 8. Груза Г.В. О макротурбулентном обмене над Северным полушарием. Изв. АН УзССР, сер. физ.-мат. наук, 1960, № 1, с. 73-79.
 9. Груза Г.В. О кинетической энергии атмосферных движений. Изв. АН СССР, сер. геофиз., 1960, № 6, с. 892-897.
 10. Груза Г.В. Макротурбулентность в общей циркуляции атмосферы. Гидрометеиздат, Л., 1961, 103 с.
 11. Груза Г.В. К вопросу о структуре поля высот изобарических поверхностей. Изв. АН УзССР, сер. физ.-мат. наук, № 3, 1962, с. 25-31.
 12. Груза Г.В., Казначеева В.Д. О пространственной корреляционной связи высот изобарических поверхностей. Доклады АН УзССР, 1963, № 5, с. 13-16.
 13. Груза Г.В. О суточном ходе скорости ветра в Мирном. Труды САНИГМИ, 1963, вып. 8 (23), с. 105-108.
 14. Груза Г.В. Макротурбулентность и сезонно-зональные особенности общей циркуляции атмосферы. Труды 1-й Всесоюзной метеорологической конференции, 1963, т. 2, с. 172-181.
 15. Груза Г.В. Интегральные характеристики общей циркуляции атмосферы. Доклад на конференции по проблеме «Общая циркуляция атмосферы Земли», 1964, 30 с.
 16. Груза Г.В., Быховский М.Л. Принципы построения объективного метода прогноза погоды на основе информационно-вероятностной логики. Метеорология и гидрология, 1965, № 7, с. 3-10.
 17. Груза Г.В. Интегральные характеристики общей циркуляции атмосферы. Гидрометеиздат, Л., 1965. 147 с.
 18. Gruza G.V. On the Statistical Characteristics of the General Circulation of the Atmosphere. Academy of Sciences of the USSR, International Symposium on Dynamics of Large-Scale Processes in the Atmosphere, Moscow, 1965. (Груза Г.В. О статистических характеристиках общей циркуляции атмосферы. Динамика крупномасштабных атмосферных процессов. Труды международного симпозиума, изд. АН УзССР, 1965, с.
 19. Груза Г.В. Машинный прогноз погоды с помощью анализа прогностических признаков. Доклады АН УзССР, № 9, 1966, с. 28-30.
-

-
20. Груза Г.В. Изменение климата и поле месячных аномалий температуры над Северным полушарием. Труды САНИГМИ, вып. 25(40), 1966, с. 83-90.
21. Груза Г.В., Солдаткина А.М. О принципах построения метода прогноза погоды по аналогии. Труды САНИГМИ, 1967, вып. 29(44), с. 123-135.
22. Груза Г.В. Некоторые общие вопросы теории прогноза погоды на основе статистических данных. Труды САНИГМИ, 1967, вып. 29(44), с. 3-41.
23. Груза Г.В. Основные понятия корреляционного прогноза погоды. Труды САНИГМИ, 1968, вып. 38(53), с. 78-105.
24. Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Численный эксперимент по вероятностному прогнозу типа температурного режима в течение пяти дней. Труды САНИГМИ, 1968, вып. 40(55), с. 3-9.
25. Груза Г.В., Казначеева В.Д. Статистическая структура барического поля. Труды САНИГМИ, 1968, вып. 38(53), с. 15-56.
27. Груза Г.В. Прогноз погоды и задача распознавания образов в кибернетике. Метеорология и гидрология, 1968, № 11, с. 13-20.
28. Груза Г.В. Опыт применения статистических главных компонент (естественных ортогональных составляющих) в технике корреляционного прогноза. Труды САНИГМИ, 1968, вып. 40(55), с. 19-36.
29. Груза Г.В. Интегральные характеристики общей циркуляции атмосферы. Метеорологические исследования, 1968, № 16, с. 57-69.
30. Груза Г.В., Ранькова Е.Я. О принципах автоматической классификации метеорологических объектов. Метеорология и гидрология, 1970, № 2, с. 12-22.
31. Груза Г.В., Милохова Э.Н. О возможности прогноза интегральных характеристик общей циркуляции атмосферы по их главным компонентам. Труды-САНИГМИ, 1970, вып. 47(62), с. 59-67.
32. Груза Г.В., Милохова Э.Н., Ранькова Э.Я. О машинной типизации полей некоторых интегральных характеристик циркуляции атмосферы над Северным полушарием. Труды САНИГМИ, 1971, вып. 58(73), с. 20-32.
33. Груза Г.В., Рейтенбах Р.Г. О применении принципа аналогичности в исследовании предсказуемости атмосферных процессов и в решении задачи прогноза. Метеорология и гидрология, 1973, № 11, с. 22-31.
34. Груза Г.В., Милохова Э.Н., Ранькова Э.Я. О вероятностно-статистическом прогнозе поля температуры над Средней Азией на четверо суток. Труды САНИГМИ, 1974, вып. 11(92), с. 21-33.
35. Груза Г.В. Некоторые общие вопросы теории метеорологической информации. О статистической метеорологии и климатологии. Труды ВНИИГМИ-МЦД, 1974, вып. 1, с. 3-28.
36. Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Организация метеорологических архивов для статистического анализа на ЭВМ. Труды САНИГМИ, 1974, вып. 11(92), с. 143-162.
-

37. Груза Г.В., Ранькова Э.Я., Эстерле Г.Р. Схема адаптивного статистического прогноза с использованием группы аналогов. Труды ВНИИГМИ-МЦД, 1976, вып.13, с. 5-25.
 38. Груза Г.В., Аристова Л.Н. Справочная информационно-поисковая система «Климат СССР». Труды ВНИИГМИ-МЦД, 1976, вып. 13, с. 177-187.
 39. Груза Г.В., Аристова Л.Н. Обслуживание данными по климату с помощью ЭВМ. Метеорология и гидрология, 1976, № 2, с. 99-104.
 40. Горбачева Н.А., Груза Г.В., Харманская Г.С. Пространственно-временные корреляционные функции поля аномалии среднемесячной температуры. Труды ВНИИГМИ-МЦД, 1976, вып. 13, с. 55-71.
 41. Груза Г.В., Греско П.Д. Статистические методы прогноза перемещения тропических циклонов Атлантического океана. Гидрометеиздат, Л., 1977, 134 с.
 42. Груза Г.В., Рейтенбах Р.Г. Computerized processing of large amounts of meteorological data. Proc. Commission Geogr. Data Sensing and Process, Moscow, 1976, pp. 63-65 (англ.).
 43. Груза Г.В., Качурина Л.Р. Возможности обработки архивных данных на ЭВМ. Метеорология и гидрология, 1978, № 6, с. 97-105.
 44. Аксарин Н.Н., Груза Г.В., Веселов В.М., Рейтенбах Р.Г. О принципах организации системы статистической обработки метеорологических данных на ЭВМ. Труды III Всесоюзного симпозиума по применению статистических методов в метеорологии. Гидрометеиздат, М., 1978, с. 3-7.
 45. Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Данные о структуре и изменчивости климата. Температура воздуха на уровне моря. Северное полушарие. Обнинск, 1979, 203 с.
 46. Груза Г.В., Поляк И.И., Шахмейстер В.А. О пространственно-временной статистической структуре среднего месячного геопотенциала поверхности 500мб. - Метеорология и гидрология, 1979, № 4, с. 35-43.
 47. Груза Г.В., Клещенко Л.К., Ранькова Э.Я. О методе метеорологической интерпретации численного долгосрочного прогноза. Труды ВНИИГМИ-МЦД, 1979, вып. 58, с. 3-20.
 48. Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Структура и изменчивость наблюдаемого климата. Температура воздуха над Северным полушарием. – Ленинград, Гидрометеиздат, 1980, 72 с.
 49. Груза Г.В., Радюхин В.Т. Evaluation of Probabilistic Predictions and Statistical inference. The collection of Papers presented at the WMO Symposium on Probabilistic and Statistical Methods in Weather Forecasting (Nice, I. C 8-12, 1.X.1980. с. 211-218.
 50. Винников К.Я., Груза Г.В., Захаров В.Ф., Кириллов А.А., Ковынева Н.П., Ранькова Э.Я. Современные изменения климата Северного полушария. Метеорология и гидрология, 1980, № 6, с. 5-17.
-

51. Gruza G.V., 1980: Long-range forecasting using a group of analogues and evaluation of meteorological predictability. - The collection of papers presented at the WMO Symposium on probabilistic and statistical methods in weather forecasting (Nice, 8-12 Sept), WMO, Geneva, pp. 269-276.

52. Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Об использовании аналогов для оценки предсказуемости и долгосрочного прогноза полей среднемесячной температуры воздуха. - Метеорология и гидрология, 1981, № 1, с. 13-22.

53. Груза Г.В., Радюхин В.Т. Статистическая оценка качества прогнозов, данных в вероятностной форме. М., Известия АН СССР «Физика атмосферы и океана», 1981, т. 17, № 4, с. 339-346.

54. Груза Г.В., Клещенко Л.К., Ранькова Э.Я. О прогнозе среднемесячных полей температуры воздуха над Северным полушарием с использованием автоматизированной схемы групповых аналогов. - Метеорология и гидрология, 1981, № 2, с. 28-39.

55. Аристова Л.Н., Груза Г.В., Качурина Л.Р., Клещенко Л.К., Ранькова Э.Я. Централизованный банк синоптических данных и его использование для изучения колебаний климата, синоптической климатологии и долгосрочных прогнозов погоды. Гидрометеиздат, 1981, ВДНХ СССР 1981 г., павильон «Гидрометеорология СССР».

56. Груза Г.В., Рейтенбах Р.Г. Статистика и анализ гидрометеорологических данных. - Гидрометеиздат, Л., 1982, 216 с.

57. Груза Г.В., Ранькова Э.Я. О результатах испытания схемы групповых аналогов для прогноза среднемесячной температуры воздуха над Северным полушарием. Труды ВНИИГМИ-МЦД, 1982, вып. 83, с. 28-43.

58. Груза Г.В., Клещенко Л.К. Данные о структуре и изменчивости климата. Геопотенциал поверхности 500 гПа и некоторые характеристики циркуляции. Северное полушарие. Обнинск, ВНИИГМИ-МЦД, 1982, 218 с.

59. Апасова Е.Г., Груза Г.В. Данные о структуре и изменчивости климата. Осадки. Северное полушарие. - Обнинск, ВНИИГМИ-МЦД, 1982, 212 с.

60. Gruza G.V., 1982: Climate variability as estimated from atmospheric observations. - Invited paper. Report of the WMO/ICSU Study Conference on physical basis for climate prediction on seasonal, annual and decadal time scales (Leningrad, 13-17 Sept., 1982), WMO, WCP-47, 25-50.

61. Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Об основных задачах синоптической климатологии. - Труды ВНИИГМИ-МЦД, 1983, вып. 97, с. 3-8.

62. Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Вероятностные метеорологические прогнозы. - Л., Гидрометеиздат, 1983, 271 с.

63. Gruza G.V., J.K. Angell, 1984: Climate variability as estimated from atmospheric observations. -In: The global climate (J. Houghton,ed). Cambridge University Press, pp. 25-36.

64. Груза Г.В., Ранькова Э.Я., Семенюк Е.А. Климатическая изменчивость характеристик крупномасштабных аномалий температуры воздуха. - Метеорология и гидрология, 1985, № 5, с. 67-78.

65. Gruza G.V., 1986: Substantiation of the Climate Monitoring Data Set Composition. - III International Meeting on Statistical Climatology. 23-27 June, Vienna.

66. Gruza G.V., 1986: Experience on objective probabilistic long-range forecasting on air temperature in the Northern Hemisphere. Abstracts of the Papers accepted for presentation at the First WMO Conference on LongRange Forecasting: The practical problems and future prospects (Sofia, 29 Sept.-3 Oct., 1986), WMO, Geneva, August, 313-320.

67. Груза Г.В., Ранькова Э.Я., Семенюк Е.А. Пространственно-временные корреляционные функции температуры воздуха, атмосферного давления и осадков в Северном полушарии. – Труды V Всесоюзного совещания "Применение статистических методов в метеорологии" (Казань, 11-14 июня, 1985 г.).- Л. Гидрометеиздат, 1987.

68. Груза Г.В., Гресько П.Д. Некоторые вопросы статистического анализа и прогноза перемещения тропических циклонов Атлантического океана. - Л., Гидрометеиздат, 1987, 175 с.

69. Груза Г.В. Мониторинг и вероятностный прогноз месячных и сезонных колебаний атмосферных процессов над Северным полушарием. – Труды V Всесоюзного совещания "Применение статистических методов в метеорологии" (Казань, 11-14 июня, 1985г.).- Л. Гидрометеиздат 1987.

70. Аристова Л.Н., Груза Г.В., Ефремова Н.М., Качурина Л.Р., Ранькова Э.Я. Банк данных "Синоптическая метеорология". - Москва, Гидрометеиздат, 1987, 170 с.

71. Курбаткин Г.П., Груза Г.В., Бирман Б.А., Ранькова Э.Я., Рубинштейн К.Г. Мониторинг климата и климатические условия 1985-1986 гг. Метеорология и гидрология, 1988, № 4, с. 5-14.

72. Груза Г.В., Шевченко Н.Н. Климатический сигнал, климатический шум и предельные возможности долгосрочного прогнозирования. - Метеорология и гидрология, 1988, № 6, с. 5-14.

73. Груза Г.В., Ранькова Э.Я., Семенюк Е.А., Бардин М.Ю., Муравьев А.В., Нестерова Г.А., Савелова О.Ф., Хамидуллина А.Б. Схема вероятностного адаптивного метеорологического прогноза (групповые аналоги) с оптимизацией состава предикторов. - Труды Гидрометцентра СССР, 1989, вып. 306, с. 3-54.

74. Груза Г.В., Ранькова Э.Я., Рочева Э.В. Анализ глобальных данных об изменениях температуры воздуха у поверхности земли за период инструментальных наблюдений. – Метеорология и гидрология, 1989, № 1, с. 22-31.

75. Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Мониторинг и вероятностный прогноз корот-

копериодных колебаний климата. – В кн. «60 лет Центру гидрометеорологических прогнозов». Гидрометеоиздат, Л., 1989, с. 148-170.

76. Gruza G.V., 1989: Structure of recent surface air temperature (SAT) trends. - Proceedings of the XIV Annual Climate diagnostic workshop, CAC/NMC/NOAA, pp. 351-357.

77. Груза Г.В., Ранькова Э.Я., Семенюк Е.А. Связь индексов атмосферной циркуляции с приземной температурой воздуха Северного полушария. - Метеорология и гидрология, 1990, № 6, с. 21-28.

78. Груза Г.В., Ранькова Э.Я., Рочева Э.В. Данные о структуре и изменчивости климата. Температура воздуха на уровне моря. Северное полушарие. Обнинск, 1979, 203 с. 1990, XX с.

79. Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Вероятностный прогноз глобальной температуры приземного воздуха до 2005 года. – Метеорология и гидрология, 1991, № 4, с. 95-103.

80. Груза Г.В., Коровкина Л.В. Климатический мониторинг процессов блокирования западного переноса в Северном полушарии. – Метеорология и гидрология, 1991, № 8, с. 11-17.

81. Мониторинг и вероятностный прогноз климата. С.-Петербург. – Гидрометеоиздат, 1992. – 128 с.

82. Груза Г.В., Ранькова Э.Я., Семенюк Е.А. Пространственные корреляции в приземных метеорологических полях Северного полушария. – Метеорология и гидрология, № 8, с. 22-27.

83. Груза Г.В., Ранькова Э.Я., Ливзи Р., Барнстон А. Сравнительный анализ успешности двух систем сезонного прогноза температуры с использованием аналогов. – Метеорология и гидрология, 1993, № 7, с. 11-21.

84. Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Оценки предсказуемости в долгосрочном прогнозировании с использованием аналогов. – Метеорология и гидрология, 1993, № 9, с. 5-13.

85. Gruza G.V., E.Ya. Rankova, E.V. Rocheva, 1993: Comparison of 1931-1960 and 1961-1990 air temperature normals for the territory of the former USSR. In: Proc. XVIII Climate Diagnostics Workshop, Boulder, Co., NTIS, US Dept. of Commerce, Sills Building, 5285 Port Royal Road, Springfield, VA 22161, U.S.A., 276-279.

86. Livezey R.E., A.G. Barnston, G.V. Gruza, E.Ya. Rankova: Comparative skill of two analog seasonal temperature prediction systems: objective selection of predictors. J. Climate, Vol. 7, No. 4, 608-615.

87. Gruza, G.V., E.Ya. Rankova, L.V. Korovkina, E.V. Rocheva, E.A. Semenyuk, 1994: Observed and expected climate change in the European region. In: Climate variations in Europe, R. Heino (ed.), Academy of Finland, Publication 3/94, 56-68.

88. Rankova E.Ya., G.V. Gruza, 1995: Circulation regimes recognition by using the characteristics of upper-air ridges/troughs localization and intensity in the Northern

Hemisphere extratropics. - Proceedings of the 20-th Annual Climate Diagnostics Workshop, University of Washington, Seattle, WA, October 23-27, 1995.

89. Груза Г.В., Ранькова Э.Я. О типизации форм циркуляции в умеренных широтах Северного полушария по положению осевой изогипсы высотной фронтальной зоны на поверхности 500 гПа. - Метеорология и гидрология, 1996, № 2, с. 5-13.

90. Nicholls, N., G.V. Gruza, J. Jouzel, T.R. Karl, L.A. Ogallo and D.E. Parker, 1996: Observed Climate Variability and Change. In: Climate Change 1995 - The Science of Climate Change, J.T. Houghton, L.G. Meira Filho, B.A. Callander, N. Harris, A. Kattenberg and K. Maskell (eds.), Cambridge University Press, pp. 133-192.

91. Gruza, G.V., 1996: Modern Synoptic Climatology as a tool for local climate Prediction. 1st Regional Conference on climate change, Abstract of Articles, Tehran, Iran, 2223.

92. Gruza G., Rankova E., 1997: Indicators of climate change for the Russian Federation. Workshop on Indices and Indicators for Climate Extremes, National Climatic Data Center, NOAA Asheville, North Carolina 28801, 1997, pp. 1-26.

93. Ранькова Э.Я., Груза Г.В. Индикаторы изменений климата России. - Метеорология и гидрология, 1998, № 1, с. 5-18.

94. Груза Г.В., Ранькова Э.Я., Клещенко Л.К., Аристова Л.Н. О связи климатических аномалий на территории России с явлением Эль-Ниньо – Южное колебание. - Метеорология и гидрология, 1999, № 5, с. 32-51.

95. Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Оценка климатического отклика на изменение концентрации тепличных газов по данным наблюдений за приземной температурой воздуха на территории России. - Изв. РАН. Физика атмосферы и океана, 1999, том 35, № 6, с. 742-749.

96. Gruza, G., Rankova, E., Razuvaev, V., and Bulygina, O.: 1999, Indicators of Climate Change for the Russian Federation. Climatic Change, 42, 219-242.

97. Израэль Ю.А., Груза Г.В., Катцов В.М., Мелешко В.П. Изменения глобального климата. Роль антропогенных воздействий. - Метеорология и гидрология, 2001, № 5, с. 5-21.

98. Folland, C.K., T.R. Karl, J.R. Christy, R.A. Clarke, G.V. Gruza, J. Jouzel, M.E. Mann, J. Oerlemans, M.J. Salinger and S.-W. Wang, 2001: Observed Climate Variability and Change. In: Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Houghton, J.T., Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, and C.A. Johnson (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 881 pp.

99. Груза Г.В., Ранькова Э.Я., Клещенко Л.К., Аристова Л.Н. Климат Крайнего Севера России. – В сб. «Все о Севере». СПб.: «Норд-Ост-Норма», 2002, том 1, с. 4-51. ISBN 03-5025-303224614.

-
100. Клещенко Л.К., Аристова Л.Н., Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Сезонные индексы блокирования в северном полушарии: статистический режим по реальным и модельным данным. – Всемирная конференция по изменению климата, Тезисы докладов, Москва, Россия, 29 сентября-3 октября 2003 г., с. 312.
101. Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Колебания и изменения климата на территории России. Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2003. Т. 39. № 2, с. 1-20.
102. Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Обнаружение изменений климата: состояние, изменчивость и экстремальность климата. – Метеорология и гидрология, 2004, № 4, с. 50-66.
103. Груза Г.В. Строеение и функционирование окружающей среды: климатическая система. В кн.: Энциклопедия систем жизнеобеспечения. Знания об устойчивом развитии. М.: ЮНЕСКО/ООО "Издательский Дом МАГИСТР-ПРЕСС", 2005, т. 1, с. 29-66.
104. Gruza, G., E. Rankova, 2004: Detection of changes in climate state, climate variability and climate extremity. Proceedings of the World Climate Change Conference held in Moscow, Russia, 29 Sept. – 3 Oct. 2003, 90-98,122-124.
105. Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Наблюдаемые изменения современного климата. – В кн.: Возможности предотвращения изменения климата и его негативных последствий. Проблема Киотского протокола. Материалы Совета-семинара при Президенте РАН. Изд. «Наука», Москва, 2006, с. 59-73.
106. Сиротенко О.Д., Г.В. Груза, Э.Я. Ранькова, Е.В. Абашина, В.Н. Павлова. Современные климатические изменения теплообеспеченности, увлажненности и продуктивности агросферы России. – Метеорология и гидрология, 2007. № 8, с. 90-103.
107. Груза Г.В., Клещенко Л.К., Ранькова Э.Я. Статистический режим циркуляции и процессов блокирования в средней тропосфере: воспроизведение моделью ИВМ РАН и отклик на увеличение углекислого газа в атмосфере // Труды ВНИИГМИ-МЦД, 2007.
108. Семенов С.М., Израэль Ю.А., Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Изменения глобальной температуры и региональные риски при некоторых стабилизационных сценариях антропогенной эмиссии диоксида углерода и метана. - В кн.: Изменение окружающей среды и климата: природные и связанные с ними техногенные катастрофы. Т. 6: изменения климата: влияние земных и внеземных факторов / Отв. ред. Г.С. Голицын. – М.: ИФА РАН, ИФЗ РАН, 2008, с. 24-36.
109. Груза Г.В., Ранькова Э.Я., Рочева Э.В. Изменения климата на территории России: температура воздуха и атмосферные осадки. - В кн.: Изменение окружающей среды и климата: природные и связанные с ними техногенные катастрофы. Т. 6: изменения климата: влияние земных и внеземных факторов / Отв. ред. Г.С. Голицын. – М.: ИФА РАН, ИФЗ РАН, 2008, с. 11-23.
- 109а. Груза Г.В., А.С. Зайцев, И.Л. Кароль, В.М. Катцов, Н.В. Кобышева, В.П. Мелешко, А.В. Мещерская, В.М. Мирвис, А.И. Решетников, П.В. Споры-
-

шев. – Второй оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Росгидромет, М., 2008, т. 1, 220 с. ISBN 978-5-904206-05-5.

110. Израэль Ю.А., Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Предел предсказуемости и стратегический прогноз изменений климата. - В кн.: Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Москва ИГКЭ, 2009, т. XXII, с. 7-26.

111. Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Оценка предстоящих изменений климата на территории Российской Федерации. Светлой памяти выдающегося ученого, организатора науки, педагога Михаила Арамаисовича Петросянца посвящается. – Метеорология и гидрология, 2009, № 11, с. 15-29.

112. Груза Г.В., Ранькова Э.Я., Платова Т.В. Оценка сезонных особенностей региональных проявлений изменения глобального климата. - В кн.: Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Москва ИГКЭ, 2010, т. XXIII, с. 11-22.

113. Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Оценка возможного вклада глобального потепления в генезис экстремально жарких летних сезонов на европейской территории РФ. – Известия РАН. Физика атмосферы и океана, 2011, т. 47, № 6, с. 1-4

114. Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Вероятностная оценка наблюдаемых и ожидаемых изменений климата Российской Федерации: температура воздуха. – В кн.: Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. Москва, НИЦ «Планета», 2011, т. XXIV.

115. Gruza, G. V.; Ran'kova, E. Ya. Estimation of probable contribution of global warming to the genesis of abnormally hot summers in the European part of Russia // Izvestiya Atmospheric And Oceanic Physics. 2011. Vol. 47. № 6. P. 661-664.

116. Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Наблюдаемые и ожидаемые изменения климата России. – Изд. ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2012, 198 с., ISBN 978-5-901579-35-0.

117. Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Динамические климатические нормы температуры воздуха. – Метеорология и гидрология, 2012, с. 5-18.

118. Израэль Ю.А., Анохин Ю.А., Груза Г.В., Иванов В.Н., Егоров В.И., Крученицкий Г.М., Савченко А.В., Петров Н.Н. Разработка и некоторые результаты функционирования системы мониторинга основных климатообразующих факторов в средней атмосфере. Метеорология и гидрология, 2013, № 7, с. 5-14.

119. Семенов С.М., Груза Г.В., Ранькова Э.Я., Попов И.О., Титкина С.Н. Распределение приповерхностной температуры на территории России и соседних стран при заданном уровне глобального потепления. В кн.: Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. 2013, т. XXV. Москва, с. 29-40.

XXVI. Груза Г.В., Ранькова Э.Я., Кокорин А.О. Текущие и ожидаемые изменения климата в восточной части Ненецкого автономного округа. Проблемы региональной экологии, 2013, № 3, с. 7-15.

121. Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Оценка роли 60-летнего цикла в наблюдаемых и ожидаемых изменениях климата. Труды международной конференции "Турбулентность, динамика атмосферы и климата", посвященной памяти А.И. Обухова, Москва, 13-16 мая 2013, Изд. ГЕОС, 2014, с. 225-230.

122. Алексеев Г.В., Бардин М.Ю., Богданова Э.Г., Булыгина О.Н., Груза Г.В., Кренке А.Н., Мещерская А.В., Ранькова Э.Я., Хлебникова Е.И. Наблюдаемые изменения климата. – В кн.: Второй оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Росгидромет, М., 2014, 18-235. ISBN 978-5-9631-0322-7.

123. Алейников А.А. и др. Остров Вайгач: природа, климат и человек / Алейников А.А., Алейникова А.М., Бочарников М.В., Глазов П.М., Головлев П.П., Головлева В.О., Груза Г.В., Добролюбова К.О., Евина А.И., Жбанова П.И., Замолотчиков Д.Г., Зенин Е.А., Калашникова Ю.А., Кожин М.Н., Кокорин А.О., Крыленко И.В., Крыленко И.Н., Кущева Ю.В., Липка О.Н., Микляев И.А., Микляева И.М., Никифоров В.В., Павлова А.Д., Постнова А.И., Пухова М.А., Ранькова Э.Я., Стишов М.С., Суткайтис О.К., Уваров С.А., Фомин С.Ю., Хохлов С.Ф.; Всемирный фонд дикой природы (WWF). – Москва, 2014. – 542 с. ISBN 978-5-906599-02–5.

124. Груза Г.В., Ранькова Э.Я., Рочева Э.В. Методика «Мониторинг изменений климата земного шара: приземная температура» и результаты ее испытания // Результаты испытания новых и усовершенствованных технологий, моделей и методов гидрометеорологических прогнозов, 2017, № 44, с. 3-11.

125. Груза Г.В., Ранькова Э.Я., Рочева Э.В., О.Ф. Самохина. Особенности температурных аномалий у поверхности земного шара в 2016 году // Фундаментальная и прикладная климатология. 2017, № 1, с. 124-146.

126. Груза Г.В., Ранькова Э.Я., Рочева Э.В., Самохина О.Ф., Корнева И.А., Алешина М.А. Особенности температурного режима у поверхности Земного шара в 2017 г. – Фундаментальная и прикладная климатология, 2018, № 1, с. 112-136.

127. Груза Г.В., Ранькова Э.Я., Корнева И.А., Самохина О.Ф., М.В. Щенин, 2019: Особенности температурного режима у поверхности земного шара в 2018 году // Фундаментальная и прикладная климатология. 2019, № 1, с. 97-127

128. Груза Г.В., Ранькова Э.Я., Корнева И.А., Самохина О.Ф., Антипина У.И. Особенности температурного режима у поверхности земного шара в 2019 году. - Фундаментальная и прикладная климатология. 2020, № 1, с. 97-127.