

3/12/2024

## ОТЗЫВ

члена диссертационного совета на диссертацию Лис Натальи Андреевны «ДОЛГОПЕРИОДНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЛЕДОВИТОСТИ И ПОВЕРХНОСТНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ МОРЕЙ СЕВЕРОЕВРОПЕЙСКОГО БАССЕЙНА», представленную на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 1.6.17. Океанология.

### Актуальность темы

Диссертационная работа Н. А. Лис посвящена анализу долгопериодных изменений ледовитости и температуры поверхности океана в Северо-Европейском бассейне. Данная задача является актуальной по ряду причин. Сокращение ледяного покрова Арктики стало основным идентификатором глобальных изменений климата Земли. С изменениями ледовитости северной полярной области тесно связаны изменения температуры океана. Таким образом, учитывая, что состояние ледяного покрова Арктики является важнейшим интегральным индикатором процессов, протекающих на Земле, анализ, предложенный в работе, потенциально является важным шагом в понимании изменчивости системы в целом. Поэтому сформулированная автором задача является актуальной.

### Краткое содержание работы

Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы и приложения. Во Введении автор формулирует актуальность проблемы, цель и задачи работы, новизну работы и практическую значимость и ряд других положений. Глава 1 работы является обзорной. В ней обсуждаются физико-географические особенности района, данные, имеющиеся для анализа и методы их анализа. Глава 2 работы посвящена анализу пространственно-временной изменчивости поверхностной температуры океана с использованием статистических методов анализа. Глава три структурно повторяет главу 2, но объектом исследования в ней является ледяной покров района. Глава 4 является центральной. В ней, на основе использования мультирегрессионного подхода, строится статистическая модель ледяного покрова района, а также модель состояния температуры поверхности океана. В заключении делается обобщение полученных результатов и выводов работы. Структура работы хорошо продумана и логична.

### Научная новизна результатов

Новизна работы связана с использованием астрофизических факторов для анализа низкочастотной изменчивости ледовитости и поверхностной температуры воды в бассейне. При этом использование мультирегрессионного метода для подобного рода задач не является новым. Ряд комментариев к новизне работы приводится ниже.

### Достоверность результатов

Результаты статистического анализа данных основаны на применении стандартных, широко апробированных методов анализа гидрометеорологической информации (спектральный и корреляционный анализ, мультирегрессионный анализ).

3/12/2024

Вместе с тем достоверность статистического анализа часто компрометируется автором либо отсутствием оценок значимости, либо неправильным применением таких оценок, либо недостаточно продуманной трактовкой полученных статистических оценок (см. конкретные комментарии по данной проблеме в Замечаниях).

Кроме того, вызывает много вопросов интерпретация результатов применения статистических методов для анализа гидрометеорологической информации (этот важный момент также нашел отражение в разделе Замечания).

### Замечания

Основные замечания к работе я поместил в раздел «Важные замечания». В разделе «Прочие замечания» я поместил несколько (далеко не все) конкретных замечаний по тексту работы.

#### Важные замечания

1. Применение методов статистического анализа и их интерпретация, с моей точки зрения, неудовлетворительны. Это касается как спектрального анализа рядов, так и корреляционного и мультирегрессионного методов анализа и оценок трендов.

а) Спектральный анализ. Автор использует этот метод для выделения максимумов оценок спектральной плотности для идентификации пиков в потенциальных вынуждающих силах и отклике системы. Начну с того, что оценки значимости спектральных плотностей – важнейшей компоненты статистического анализа – отсутствуют (рис. 2.10 и 3.3). В работе не указано, являются ли максимумы в спектральной плотности статистически значимыми. Автор ссылается на ряд работ, где аналогичные циклы были выделены в рядах атмосферы. Например, на работу, Fyfe et al. 2013 (кстати, название статьи Файфа и др. в списке литературы перепутано). Там, действительно, приведен спектр, но все пики в нем отмечены как незначимые. Важно ли это? На мой взгляд, важно. Если бы автор пришел к выводу о том, что пики спектральной плотности не значимы, то и последующие шаги могли быть другие. Например, идентификация потенциально важных факторов в формировании изменчивости ледяного покрова и поверхностей температуры океана была бы, возможно, сделана не по близости пиков оценок спектральных плотностей (что вызывает вопросы), а с точки зрения физической связанности процессов. Такое обоснование особенно важно при применении астрогеофизических факторов.

б) Оценки значимости трендов по бассейну показаны на рис 2.8 для трендов поверхностной температуры воды. Однако для оценок региональных трендов, приводимых в тексте, и для оценок трендов ледовитости подобные оценки отсутствуют. Приводимые оценки детерминации трендов если и можно как-то интерпретировать для оценки значимости трендов, то в тексте это не объяснено.

в) Корреляционный анализ. Таблица 3.1 может служить хорошим примером того, что, по-видимому, существует недопонимание процедуры оценки статистической значимости коэффициентов корреляции. В примечании к таблице автор отмечает, что для всех приведенных оценок коэффициентов корреляции критерий Стьюдента один и равен 0.21 для уровня значимости 0.05. Этого не может быть, поскольку этот критерий – сам

3/12/2024

функция значения коэффициента (чем выше корреляция, тем выше значение критерия). Более того, таблица говорит о том, что эти оценки применены без понимания внутренней коррелированности процессов (что уменьшает эффективную длину выборки и значимость). Это легко увидеть из того, что автор анализирует сезонное изменение корреляции, где доминирующим сигналом является сезонный ход, обеспечивающий высокую корреляцию. В данном случае удаление сезонного сигнала должно предшествовать анализу. Приведу еще пример того, как автор интерпретирует значимость оценок коэффициентов корреляции. На странице 93 (то же и на стр. 106) читаем: «... рассчитаны коэффициенты корреляции для уровня значимости 0.05». Коэффициенты корреляции не могут быть рассчитаны для некоего уровня значимости, они могут быть значимы или не значимы на выбранном уровне значимости. В совокупности, все эти погрешности создают впечатление о недопонимании того, что такое статистическая значимость оценок и как она применяется.

г) Мультирегрессионный анализ. Это – стандартный метод анализа. Однако оценка значимости результатов его применения вызывает вопросы. Я не понял, как применялся критерий оправдываемости расчетов с использованием  $0.67\sigma$ . Я также не нашел описания того, какими были критерии выбора предикторов в системе. На мой взгляд, существенным для результатов работы было бы оценить, насколько важным было включение тех или иных факторов (в частности, астрогеофизических). Таблицы 4.7 и 4.8 предлагают оценки коррелированности прогноза с исходным рядом при вариации предикторов. Вместе с тем, таблицы не позволяют увидеть роль каждого фактора в прогнозе (при изменении сразу пакета предикторов невозможно сказать, что стало причиной изменений в прогнозе). Еще более важным является отсутствие оценок значимости корреляций; я сомневаюсь, что приведенные различия в оценках – например, 0.87, 0.82 и 0.81 для ледовитости Гренландского моря летом – являются значимыми (то же можно сказать обо всех оценках корреляции в этих таблицах). Это ставит под вопрос интерпретацию автора важности роли выбранных факторов в изменчивости бассейна.

2. Поскольку методы анализа и их применение к анализу изменчивости не являются новыми, то новизну в работу должно было привнести использование астрогеофизических факторов в качестве предикторов при мультирегрессионном анализе. Вместе с тем, их роль в формировании климатического сигнала является до сих пор объектом дискуссий. В этом свете тщательное описание физических основ каждого из факторов и их роли (либо термодинамической, либо динамической) в формировании изменчивости системы является важным элементом работы. В работе дается определение компонентам астрогеофизических вынуждающих сил. Однако конкретная оценка возможного их воздействия на климатическую систему дается только для нутационных сил (стр. 98). И то, как это сделано в работе, вызывает вопросы. Автор приводит оценку Максимова, что роль нутационных сил в 19 раз меньше, чем приливообразующей силы Луны, вызывая перепад уровня в 1 см между  $60$  и  $70^\circ$  с.ш. Используя геострофическое соотношение, автор оценивает скорость течения, вызванное таким перепадом уровня, в 4-8 см/сек. Моя оценка разнится ( $g/f * dZeta/dx = 10/10^{-4} * 0.01/10^6 = 0.001$  м/сек = 0.1 см/сек) с оценкой автора и говорит о пренебрежимо малой роли этой вынуждающей силы. Кстати, порядок оценки 0.1 см/сек очень близок к тому, что можно получить, используя максимальные приливные

3/12/2024

течения (сумму четырех главных лунных и солнечных компонент из работы Kowalik & Proshutinsky 1994, их рис. 1), не превосходящие в Северо-Европейском бассейне 10 см/сек, если их поделить на 19 (вышеприведенный фактор).

3. Использование климатических индексов для аппроксимации определенных физических процессов вызвал ряд вопросов. Например, индекс PNA (впервые введенный М. Волласом) определен в литературе не как третья мода ЭОФ анализа, а несколько иначе. При этом это - тихоокеанский индекс и вследствие этого его корреляция с процессами в Атлантическом секторе Арктики невелика. Индекс АМО – физически сложный индекс, включающий ряд физических факторов, ответственных за его изменчивость. Поэтому его интерпретация как индекса интенсивности течений в Северной Атлантике является сильным упрощением. Важно, что выбор нескольких индексов из совокупности всех доступных для анализа в работе не обоснован, и это – важное методологическое упущение работы.

4. Представление результатов работы вызывает существенные вопросы. Данное замечание кажется второстепенным только на первый взгляд. У меня вызвало недоумение использование автором работы условных единиц во многих рисунках, включая те, где знание размерности переменной является фундаментальным для понимания ее роли в формировании изменчивости в системе. Более того, незнание размерностей переменных не позволяет воспроизвести и проверить результаты работы. Таким образом, не выполняется одно из важнейших Требований к диссертационным работам, а именно: «Выявленные закономерности и взаимосвязи должны поддаваться опытной проверке, которая должна подтвердить их достоверность, также они должны обладать обязательными четырьмя признаками: *необходимостью, устойчивостью, существенностью и повторяемостью*». В данном случае это важное правило не соблюдено.

5. Результаты регрессионного анализа не сравнивались с аналогичными результатами других работ. В настоящее время идет интенсивная работа по созданию и совершенствованию методов анализа и прогноза ледовитости Арктики. Проект называется Ice Outlook. Данные прогнозов по различным моделям (включая регрессионные) доступны на вебе. Этот этап – важная компонента работы, которая бы позволила подчеркнуть новизну в использовании астрогеофизических факторов в качестве предикторов.

#### *Прочие замечания*

1. Спектры в работе приведены в условных единицах. Что это такое и как это интерпретировать?
2. Стр. 48. Я не понял, как кластерный анализ помог определить роль течений в формировании температуры воды.
3. Стр. 50. Непонятно, что означает использование «скользящие периоды выделения трендов» для определения периодов.
4. Стр. 53-54. Оценки трендов в  $0.01\%/34$  года выглядят нереалистично. Думаю, что подразумевалось  $0.01/\text{год}$ .
5. Что нового представлено в главе 2?

3/12/2024

6. Стр. 63: Ссылка на Britannica et al. 2013 и цитата в списке литературы: Britannica E. et al. Британника – это название словаря, а не имя автора.
7. Конец стр. 65 – начало стр. 66: Осцилляционный характер лаговой корреляции вызван сильным сезонным ходом. Методологически более правильным было бы его удаление из ряда до начала любого анализа.
8. Рис. 3.2. Выбор полинома 6 порядка для аппроксимации кривой не обоснован.
9. Таблица 3.3: Что значит усл.ед. применительно к корреляции?
10. Что нового представлено в главе 3?
11. В главе 4 шесть из восьми рисунков представлен в терминах условных единиц. Как можно использовать эти материалы для интерпретации результатов?
12. Раздел 4.2. Как строились регрессии? Какова длина рядов? Шаг по времени? Критерии выделения предикторов? Что означает «достаточная статистическая значимость переменных» (низ стр. 100)?
13. Как получено несколько разных уравнений регрессии (Таблицы 4.5 и 4.6)?
14. Стр. 103. Интерпретация результатов регрессионного анализа требует более тщательного обоснования. Например, как по регрессионному анализу получено, что приток Атлантических вод влияет на формирование изменчивости бассейна?
15. Стр. 106: Есть ли обоснование для использования скользящего среднего в три года? Аналогичный вопрос: Каким образом определены лаги для переменных, приведенных в таблицах 4.5 и 4.6?
16. Содержание Автореферата, в целом, соответствует содержанию работы. В автореферате пропущен рис.1.

### Заключение

Основываясь на данных серьезных замечаниях, можно ли квалифицировать данную работу как выполненную на уровне Кандидата географических наук? В свете целого ряда существенных недостатков мой вывод, к сожалению, отрицательный.

На основании сказанного выше я вынужден сделать вывод, что диссертация Лис Натальи Андреевны «ДОЛГОПЕРИОДНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЛЕДОВИТОСТИ И ПОВЕРХНОСТНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ МОРЕЙ СЕВЕРОЕВРОПЕЙСКОГО БАССЕЙНА», *не* соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете».



И. В. Поляков  
Член диссертационного совета  
Д-р физ.-мат. наук, профессор

11 марта 2024 года