

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА
Эдельштейна Константина Константиновича
на диссертацию Сизовой Людмилы Николаевны
«Влияние крупномасштабной атмосферной циркуляции
на элементы ледово-термического и водного режима озера Байкал»,
представленную на соискание ученой степени кандидата географических наук
по специальности 25.00.27 — Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия.

1. АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Актуальность диссертационного исследования связана с необходимостью оценки природной межгодовой сезонной изменчивости гидрологического и экологического состояния озера Байкал – одного из старейших водоемов суши и величайшего по объему пресной воды с уникальным разнообразием в ней флоры и фауны. Необходимость познать причины этой изменчивости и ее вероятную реакцию на возможные климатические изменения на территории озерной котловины и байкальского водосбора стала особенно актуальна вследствие резко возрастающей туристической нагрузки на экосистему Байкала после его включения в список объектов Мирового природного наследия ЮНЕСКО, а также в связи с появившимися в Монголии проектами развития водного хозяйства и гидростроительства в бассейне Селенги – крупнейшего притока этого озера.

2. ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Диссертационная работа состоит из пяти глав, введения и заключения. Общий объем работы составляет 135 страниц машинописного текста, включая 4 таблицы и 58 рисунков. Библиографический список содержит 147 наименований, в том числе 66 – зарубежных ученых.

Во **введении** дана общая характеристика работы, обосновывается актуальность темы исследования, сформулированы цель и задачи исследования, излагаются научная новизна, теоретическая и практическая значимость диссертационной работы, сформулированы положения, выносимые на защиту.

Целью диссертационного исследования явилось изучение влияния крупномасштабной атмосферной циркуляции Северного полушария на элементы ледово-термического и водного режима оз. Байкал. В соответствии с целью исследования в работе решался **ряд задач**:

– оценить сезонную и межгодовую изменчивость характеристик ледово-термического и водного режима оз. Байкал в период инструментальных наблюдений на фоне

наблюдающегося глобального потепления климата;

- оценить влияние крупномасштабной атмосферной циркуляции Северного полушария на годовые и сезонные значения метеорологических характеристик в котловине Байкала;
- установить зависимость продолжительности ледостава от температуры воздуха последние месяцы года;
- оценить степень возможного влияния циркуляции атмосферы на температуру поверхности воды в месяцы безледного периода;
- выявить влияние циркуляции атмосферы и потепления климата на физико-географические факторы формирования водности основных притоков в оз. Байкал

В **первой главе** приведено краткое физико-географическое описание Байкала и его водосбора: орографические особенности громадной озерной котловины и морфометрические параметры озерной чаши, существенно влияющие на озерный микроклимат. Кратко изложены гидрологические особенности Байкала – пространственно-временная неоднородность поля температуры водной поверхности в безледный период и толщины ледяного покрова. Указывается, что почти половина водосбора – на засушливой территории Монголии, где расположен очаг формирования стока Селенги – крупнейшего по водоносыности притока Байкала. Для режима стока этой реки и наибольших сибирских притоков – Верхней Ангары и Баргузина – характерны многочисленные паводки в теплую часть года и низкая зимняя межень.

Во **второй главе** описаны используемые в диссертации гидрометеорологические материалы и статистические методы их анализа. Об очень большом объеме метеоданных сужу по тому, что база исходных для расчетов данных включает многолетние (за 1950–2015 гг.) среднемесячные, сезонные и годовые значения температуры воздуха, количества атмосферных осадков и температуры поверхности воды, ежегодные сроки замерзания и вскрытия, значения максимальной толщины льда по наблюдениям 12 береговых гидрометеорологических станций, расположенных в каждом из трех районов Байкала, и трех станций – в приусտьевых участках главных притоков. Использованы величины их стока и суммарного притока речных вод всех рек и речек в оз. Байкал по гидрометрическим данным Гидрометеослужбы РФ за 1933–2014 гг. При описании изменений крупномасштабной циркуляции атмосферы в Северном полушарии использовались циркуляционные индексы, рассчитанные для периода 1950–2015 гг. в Центре прогнозирования климата NOAA США. Для характеристики изменчивости атмосферной циркуляции в Северном полушарии в диссертации использованы индексы 8-ми циркуляционных мод. К ним до-

бавлены значения индекса сибирского максимума высокого давления (Sh) для зимнего сезона этого же расчетного 65-летнего периода, рассчитанные диссертантом. К сожалению, не объяснено, как получен диапазон шкалы условных единиц от +3,0 до -3,0 для этого индекса. При объяснении циркуляционных особенностей каждой из 9 мод графиками показывается сильная межгодовая изменчивость их индексов (рис. 2.5–2.14) и ее цикличность 5-летним сглаживанием значений усл. ед. Завершается глава подробным изложением методики построения абстрактной модели множественной линейной регрессии.

В третьей главе анализируются современные изменения климатических и гидрологических характеристик в азиатской части РФ. Показано, что влияние глобального потепления климата проявилось в повышении среднегодовой температуры воздуха в котловине южного района Байкала, по оценке диссертанта, во вдвое большем тренде, чем во всем Северном полушарии. При сравнении темпов роста температуры в г. Бабушкине и г. Иркутске (рис. 3.2) автор не учла потепления на 1–1,5 °С микроклимата города у Иркутской ГЭС. Это – следствие заполнения водохранилища байкальской водой во второй половине 1950-х годов, после чего межгодовые колебания температуры воздуха в обоих городах стали схожи. Обнаружено, что над Байкалом во все сезоны года несколько ослабли скорости ветров, особенно в последние 25 лет (рис. 3.4).

Диапазоны межгодовой изменчивости среднесезонных и среднегодовых значений температуры воздуха, скорости ветра и слоя атмосферных осадков практически неизменно значительны в течение всего 65-летия (рис. 3.3–3.5). Столь же сильная межгодовая изменчивость выявлена во вдвое более длинных рядах дат замерзания и вскрытия акватории, но с более четко выраженным трендом увеличения продолжительности безледного периода примерно на 20 суток. А в многолетних рядах средней температуры воды на водостоках в Южном и двух других районах озера положительный тренд оказался осложненным внутривековым циклом с максимумом в 1940-ые, минимумом в 70-ые и еще большим максимумом в 2000-ные годы (рис. 3.8). Подобные внутривековые противофазные циклы проявились и в более длинных рядах (1901–2014 гг.) температуры воздуха и суммарного притока речных вод (рис. 3.9).

Считаю необходимым отметить, что столь многообразный и детализированный анализ внутри- и межгодовой изменчивости режима метеорологических и гидрологических характеристик Байкала, включая последнее 20-летие, выполнен впервые диссертантом. Более того, подобных по масштабу и комплексности обобщений гидрометеорежима водоемов мне не встречалось в лимнологической литературе. Замечу

лишь, что было бы не лишним сопоставить размах межгодовых колебаний рассмотренных метеорологических и гидрологических характеристик сравнением значений коэффициента вариации Cv их многолетних рядов.

В четвертой главе представлена серия 15-ти разработанных диссертантом статистических моделей в форме уравнений множественной линейной регрессии зависимости среднесезонных и среднегодовых величин **метеорологических характеристик** в 1950–2015 гг. в котловине Байкала от активности атмосферной циркуляции 3, 4 или 5 мод. Для каждого многолетнего ряда температуры воздуха, его влажности, скорости ветра и атмосферных осадков отбирались линейной корреляцией с рядами значений условных единиц индексов, характеризующими в те же годы активность циркуляционной моды, из мод те, что имели наиболее тесную связь с колеблющимися значениями метеорологической характеристики. Успешная верификация таких диагностических расчетов продемонстрирована на примере модельного воспроизведения межгодовых колебаний осредненных за зиму температур воздуха за последние 15 лет (рис. 4.2) со статистически высоко значимым коэффициентом корреляции 0,79. Однако для летних сезонов удачно воспроизводится лишь многолетний тренд. Статистической связи межгодовой изменчивости метеорологических характеристик с циркуляционными индексами не обнаружено, предположительно, из-за радиационного нагрева котловины.

Пятая глава посвящена прогностическим и диагностическим расчетам межгодовой изменчивости **гидрологических характеристик**. К прогностическим расчетам относятся полученные диссертантом по вековым данным (1896–2015 гг.) статистически весьма значимые зависимости дат замерзания Южного Байкала от средней температуры воздуха за ноябрь–декабрь и максимальной толщины льда – от температуры за январь–февраль. К ним относятся и два уравнения множественной линейной регрессии зависимости толщины льда у водпоста Листвянка от индексов атмосферной циркуляции в декабре–феврале (рис. 5.3) и подобных уравнений для дат вскрытия у острова Большой Ушканый и для средней за лето там температуры поверхности воды – от циркуляционных индексов декабря–марта (рис. 5.4 и 5.5).

К диагностическим расчетам отношу приводимые статистически значимые результаты корреляции почти полувековых рядов (1966–2014 гг.) объемов летне-осеннего и годового стока Селенги, Баргузина и Верхней Ангары с соответствующими рядами количества атмосферных осадков по данным метеостанций на их водосборах (табл. 1). А на летний сток Верхней Ангары значимо влияет еще и температура воздуха в июне–

октябре (табл. 3). Автор выявила следствие потепления климата в бассейне Байкала – тренд сокращения годового притока воды в озеро по наиболее многоводной Селенге, тогда как с водосбора Верхней Ангары сток наоборот увеличивается вследствие таяния горных ледников и мерзлых грунтов. Прогностическая ценность корреляции рядов годового стока этих рек с индексами атмосферной циркуляции предшествующих лет (табл. 4) не очевидна без оценки вероятной величины прогностической ошибки.

В **Заключении** сформулированы основные результаты, полученные в ходе работы над диссертацией. Заключение подчеркивает значимость полученных результатов.

Подводя итог, необходимо отметить, что диссертация **Л.Н. Сизовой** представляет собой законченное и качественно выполненное научное исследование. Диссертация содержит важные научные результаты и свидетельствует о высокой квалификации ее автора при решении гидрологических задач. Работа выполнена диссидентом самостоятельно с применением современных и оригинальных методов.

Содержание автореферата полностью соответствует тексту диссертации и дает исчерпывающее представление как о самой работе, так и о полученных результатах.

3. НОВИЗНА НАУЧНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ, ВЫВОДОВ И РЕКОМЕНДАЦИЙ

1. Впервые выполнен столь многообразный и детализированный анализ межгодовой сезонной изменчивости режима метеорологических и гидрологических характеристик Байкала за весь 60–80-летний период инструментальных метео- и гидрологических наблюдений на побережье всего Байкала, включая начало XXI века.

2. Впервые установлено, что потепление климата Северного полушария в XX веке вдвое сильнее проявилось в байкальской котловине, на фоне которого наблюдалась значительная межгодовая изменчивость среднесезонных и среднегодовых значений температуры и влажности воздуха, скорости ветров и атмосферных осадков.

3. Впервые доказано, что причина такой изменчивости погоды на Байкале – в изменяющемся сочетании активности от трех до пяти мод (механизмов) атмосферной циркуляции в Северном полушарии. Этот диагностический вывод обосновывается автором разработанной ею серией 15-ти уравнений множественной линейной регрессии зависимости сезонных и ежегодных величин метеорологических характеристик в 1950–2015 гг. в котловине Байкала от значений общепринятых в климатологии условных единиц циркуляционных индексов. Возможность успешного использования этих уравнений продемонстрирована на примере статистически высоко значимого результата

расчета происходивших в последние 15 лет колебаний на Байкале осредненных за зиму температур воздуха. При этом важен вывод автора, что для летних сезонов удачно воспроизводится лишь многолетний тренд, а статистической связи межгодовой изменчивости метеохарактеристик с циркуляционными индексами не обнаружено, предположительно, из-за радиационного нагрева котловины.

4. Наиболее важны для водного хозяйства и экологии Байкала разработанные в диссертации прогностические методики расчета внутри- и межгодовой изменчивости характеристик гидрологического режима Байкала. К ним относится статистически значимые зависимости двух–трехмесячного предвычисления дат замерзания его акватории, максимальной толщины ледяного покрова и его вскрытия. Впервые установлена противозначность трендов многолетних колебаний притока воды в Байкал с водосборов Селенги и Верхней Ангары при потеплении климата из-за ландшафтных различий очагов формирования их стока.

4. ДОСТОВЕРНОСТЬ И ОБОСНОВАННОСТЬ НАУЧНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ, ВЫВОДОВ И РЕКОМЕНДАЦИЙ, СФОРМУЛИРОВАННЫХ В ДИССЕРТАЦИИ

Научная обоснованность и достоверность положений и выводов подтверждается обработкой большого массива метеорологических и гидрологических данных, использованием современных методов сбора и обработки климатической и гидрометеорологической информации, надежностью используемого информационного обеспечения. Использована статистическая оценка конечных результатов многочисленных расчетов с указанием коэффициентов парной и множественной линейной корреляции, стандартных ошибок и учитываемых процентов межгодовой изменчивости гидрометеорологических характеристик.

5. НЕДОСТАТКИ РАБОТЫ, ВОПРОСЫ И ЗАМЕЧАНИЯ

К диссертации имеется несколько замечаний:

- 1) в главах 3, 4 и 5 для характеристики межгодовой изменчивости рассматриваемых метеорологических и гидрологических характеристик не использован коэффициент вариации C_v , сопоставлением значений которого стоило бы показать, какие из этих характеристик более чувствительны к изменчивости циркуляционных индексов тех или иных мод в те или иные сезоны;
- 2) в главе 2 и далее не нашел пояснения принципа назначения шкал условных единиц

циркуляционных индексов, с которыми, судя по графикам на многих рисунках, по-видимому, и коррелируются годовые значения гидрометеорологических характеристик, о чем также не упоминается в тексте. Интересно было бы сравнить и коэффициенты вариации условных единиц индексов 9 мод, а также диапазона их колебаний в пределах как симметричных, так и несимметричных шкал;

3) сопоставление графиков многолетних колебаний гидрометеорологических характеристик с расчетными их значениями по полученным уравнениям их зависимости от активности циркуляционных мод показывает, что при очень хорошем воспроизведении трендов и внутривековых колебаний, при совпадении в подавляющем числе лет знака отклонения расчетных величин от линий трендов, диапазон межгодовых колебаний расчетом несколько занижается. Эта нежелательная неточность модельного расчета особенно заметна для экстремальных значений гидрометеорологических характеристик в годы редкой повторяемости. Степень занижения диапазонов колебаний среднегодовых величин количественно можно было бы оценить сравнением значений Cv рядов наблюденных гидрометеохарактеристик с рядами их значений, воспроизведенных расчетами по изменчивости полей крупномасштабной атмосферной циркуляции;

4) в главе 4 отмечается, что летом (июнь–август) связь температуры и влажности воздуха с показателями циркуляции атмосферы существенно ослаблена (стр. 81 и 86). Возможно, она была бы лучше с данными метеостанций о баллах облачности в дневные сроки наблюдений. От облачности зависят колебания освещенности поверхности водоема и суточные дозы фотосинтетически активной радиации, проникающей в фотический слой и влияющей на биологическую продуктивность экосистемы в большей степени, чем температура воды вблизи уреза. Экологическая значимость оценки связи гидрологического состояния Байкала с показателями циркуляции атмосферы существенно увеличилась бы, так как радиационный режим этого озера определяет в нем интенсивность развития фитопланктона не только в безледный период, но, по данным О.М. Кожовой, и под ледяным беснежным покровом.

5) в заголовке табл. 1 и 3 вместо «объемов» воды в км³ написано «расходов».

Перечисленные недостатки имеют рекомендательный характер и не снижают общего весьма положительного впечатления от диссертационной работы, поскольку не уменьшают, по существу, ценность выполненного исследования.

6. ПОЛНОТА ИЗЛОЖЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ ДИССЕРТАЦИИ В ПУБЛИКАЦИЯХ СОИСКАТЕЛЯ

Автором по теме диссертации опубликовано 3 статьи в журнале, рекомендованном ВАК для публикации результатов диссертационного исследования (все в соавторстве). Остальные 18 публикаций – в материалах и тезисах всероссийских, международных и региональных конференций, в том числе 2 доклада (в соавторстве) на VII Всероссийском Гидрологическом съезде и доклад на IX Европейском пресноводном симпозиуме (SEFS) в Женеве. Результаты диссертации в основном опубликованы, а основные положения диссертационной работы докладывались на многих научных конференциях.

7. ВЫВОДЫ, СООТВЕТСТВИЕ ДИССЕРТАЦИИ КРИТЕРИЯМ, УСТАНОВЛЕННЫМ ПОЛОЖЕНИЕМ О ПОРЯДКЕ ПРИСУЖДЕНИЯ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ

Диссертация **Сизовой Людмилы Николаевны** «Влияние крупномасштабной атмосферной циркуляции на элементы ледово-термического и водного режима озера Байкал», представленная на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 25.00.27 — Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия является законченной научно-квалификационной работой, основанной на оригинальном фактическом материале, в которой решен комплекс задач, связанных с разработкой статистических моделей воспроизведения межгодовой изменчивости сезонных и годовых величин метеорологических и гидрологических характеристик погоды, ледово-термического и водного режима озера Байкала в прошедшие 65 лет на основе изменчивости циркуляции атмосферы в Северном полушарии. С учетом результатов этих модельных расчетов разработаны методы прогноза в предстоящем году ледовых условий на озере Байкал и формула зависимости средней температуры его верхнего слоя воды в июне-октябре от циркуляционных индексов атмосферы Северного полушария декабря-марта.

Диссертационная работа **Сизовой Л.Н.** выполнена на высоком научном уровне. Полученные автором результаты, обладающие научной новизной, имеют теоретическое значение и могут быть использованы при решении практических задач, связанных с расчетом сроков замерзания, вскрытия и максимальной толщины льда на Байкале в предстоящем году.

По объему научных исследований, научной новизне, теоретической и практической значимости полученных автором результатов, диссертационная работа **Сизовой Людми-**

лы Николаевны полностью соответствует всем требованиям п. 7. «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 30 января 2002 г. № 74, в редакции постановления Правительства РФ от 20.06.2011 г. № 475, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор достойна присуждения искомой степени кандидата географических наук по специальности 25.00.27 — Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия.

Официальный оппонент

Профессор, доктор географических наук
Константинович

Эдельштейн Константин

Сведения о составителе отзыва:

Ф.И.О.: Эдельштейн Константин Константинович

Адрес: 119991, г. Москва, ГСП-1, Ленинские горы, МГУ, географический
факультет

Телефон: +7 495 939 15 33

E-mail: emek05@mail.ru

Организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования «Московский
государственный университет имени М.В. Ломоносова»,
географический факультет, кафедра гидрологии суши

Должность: Профессор

Подпись руки Эдельштейна К.К. заверяю
Декан географического факультета МГУ
член-корреспондент РАН С.А. Добролюбов

