

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора географических наук Холопцева Александра Вадимовича

на диссертацию Наурузбаевой Жанар Куанышевны «Влияние изменения климата на ледовый режим Северного Каспия», представленной на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 25.00.30 - Метеорология, климатология, агрометеорология

Актуальность темы. Ледовый режим водных объектов во многом определяет изменения состояния всех компонентов их экосистем. Состояние ледяного покрова морей, озер и рек, изменяющееся в связи с метеорологическими процессами в их бассейнах, в том числе - переменами регионального климата, является существенной характеристикой существующих в них экологических условий. Поэтому тема диссертации Наурузбаевой Жанар Куанышевны, посвящена проблемам Метеорологии и Экологии и в полной мере соответствует паспорту специальности 25.00.30 - Метеорология, климатология, агрометеорология.

Тема этой диссертации актуальна потому, что в Прикаспийском регионе в современном периоде происходят климатические изменения, которые существенно влияют на все характеристики существующих здесь экологических условий. Влияют они и на ледовый режим Каспийского моря, определяющий не только состояние его экосистемы, но и безопасность жизнедеятельности населения прибрежных территорий, осуществляемого здесь судоходства, рыболовства и эксплуатации гидротехнических сооружений. Поэтому развитие существующих представлений об особенностях влияния перемен регионального климата на ледовый режим Северного Каспия является актуальной и социально значимой проблемой метеорологии, климатологии и экологии.

Решению указанной проблемы посвящены работы многих отечественных и зарубежных ученых. Основой существующих представлений о влиянии перемен регионального климата на ледовый режим Северного Каспия являются работы П.И. Бухарицина, И.О. Думанской, М.В. Болгова, Г.Ф. Красножона, А.А. Любушина. Значительный вклад в их изучение внесли также ученые Казахстана, в основном представляющие Казгидромет. Упомянутые исследования основаны на результатах мониторинга изучаемых процессов, которые были получены преимущественно в XX веке. С тех пор в состоянии климатической системы планеты произошли существенные перемены. Вследствие этого в современном периоде особенности влияния перемен регионального климата на ледовый режим Северного Каспия могли измениться.

Вместе с тем особенности указанной связи, характерные для современных условий изучены недостаточно, что также обуславливает актуальность данного исследования. Его **Объектом** являются перемены климата Прикаспийского региона и их влияние на ледовые условия Северного Каспия.

Предмет исследования: Влияние современных изменений климата Прикаспийского региона на ледовый режим Северного Каспия.

Цель работы: оценить влияние изменения климата на ледовый режим Северного Каспия на основе данных наблюдений и результатов физико-математического моделирования.

1. Общая характеристика работы. Диссертация изложена на 138 страницах, включает введение, 5 глав и заключение. Текст содержит 27 рисунка и 19 таблиц. В списке литературы присутствует 138 источника. Оформление диссертации и автореферата соответствует требованиям ГОСТ Р 7.0.11–2011.

В **первой главе** рассмотрены существующие представления об объекте исследования диссертации – переменах климата Прикаспийского региона и их влиянии на ледовые условия Северного Каспия, а также проанализированы исходные гидрометеорологические данные.

Представлен обзор гидрометеорологической изученности Прикаспийского региона, а также существующих представлений о влиянии изменений его климата на ледовый режим и другие физико-географические характеристики Северного Каспия.

Упомянуты результаты выполнения современных международных программ и проектов, посвященных изучению климатических изменений Прикаспийского региона и ледового режима Северного Каспия.

Охарактеризована собранная гидрометеорологическая информация, которая включает:

- многолетние ряды среднемесячных и срочных температур воздуха и водной поверхности, месячных сумм атмосферных осадков, среднемесячных, среднесуточных и максимальных значений модуля скорости ветра и его направлений, а также числа дней различных месяцев с преобладанием тех или иных форм общей циркуляции атмосферы;

- сведения ежесуточных, максимальных за зимний период толщин льда в пунктах мониторинга и общей площади ледяного покрова;

- характерные даты ледового режима.

Упомянутые сведения охватывают период от начала наблюдений по 2019 г. включительно. Оценено качество и однородность упомянутого фактического материала, проведен статистический анализ.

Изложенное позволило автору сделать вывод о том, что собранная гидрометеорологическая информация достаточна для решения поставленных в диссертации задач и достижения ее цели.

Во **второй главе** изложена методика исследования, основанная на статистическом моделировании многолетних временных рядов и оценке эффективности нестационарных моделей по сравнению с моделью стационарного среднего. В ней также оценены климатические изменения характеристик ледового режима Северного Каспия. Проанализированы

изменения максимальной толщины ледового покрова моря в пунктах мониторинга. Установлено, что за изучаемый период во всех этих пунктах значения указанного показателя значительно уменьшались. Особенности изучаемых изменений допускают их аппроксимацию ступенчатыми функциями, в которых переход от одного их квазистационарного состояния к другому имел место в 1988 - 1989 гг.

Показано, что наименее восприимчивым к происходящему потеплению регионального климата является ледяной покров северо-западной части изучаемой акватории, в то время как наиболее суровые зимы наблюдаются на ее северо-восточной части.

Согласно данным спутникового мониторинга в период 2007-2019 гг. суммарная площадь ледяного покрова в изучаемом регионе снижается, что может рассматриваться как отклик на произошедшее здесь повышение зимних температур воздуха. Это подтверждает представленные оценки изменений характерных дат ледового режима и продолжительности ледового периода.

В **третьей главе** рассмотрены особенности происходящих изменений регионального климата. Показана возможность аппроксимации температурных изменений в регионе ступенчатыми функциями с резким повышением температур воздуха в конце 1980-х (суровость зим уменьшилась). Анализ статистических связей между многолетними изменениями максимальной толщины ледового покрова в пунктах мониторинга, а также вариациями месячных сумм отрицательных температур воздуха подтвердил их значимость.

Установлено, что в конце 80-х годов в регионе в зимние месяцы произошла активизация ветров западных румбов, а повторяемость юго-западных ветров повысилась, по сравнению с предыдущим периодом, в 1,5 раза. При этом максимальные значения модуля скорости ветра несколько уменьшились.

Ступенчатые изменения в конце 80-х годов произошли и в межгодовых вариациях числа дней с формами циркуляции W, E (для формы C значения этого показателя не изменились). Суммарное количество дней с формой W за холодный период увеличилось в среднем с 32 до 51 день, а число дней с E уменьшилось с 61 до 40 дней, т.е. в 1.5 раза в обоих случаях. Следовательно, в период начиная с конца 1980-х годов зимы в регионе стали существенно теплее из-за роста влияния теплого атлантического воздуха и уменьшения числа холодных воздушных масс, приходящих из Сибири.

Значимых трендов в изменениях годовых сумм атмосферных осадков на большинстве станций региона не выявлено, но в его северной части месячные суммы осадков в декабре, январе и марте несколько возросли.

Четвертая глава посвящена разработке методики краткосрочного прогноза изменений толщины льда и оценке ее эффективности. Для этого

рассмотрены существующие методы прогноза ледовых явлений на Каспийском море, а также предложена новая методика краткосрочного прогноза нарастания толщины льда для северо-восточного сектора Каспийского моря. Упомянутая методика основана на учете выявленной статистической связи между толщиной льда и суммой отрицательных температур, имеющей место для фазы нарастания льда до максимальной его толщины.

Оправдываемость краткосрочных прогнозов, разработанных с применением предложенной методики оценена с использованием независимой информации различной заблаговременности от 1 до 10 суток за каждый зимний сезон всех лет наблюдений. При этом учитывались фактические изменения температуры воздуха за период заблаговременности прогноза.

Установлено, что оправдываемость суточных прогнозов составляет в среднем 89-90% при вариации от 82% до 98%, но прогнозы с заблаговременностью 3 суток оправдываются всего в 67% при существенной вариации от 51% до 80%, что свидетельствует об эффективности предложенной методики прогнозирования на сутки-двое.

Разработанная методика апробирована для станции Пешной за период с 2016 по 2019 гг. Показано, что за зимние периоды 2016-2019 гг. прогнозы с заблаговременностью 1 сутки оправдалось не менее чем в 91% случаев из общего числа 205 прогнозов (это весьма высокий и практически значимый результат, доказывающий полезность выполненной работы).

Пятая глава посвящена оценке изменений максимальной толщины льда на Каспийском море, которые могут произойти до конца 21 века при осуществлении сценария, предполагающего, что закономерности, обуславливающие влияние на них термических факторов не изменятся, а потепление регионального климата продолжится. Для этого сценария сопоставлены результаты моделирования дальнейших изменений климата, полученные с применением 10 климатических моделей:

- Пекинского климатического центра, Китай (BCC);
- Канадского центра моделирования и анализа климата с разрешением T63 (CanESM2);
- национального центра атмосферных исследований США (CCSM3.0);
- центра метеорологических национальных исследований Франции (CNRM);
- центра атмосферных исследований Австралии версии Mk3.5 (Mk3.5 Model);
- Хэдли центра прогноза климата, Великобритания (HadCM3);
- института вычислительной математики РАН, Россия (INM CM4.0);
- института Макса Планка, Германия (MPI);
- японской модели MIROC3.2 с высоким разрешением (MIROC3.2)

- французской модели CM4 V1 института Лапласа (IPSL/LMD/LSCE). Определена модель, которая точнее описывала фактическую динамику изучаемого процесса в прошлом.

Основываясь на предположении, что в будущем связи между характеристиками регионального климата и ледяного покрова Северного Каспия сохранятся такими же, как они были в прошлом, разработана методика оценки толщины льда до конца 21-го века.

С ее помощью установлено, что если потепление регионального климата действительно продолжится, зимы к концу XXI века станут гораздо теплее, чем в современном периоде, ледовый покров в западной части акватории формироваться не будет, а в восточной части его толщина значительно уменьшится. В целом на Северном Каспии повторяемость зим без ледового покрова возрастет.

2. Научная новизна работы заключается в следующем:

1. Впервые показано, что межгодовые изменений толщины ледяного покрова Северного Каспия (в фазе нарастания его толщины), сумм зимних отрицательных температур воздуха в Прикаспийском регионе, а также повторяемости форм атмосферной циркуляции типов W и E, могут быть аппроксимированы ступенчатыми функциями, в которых скачок происходит в конце 80-х годов XX века. Последнее позволяет предположить, что в конце 80-х годов произошел сдвиг характеристик, как регионального климата, так и ледяного покрова Северного Каспия.

2. Выявлены значимые статистические связи изменений характеристик ледового режима Северного Каспия, со сменой форм атмосферной циркуляции для рассматриваемого региона и соответствующими изменениями в климатических факторах.

3. Разработана методика и проведена апробация краткосрочного прогноза нарастания толщины льда для северо-восточной части Каспийского моря.

4. Для выбранного сценария будущего и основываясь на принятом допущении, разработана методика прогнозирования и оценены возможные дальнейшие изменения максимальной толщины льда Каспийского моря до конца 21 века.

3. Достоверность и обоснованность полученных результатов подтверждается широким использованием фактических данных об изменениях характеристик общей циркуляции атмосферы и регионального климата, а также вариациях локальных оценок толщины и общей площади ледяного покрова Северного Каспия. Предложенная автором методика краткосрочного прогнозирования изменений максимальной толщины ледяного покрова в пунктах, где осуществлялся мониторинг этого процесса, апробирована в реальных условиях и подтвердила свою высокую эффективность. Применяемые в работе методы исследования являются современными и не вызывают сомнений. Все представленные в работе данные оформлены в виде карт-схем, таблиц, графиков и диаграмм.

Интерпретация полученных результатов выполнена автором с использованием современных методов обработки информации и статистического анализа. Автор провел широкую апробацию результатов на достаточном количестве международных научно-практических конференций.

4. Теоретическая значимость диссертации заключается

- в разработанной методике комплексной оценки климатических изменений и характеристик ледового режима Каспия и их метеорологических факторов;

- в выявлении одной из существенных причин выявленных климатических изменений – переменной повторяемости форм W и E атмосферной циркуляции в регионе;

- в разработке эффективной методики краткосрочного прогноза изменений максимальной толщины льда (в фазе ее нарастания) для северо-восточной части Каспия;

- в выборе модели климата для региона Каспийского моря, которая наиболее точно описывает его изменения в начале XXI века;

- в получении оценок изменений ледового режима Северного Каспия, которые могут соответствовать действительности при осуществлении выбранного сценария будущего и принятых допущений.

5. Практическая значимость заключается в том, что:

- сформирована региональная гидро-климатическая база данных, которая проверена на однородность и может быть использована для исследовательских работ РГП «Казгидромет» и любых других научных и проектных организаций;

- разработана и апробирована методика краткосрочного прогноза суточной толщины льда в казахстанском секторе Каспия, которая внедрена в оперативную практику прогнозов Казгидромета;

- в возможности использования полученных результатов любыми заинтересованными организациями в таких областях как: исследовательские работы по Северной части акватории Каспийского моря, нефтегазовая промышленность, судоходство, рыбное хозяйство, экологический и биологический мониторинг.

Внедрение в производство: получен акт внедрения результатов диссертационной исследования от 20 апреля 2019 г. «Региональным центром гидрологии Центральной Азия, корпоративный фонд». Получен акт внедрения в производство Управления гидрометеорологических исследований Каспийского моря Научно-исследовательского центра (УГМИКМ НИЦ) РГП «Казгидромет». В тестовом режиме запущена методика прогнозирования с ноября 2020 г.

6. Значимость для науки и практики полученных результатов заключается в том, что представленные результаты могут быть использованы для создания системы мониторинга гидрометеорологических, в том числе ледовых и экологических условий на Северном Каспии, совершенствования системы обеспечения экологической безопасности населения его

прибрежных районов, управления работой флота, рыболовством и эксплуатацией гидротехнических сооружений.

7. Замечания и недостатки

Как справедливо отмечает автор на странице 49, термический режим Северного Каспия является важным фактором формирования и развития его ледяного покрова. Изменения этого режима вызваны вариациями потоков солнечной и тепловой радиации, поглощаемой его водами, солёности поверхностного слоя его вод, расходов и направлений поверхностных течений, переносящих теплую и холодную воду и др.

По известным причинам мониторинг перечисленных процессов на всей акватории Северного Каспия проблематичен. Вследствие этого традиционные методики краткосрочного прогнозирования формирования его ледяного покрова, как и методика, предложенная автором, основаны на учете статистических связей этого процесса с теми или иными атмосферными процессами. Последние существуют благодаря взаимосвязям в климатической системе нашей планеты, имеющим место в ее современном состоянии. В будущем эти взаимосвязи могут стать иными.

Упомянутые связи могут быть выявлены лишь по предысториям изучаемого процесса и его факторов. Поэтому актуальным вопросом является анализ статистической устойчивости связей, учитываемых при прогнозировании. Тем не менее, в диссертации он не рассмотрен, что является некоторым недостатком. Поэтому не ясно:

7.1. – как часто следует повторно осуществлять верификацию предложенных автором прогностических моделей? (ведь коэффициенты соотношений 3.1-3.11, зависят от того на каких отрезках времени они определены);

7.2. - как влияет на валидность прогнозов продолжительность периода времени между последующими верификациями этих моделей?

7.3. - как соотносятся результаты фактических измерений толщины ледяного покрова Северного Каспия вдоль треков ИСЗ (NASA) ICESat-1, 2, полученные с применением размещенных на них лидаров, с оценками по соотношениям 3.1-3.11?

7.4. - в чем причина имеющихся ошибок разработанных краткосрочных прогнозов и каковы возможности повышения их оправдываемости?

Следствием перемен климата в бассейне Каспия являются изменения не только термического режима атмосферы над ним, но и другие процессы, в

том числе, приводящие к вариациям уровня этого водоема. Последние влияют на характеристики поверхностных течений, и потому способны изменять выявленные автором связи, учитываемые при прогнозировании. В диссертации данный вопрос не обсуждается, что является еще одним ее недостатком. Он вызывает вопрос: **7.5. - насколько существенным является влияние происходящих изменений уровня Северного Каспия на валидность и оправдываемость краткосрочных прогнозов перемен его ледового режима по предложенной автором методике.**

В главе 5 автором справедливо отмечается, что сценарии дальнейших перемен глобального климата, как и климата Прикаспийского региона, многовариантны. При каждом их варианте изменения термического режима Северного Каспия, солености его поверхностных вод и уровня, будут иными. Могут изменяться и закономерности, определяющие связи ледового режима Северного Каспия с термическим режимом атмосферы над его побережьями. В связи с этим установленные автором параметры эмпирических соотношений 5.1-5.11, при дальнейших переменах регионального климата, соответствующих различным их сценариям, могут изменяться по-разному.

Вариант сценария, при котором они остаются неизменными, не исключен. При этом к числу вполне изученных и описанных в литературе, данный сценарий не относится.

Тем не менее, как следует из страниц 98-99 диссертации, автор полагает возможным использовать соотношения (5.1) – (5.11) как основу для расчета будущих проекций максимальных толщин льда на основе проекций среднемесячных температур воздуха, полученных по разным моделям климата.

Последнее справедливо лишь в случае, если осуществится именно упомянутый сценарий. В связи с этим возникли вопросы:

7.6. - как должны изменяться содержание в атмосфере парниковых газов и других радиационно-активных веществ, а также характеристик подстилающей поверхности планеты, чтобы параметры соотношений 5.1-5.11 с течением времени не изменялись?

7.7.- почему выбор наиболее подходящей модели климата для рассматриваемого региона осуществлен именно для этого сценария (при других сценариях коэффициенты 5.1 -5.11 не останутся такими же)?

7.8. - могут ли быть рекомендованы автором разработанные им сверхдолгосрочные прогнозы изменений ледового режима Северного Каспия (которые весьма актуальны для планирования многих видов хозяйственной деятельности и природоохранных мероприятий), к использованию на практике?

Заключение

Автореферат диссертации полностью отражает ее содержание. Диссертация соответствует паспорту специальности 25.00.30 - Метеорология, климатология, агрометеорология.

Новые научные положения диссертации опубликованы в периодических научных изданиях, в том числе две работы представлено в научных журналах, включенных в перечень, рекомендованный ВАК. Еще двенадцать работ опубликовано в других научных изданиях, материалах и тезисах конференций, в том числе имеющих статус РИНЦ.

Несмотря на указанные недостатки, и возникшие вопросы, диссертация Наурызбаевой Жанар Куанышевны «Влияние изменения климата на ледовый режим Северного Каспия» является завершённой научно-квалификационной работой. Диссертация полностью соответствует критериям пп. 9-14 Постановления Правительства РФ «О порядке присуждения учёных степеней» № 842 от 24.09.2013 (в действующей редакции), а ее автор, Наурызбаева Ж. К. заслуживает присуждения учёной степени кандидата географических наук по специальности 25.00.30 - Метеорология, климатология, агрометеорология.

Официальный оппонент,

доктор географических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории гидрометеорологии Севастопольского отделения Федерального государственного бюджетного учреждения «Государственный океанографический институт имени Н.Н. Зубова»

Холопцев Александр Вадимович

12.04.2021

(дата)

Адрес: 299011, г. Севастополь, ул. Советская, 61

Тел.: +7(978)764-66-97

E-mail: kholoptsev@mail.ru

Подпись доктора географических наук, ведущего научного сотрудника лаборатории гидрометеорологии Севастопольского отделения Федерального государственного бюджетного учреждения «Государственный океанографический институт имени Н.Н. Зубова» УДОСТОВЕРЯЮ

Директор Севастопольского отделения Федерального государственного бюджетного учреждения «Государственный океанографический институт имени Н.Н. Зубова» к.т.н. Дьяков Н.Н.

