

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Кашницкой Марины Алексеевны «Гидрологический режим бессточных озер в степной зоне Забайкалья (на примере Торейских озер)», представленную на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 25.00.27. «Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия».

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы. Исследование изложено на 126 страницах, включая 10 таблиц, 50 рисунков и список литературы, состоящий из 120 источников.

Актуальность диссертационного исследования

Диссертационное исследование М.А. Кашницкой посвящено актуальной теме – изучению состояния водных ресурсов и водохозяйственного комплекса бассейна Торейских озер и анализу возможного изменения их уровня с учетом изъятий воды для обеспечения деятельности гидротехнического сооружения, возводимого на трансграничной реке Ульдза – их основного притока. Исследуемые в работе озера расположены в регионе водного дефицита и являются основой государственного природного биосферного заповедника «Даурский», через который проходит Восточно-Азиатско-Австралийский путь миграции десятков видов перелётных птиц. С 2017 года Торейские озера и близлежащая российско-монгольская территория стали объектом Всемирного наследия ЮНЕСКО – «Ландшафты Даурии». Кроме этого, озера имеют статус водно-болотных угодий международного значения в соответствии с Рамсарской конвенцией. В июле 2020 г. на монгольской части реки Ульдза начато строительство водохранилища в рамках программы «Синий конь», направленной на перераспределение стока северо-монгольских рек, трансграничных с Россией, на засушливый юг и юго-восток страны. Реализация программы может повлечь за собой существенные изменения водного баланса Торейских озер и их уровня. Оценка возможных нарушений гидрологического режима Торейских озер крайне актуальна, поскольку может предопределить и значимые изменения всей их водной экосистемы, подлежащей охране.

Научная новизна и практическая значимость диссертационной работы

В качестве наиболее важных результатов диссертационного исследования М.А. Кашницкой, обладающих научной новизной и практической значимостью, можно выделить следующее:

Соискателем предложен метод восстановления значений уровня Торейских озер по данным дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) в условиях отсутствия инструментальных наблюдений, с помощью которого получен непрерывный пространственно-временной ряд информации об их уровне в режиме;

Разработана основанная на комплексировании данных наземных наблюдений и спутниковой информации модель водного баланса, позволяющая производить расчет уровней с учетом его изменений, обусловленных антропогенной нагрузкой или климатическими причинами;

Выполнен вероятностный прогноз гидрологического режима Торейских озер в естественных и нарушенных условиях;

Проанализированы возможные изменения уровня режима Торейских озер в результате функционирования планируемого на реке Ульдза гидротехнического сооружения.

Результаты проведенного исследования возможно применить для комплексного анализа состояния сохранности объекта Всемирного наследия ЮНЕСКО «Ландшафты Даурии», проводимого в рамках научно-исследовательской работы Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации «Научные исследования в области влияния регулирования стока реки Ульдза (МНР) на биологическое разнообразие трансграничного Даурского экорегиона в границах Российской Федерации (бассейн реки Ульдза и Торейские озера в границах Российской Федерации, расположенные на территории Ононского, Борзинского и Нерчинско-Заводского районов Забайкальского края) и подготовка научно-обоснованных предложений по сохранению биологического разнообразия экорегиона».

Предложенные автором диссертации методы восстановления уровня воды с использованием данных ДЗЗ и разработанные им модели водного баланса, основанные на комплексировании данных наземных наблюдений и спутниковой информации, могут быть применены, с учетом необходимой переработки, для оценки уровней воды других бессточных водоемов, характеризующихся недостатком данных наземных наблюдений.

Степень обоснованности и достоверности полученных результатов

В исследовании автором диссертации были использованы материалы государственной наблюдательной сети Росгидромета, данные ДЗЗ, а также материалы исследований научных организаций и другие источники информации. Применялись методы статистического анализа данных, математического моделирования, гидрологических

расчетов, включая водобалансовый метод, а также методы обработки и дешифрирования спутниковой информации. Достоверность полученных автором диссертации результатов и сделанных им выводов подтверждена их сравнением с независимыми данными и исследованиями других авторов. Результаты моделирования проверены на достоверном фактическом материале. Результаты диссертационного исследования опубликованы в рецензируемых периодических изданиях, изложены и обсуждены на международных и российских конференциях и семинарах.

Анализ содержания и общая оценка диссертационной работы

Во введении представлена общая характеристика работы, обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цель и задачи работы, объект и предмет исследования, рассматривается степень изученности проблемы, изложены материалы и методы исследования, научная новизна и практическая ценность работы, отражена степень достоверности полученных автором результатов, приведены защищаемые положения.

В первой главе работы приводится физико-географическое и гидрометеорологическое описание бассейна Торейских озер, анализируется состояние их изученности, рассматриваются климатические условия в бассейне и их изменчивость. Дается характеристика особенностей экологического региона Торейских озер.

Замечания по первой главе:

- 1) Согласно описанию, приводимому на стр. 27 «Водный режим рек Ульдза и Ималка характеризуются неравномерным распределением стока внутри года... В зимний период в связи с промерзанием рек до дна сток отсутствует... Осенняя межень начинается в ноябре, затем реки промерзают, сток рек прекращается». На рис 1.3.2 сток в зимние месяцы фактически отсутствует и в маловодный, и в средний по водности и в многоводный год. В то же время, на стр. 27 приводится обобщение: «На долю зимнего стока приходится около 10 % в многоводные годы, в годы средней водности – 5 %, в маловодные годы – менее 1 %». Не приведено кем и как были получены такие данные, которые противоречат приведенному графику.
- 2) Согласно тексту, на стр. 29 «Изменение средних многолетних расходов воды показано на рисунке 1.3.3. На рисунке 1.3.4 представлена разностная интегральная кривая реки Ульдза, которая свидетельствует о том, что первое десятилетие XXI века характеризовалось пониженным стоком». В то же время, согласно графику, на рис. 1.3.3 сток по р. Ульдза и Ималка с 2004 фактически отсутствовал.

Во второй главе работы рассматриваются методы восстановления значений уровня Торейских озер в условиях отсутствия наземных гидрологических измерений. Рассмотрены существующие методы определения границ водной поверхности по данным ДЗЗ и выбран оптимальный метод для озер степной зоны Забайкалья. С помощью выбранного метода получена динамика площади водного зеркала Торейских озер за период 1989-2020 гг. Восстановление уровенного режима Торейских озер за указанный период выполнено с учетом площадей водной поверхности, полученных по данным ДЗЗ, и цифровой модели рельефа (ЦМР) местности. С этой целью по данным наблюдений построены графики зависимости уровня воды озер от их площади водной поверхности и объема. Проанализировано изменение уровня озер за период восстановления данных. Рассчитана погрешность определения уровня озер по данным ДЗЗ.

Замечания по второй главе:

- 1) В диссертации приводится подробный обзор работ, посвященных существующим методам определения границ водной поверхности по данным ДЗЗ, однако не анализируются многочисленные работы по исследованию динамики изменения площадей термокарстовых озер по спутниковым снимкам (Брыксина Н.А., Родионова Т.В., Полищук Ю.М., Кравцова В.И. и др.). Несмотря на то, что в данных работах рассматриваются другие регионы, в них также предложены методические подходы к определению границы «вода-суша» по разновременным спутниковым изображениям.
- 2) На стр. 51 отмечается, что «Из протестированных методов наиболее оптимальным с точки зрения точности результата и временных затрат является использование спектрального индекса MNDWI». В то же время, согласно таблице 2.2.1, погрешность ΔS существенно ниже при использовании парных индексов AWEI. То есть при выборе оптимального метода все же основное внимание уделялось не точности результатов, а временным затратам.
- 3) Согласно тексту на стр. 53, «Площади водной поверхности Торейских озер, полученные за один год, усреднялись. Это было необходимо для того, чтобы учесть сезонную изменчивость озер внутри года». Представляется, что для учета сезонной изменчивости необходимо было оценивать также минимальные и максимальные площади водной поверхности и коэффициент вариации, а не только осредненные площади. В ином случае, стояла задача не учесть, а сгладить сезонную изменчивость.
- 4) На рисунке 2.4.6 (стр. 61) приводится минимальный уровень оз. Барун-Торей 593,5 м, а Зун-Торей – 590 м, что не согласуется с данными рис. 2.4.3 «График поперечного

профиля дна Торейских озер», где минимальная отметка дна оз. Барун – Торей – 594,5 м, а Зун-Торей – 592, 5 м. То есть приведенный на рисунке поперечный профиль не отражает минимальные отметки дна, но это не уточняется по тексту.

В третьей главе работы представлена модель водного баланса Торейских озер и с ее помощью восстановлены пространственно-временные характеристики данных водоемов. Модель реализована в виде программы для ЭВМ на языке Python. В качестве исходных данных программа использует сведения об осадках, испарении и притоке, рассчитанные по данным наблюдений на станциях сети Росгидромета. Выходными результатами работы модели являются данные об уровнях, площадях и объемах Торейских озер. Для калибровки балансовой модели озер использовались данные об уровнях озер, полученные в результате наземных измерений, восстановленные по информации ДЗЗ и график изменения уровня озера Барун-Торей за период 1965-2009 гг., полученный Обязовым В.А. В процессе калибровки модели установлены поправочные коэффициенты, которые заключаются в увеличении испарения на 5 % и уменьшении притока на 28 %. Смоделированные многолетние изменения уровня воды Торейских озер имеют высокий коэффициент корреляции с измеренными уровнями воды, уровнями, восстановленными по данным ДЗЗ и уровнями, полученными В.А. Обязовым. В связи с тем, что смоделированный ряд уровней содержит менее двух полных циклов водности, проведено восстановления уровня Торейских озер за максимально возможный период (по данным пунктов-аналогов с 1887 года). Адекватность модели водного баланса Торейских озер оценена на примере сокращения притока на заданную величину: 10 и 20 % от притока, а также при дополнительном сокращении притока на величину испарения с поверхности, равной 10 км².

Замечания по третьей главе:

- 1) Из описания на стр. 65 – 66 не достаточно четко поясняется, как были получены поправки к испарению и притоку в процессе калибровки модели.
- 2) На стр. 68 приводится вывод: «Минимальные уровни воды наблюдались за этот период дважды: для озера Барун-Торей в 1982-1983 гг., и с 2009 года до настоящего времени... На озере Зун-Торей минимальный уровень воды в озере наблюдался в 1984-1986 гг., однако уровень в данные годы был выше, чем в последний сухой период увлажнения, наблюдающийся на озерах в настоящее время». Согласно рисунку 3.1.2 минимальный уровень воды на оз. Зун-Торей приходится на 2018 год. Изложение мысли диссертанта в приведенном отрывке плохо оформлено.
- 3) Согласно сведениям автора диссертации (стр. 71) «Приведение гидрологического ряда данных рек Ульдза и Ималка к длительному периоду выполнено аналитическим

методом, основанным на регрессионном анализе, с использованием пункта-аналога. В качестве пункта-аналога выбран гидрологический пост р. Шилка – г. Сретенск. Ряд наблюдений на р. Шилка удовлетворяет условиям выбора пункта-аналога, приведенным в СП-33-101-2003, а именно: $n \geq 6 - 10$; $R \geq R_{кр}$; $R/\sigma R \geq A_{кр}$; $k/\sigma k \geq B_{кр}$. В связи с тем, что р. Шилка является спорным аналогом (сток формируется в иных физико-географических условиях), в работе имело смысл привести значения, а не общее неравенство. В работе не рассматривается возможность использования ряда наблюдений на р. Онон (Онон - пгт Оловянная с 1901 г. (код поста 6084)), который представляется лучшим аналогом для восстановления данных.

- 4) Вызывает сомнения восстановленный ряд уровней Торейских озер (рис. 3.2.5, 3.2.6, стр. 75), который характеризуется незначительной амплитудой до 1960 года (до начала наземных наблюдений). Не ясно, чем это можно объяснить и насколько точно восстановленный ряд отражает реальные колебания. Восстановленный ряд изменений суммарного притока рек Ульдза и Ималка за период с 1897 по 2018 гг (рис. 3.2.1, стр. 72) характеризуется существенно большей амплитудой колебаний за период до 1960 г., чем уровенный ряд. Кроме того, согласно публикации Кренделева Ф.П. «Периодичность наполнения и высыхания Торейских озер (Юго-Восточное Забайкалье)», в первой половине прошлого века Торейские озера почти полностью высыхали трижды – в 1903–1904, 1921–1922 и 1944–1947 годы. Восстановленный ряд это не отражает.
- 5) Вызывают сомнения результаты моделирования уровня при сокращении притока в исследуемые водоемы на заданную величину. На рисунках 3.3.1 – 3.3.4 в первой части ряда изменения уровня при сокращении притока незначительны (фактически отсутствуют), и лишь спустя 15-30 лет становятся существенными. При этом, при исследовании ряда 1895-2018 (рис. 3.3.3) заметное снижение уровня за счет сокращения притока в оз. Барун-Торей происходит, начиная с середины 1930-х гг, а при исследовании ряда 1965-2018 гг. – только с конца 1980-х (рис. 3.3.1). То есть, первые пятнадцать (иногда более) лет уровень практически никак не реагирует на снижение притока. В этой связи возникает непонимание, как работает разработанная модель и можно ли утверждать, что она всегда работает адекватно?

В четвертой главе работы приведены результаты анализа гидрологического режима Торейских озер в естественных и нарушенных условиях. Выполнен прогноз уровенного режима озер в виде кривой обеспеченности на основе имитационного моделирования по искусственным временным рядам составляющих водного баланса большой продолжительности. Моделирование искусственных рядов осадков и испарения проведено

методом имитационного моделирования с помощью Марковской цепи первого порядка, тогда как для моделирования притока использована схема, учитывающая маловодную (19 лет) и многоводную (16 лет) фазы цикла водности Торейских озер. Образование ряда данных притока длиной 10000 лет осуществлено путем комбинации этих двух последовательностей. Смоделированные таким образом ряды осадков, испарения и комбинированный ряд данных притока были поданы на вход водобалансовой модели, на выходе рассчитывался уровенный режим Торейских озер за период в 10000 лет. На основе результатов модельных расчетов построены кривые обеспеченности уровней воды Торейских озер. Количественно оценено влияние антропогенной нагрузки на водные ресурсы бассейна Торейских озер. Для модельных расчетов рассмотрены два сценария (варианта) изменения водохозяйственной обстановки в бассейне Торейских озер, учитывающих безвозвратные потери воды. С помощью имитационного моделирования осуществлен расчет рядов уровней Торейских озер за продолжительный период в 10000 лет в соответствие с представляемыми сценариями. По результатам моделирования определено, что реализация монгольской стороной новых водохозяйственных проектов, сопровождаемых дополнительными безвозвратными потерями стока, приведет к уменьшению уровня воды в озере Барун-Торей в среднем на 0,4 м (8,5 % от значений максимального уровня), в Зун-Торее – на 0,5 м (7,7 %). Наибольшее влияние изъятий воды будет проявляться в периоды маловодной фазы водности: в озере Барун-Торей на 0,7 м (14,9 %), в Зун-Торее – на 0,8 м (12,3 %). При этом высыхание озер будет происходить в среднем на 2-3 года быстрее.

Замечания по четвертой главе:

1. На стр. 86 приведены графики уровенного режима озера Барун-Торей, полученные с помощью модели водного баланса на основе данных, восстановленных за 122 года и смоделированных за 10000 лет (рис. 4.1.2). За первые 60 лет (до начала наземных измерений) совпадение слабое. При этом смоделированный ряд характеризуется значительной амплитудой колебаний, а восстановленный ряд, как уже указывалось – нет.
2. На рисунках 4.3.1-4.3.2 (стр. 97-98) приведены кривые обеспеченности уровня озер Барун-Торей и Зун-Торей за полный гидрологический цикл водности и в маловодную фазу водности притоков. Непонятно, почему кривые за полный гидрологический цикл водности и в маловодную фазу водности притоков почти совпадают.
3. Основной вывод моделирования – «реализация монгольской стороной новых водохозяйственных проектов, сопровождаемых дополнительными безвозвратными

потерями стока, приведет к уменьшению уровня воды в озере Барун-Торей в среднем на 0,4 м (8,5 % от значений максимального уровня), в Зун-Торее – на 0,5 м (7,7 %). Наибольшее влияние изъятий воды будет проявляться в периоды маловодной фазы водности: в озере Барун-Торей на 0,7 м (14,9 %), в Зун-Торее – на 0,8 м (12,3 %). При этом, согласно рисункам 3.3.1-3.3.4, результаты расчетов по модели свидетельствуют, что снижение уровня при сокращении притока происходит с некоторым запозданием и эффект со временем может усиливаться. Неясно, как это учитывалось при формулировании выводов, когда именно произойдет снижение притока на указанные величины и будет ли это снижение нарастать со временем. Кроме того, остается непонятным вопрос, от какой величины были определены проценты изменения уровня.

По работе составлено **заключение** в виде общих выводов и положений о достигнутых результатах.

Замечание по заключению:

Пункт первый (стр. 102) – «Анализ научных публикаций и данных наблюдений сети Росгидромета по изученности Торейских озер показал, что их гидрологический режим недостаточно изучен для целей его прогнозирования». Это справедливое утверждение, но не вывод.

Заключение

Указанные замечания к работе в целом не влияют на общую положительную оценку содержания диссертации. Однако, некоторые из них являются существенными и требуют четких обоснований от автора для подтверждения значимости полученных результатов.

Автором выполнено большое и интересное исследование на актуальную тему – возможности применения моделирования, основанного на комплексировании данных наземных наблюдений и спутниковой информации, при оценках гидрологического режима слабо исследованных бессточных озер и его возможных изменений, связанных с реализацией крупных водохозяйственных проектов.

Автореферат диссертации отражает ее содержание. Ее содержание соответствует паспорту специальности 25.00.27 «Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия» в части пунктов 3, 4, 11. Основные результаты опубликованы в 10 научных работах, в том числе 3 статьи из перечня изданий, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ при защите диссертации на соискание ученой степени кандидата географических наук, из которых 2 статьи – из перечня журналов, индексируемых в базах данных Scopus и Web of

Science. Также получено одно свидетельство о регистрации программы для ЭВМ. Уровень решаемых задач соответствует требованиям, предъявляемым к диссертации на соискание ученой степени кандидата географических наук.

Диссертация Марины Алексеевны Кашницкой выполнена на актуальную тему, характеризуется высоким научным уровнем и в целом оценивается положительно. Предложенные методы и разработанная модель имеют большое значение для прогнозирования уровня режима озер зоны недостаточного увлажнения при дефиците наземных наблюдений. Практическая значимость результатов заключается в возможности их применения для комплексного анализа состояния сохранности объекта Всемирного наследия ЮНЕСКО «Ландшафты Даурии».

Диссертационное исследование Марины Алексеевны Кашницкой «Гидрологический режим бессточных озер в степной зоне Забайкалья (на примере Торейских озер)» является завершенной научно-квалифицированной работой, которая по критериям актуальности, научной новизне, обоснованности выводов соответствует п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК Министерства науки и высшего образования, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата географических наук. Ее автор, Марина Алексеевна Кашницкая заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата географических наук по специальности 25.00.27 «Гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия».

Официальный оппонент,
доктор географических наук,
ведущий научный сотрудник,
зав. Лабораторией озер и водохранилищ
федерального государственного
бюджетного учреждения «Государственный
гидрологический институт».
199004, Санкт-Петербург,
2-ая линия В.О., д. 23.
E-mail: ianna64@mail.ru
Тел. (812) 323-32-80;
Моб. +7(911) 756-78-49

Измайлова Анна Владиленовна

29.08.2022

Ученый Секретарь



Измайлова Анна Владиленовна
зав. Лабораторией озер и водохранилищ
19.08.2022