

СТАТЬИ

УДК 556.5

**ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ И АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ
НА УРОВЕННЫЙ РЕЖИМ ОЗЕР ЗОН ИЗБЫТОЧНОГО
И ДОСТАТОЧНОГО УВЛАЖНЕНИЯ**

Давыденко Е.В., Серебрякова Е.Д.

*ФГБОУ ВО «Российский государственный гидрометеорологический университет»,
Санкт-Петербург, e-mail: davydenko91@mail.ru*

В работе использовались данные за весь период инструментальных наблюдений на гидрологических постах, расположенных на озерах Чебаркуль, Увильды, Сяберо и Шугозеро. Данные озера расположены в зонах избыточного и достаточного увлажнения (Ленинградская и Челябинская области). Выполнен вероятностный анализ внутригодовой и многолетней изменчивости уровней воды озер. Для объяснения выявленных особенностей многолетних колебаний уровня озер привлекались данные наблюдений за температурой воздуха и осадками на метеостанциях Златоуст, Гдов, Тихвин. Показано, что на рассматриваемых территориях наблюдается общая тенденция на потепление климата. По данным наблюдений на метеорологической станции Златоуст выявлено, что в 1975 г. в течение теплого периода сохранялся дефицит осадков при повышенном температурном фоне, что привело к сильной засухе, которая в свою очередь сказалась на уровненом режиме озер Чебаркуль и Увильды. На озере Чебаркуль до 1975 г. наблюдается незначительный тренд на повышение. За этот же период на озере Увильды выявлен значимый тренд на понижение. Также установлено, что на многолетнюю изменчивость уровней воды озер Чебаркуль и Увильды значимое воздействие оказала антропогенная деятельность, что привело к резкому уменьшению уровней воды в 1975 г. После 1975 г. на обоих озерах наблюдаются статистически значимые тренды на повышение уровней воды. В ходе анализа полученных результатов, резких изменений в уровненом режиме исследуемых озер Ленинградской области (Сяберо и Шугозеро), расположенной в зоне избыточного увлажнения, и характеризующейся умеренными температурными колебаниями и интенсивными осадками, не выявлено.

Ключевые слова: озеро, уровеньный режим, климат, изменчивость, антропогенная нагрузка, хозяйственная деятельность

**THE INFLUENCE OF CLIMATIC AND ANTHROPOGENIC FACTORS
AT THE LEVEL REGIME OF LAKES IN AREAS OF EXCESSIVE
AND SUFFICIENT HUMIDIFICATION**

Davydenko E.V., Serebryakova E.D.

Russian State Hydrometeorological University, Saint Petersburg, e-mail: davydenko91@mail.ru

The work used data for the entire period of instrumental observations at hydrological posts located on the Chebarkul, Uvildy, Syabero and Shugozero lakes. These lakes are in areas of excessive and sufficient humidification (Leningrad and Chelyabinsk regions). Probabilistic analysis of intra-annual and long-term variability of lake water levels was performed. To explain the revealed features of long-term fluctuations in the lake level, observations of air temperature and precipitation at the Zlatoust, Gdov, Tikhvin weather stations were used. It is shown that there is a general tendency for climate warming in the territories under consideration. According to observations at the Zlatoust meteorological station, it was revealed that in 1975, during the warm period, there was a shortage of precipitation with an elevated temperature background, which led to a severe drought, which in turn affected the level regime of the Chebarkul and Uvildy lakes. There was an insignificant upward trend on Lake Chebarkul until 1975. During the same period, a significant downward trend was revealed on Lake Uvildy. It was also found that anthropogenic activity had a significant impact on the long-term variability of the water levels of the Chebarkul and Uvildy lakes, which led to a sharp decrease in water levels in 1975. After 1975, statistically significant trends in rising water levels have been observed on both lakes. During the analysis of the results obtained, no sharp changes in the level regime of the studied lakes of the Leningrad region (Syabero and Shugozero), located in the zone of excessive moisture, and characterized by moderate temperature fluctuations and intense precipitation, were revealed.

Keywords: lake, level regime, climate, variability, anthropogenic load, economic activity

Озера являются уникальными водными объектами и имеют важное экономическое и экологическое значение. Они служат накопителями чистой пресной воды, выполняют функцию регулирования поверхностных и подземных вод.

Изучение особенностей уровненого режима озер представляет огромный интерес при долгосрочном прогнозировании, а также при расчете максимальных уровней воды

различной обеспеченности, необходимых при производстве инженерных изысканий.

В настоящей работе ведется сравнительный анализ влияния климатических и антропогенных факторов на уровненый режим озер зон избыточного (Ленинградская область) и достаточного (Челябинская область) увлажнения.

Челябинская область расположена на восточных склонах Южного Урала и приле-

гающих территориях Зауральской низменности. В Челябинской области расположено более 3,2 тыс. озер и искусственных водоемов общей площадью около 2,6 тыс. км² (озерность 2,95%), в том числе около 1,7 тыс. озер площадью более 0,01 км² и ряд озер меньшего размера.

Климат рассматриваемой территории умеренно континентальный. На его формирование существенно влияют Уральские горы, создающие препятствие на пути движения западных воздушных масс. Также велико влияние на климат морских воздушных масс, несущих влагу с Атлантического океана.

Ленинградская область расположена на северо-западе Европейской части страны. Климат рассматриваемой территории атлантико-континентальный, морские воздушные массы формируют на территории сравнительно мягкую зиму с частыми оттепелями и умеренно теплое лето.

На территории Ленинградской области расположено более 6,8 тыс. озер и искусственных водоемов общей площадью около 12,1 тыс. км² (озерность 14,42%), в том числе около 3,13 тыс. озер площадью более 0,01 км² и ряд озер меньшего размера.

Целью настоящей работы является анализ временных рядов уровней воды зон избыточного и достаточного увлажнения для выявления закономерностей в их колебани-

ях уровней воды, связанных с изменчивостью климата и антропогенной нагрузкой. Из публикаций на эту тему можно отметить [1–3], а также работы [4, 5], в которых приведены результаты исследований многолетней изменчивости уровня режима крупнейших озер Евразии и Северной Америки.

Материалы и методы исследования

В качестве объектов исследования были выбраны озера Шугозеро и Сяберо (Ленинградская область), Чебаркуль и Увильды (Челябинская область) (табл. 1).

Для анализа многолетней изменчивости уровня воды в озере использовались средние годовые значения высоты уровня. Для оценки климатических изменений использовались данные наблюдений по ближайшим к исследуемым озерам метеорологическим станциям: г. Златоуст (Челябинская область), г. Гдов, г. Тихвин (Ленинградская область) (табл. 2).

Однородность рядов значений средних годовых уровней воды озер оценивалась по критериям Фишера и Стьюдента. Для оценки линейных трендов использовался критерий значимости выборочного коэффициента корреляции (R). Гипотеза об отсутствии тренда не опровергалась, если выполнялось условие $(|R| / \delta r) < t_{2\alpha}$, при уровне значимости $2\alpha = 5\%$ [6].

Таблица 1

Основные сведения об исследуемых озерах

№ п/п	Озеро – пост	Период наблюдений	Площадь озера, км ²	Площадь водосбора, км ²	Удельный водосбор	Амплитуда, см
Челябинская область (зона достаточного увлажнения)						
1	Чебаркуль – г. Чебаркуль	1940–2016	19,8	169	8,53	38
2	Увильды – пос. Увильды	1945–2016	68,1	196	2,88	28
Ленинградская область (зона избыточного увлажнения)						
3	Сяберо – д. Сяберо	1936–2017	14,2	47,9	3,37	35
4	Шугозеро – д. Ульяница	1969–2017	5,9	98	16,6	41

Таблица 2

Основные сведения о метеостанциях

№ п/п	Индекс ВМО	Название метеостанции	Водный объект	Период наблюдений		Высота над уровнем моря, м
				температура	осадки	
1	28630	Златоуст	Увильды, Чебаркуль	1936–2019	1936–2015	537
2	26157	Гдов	Сяберо	1966–2017	1966–2017	41
3	26094	Тихвин	Шугозеро	1944–2017	1944–2017	61

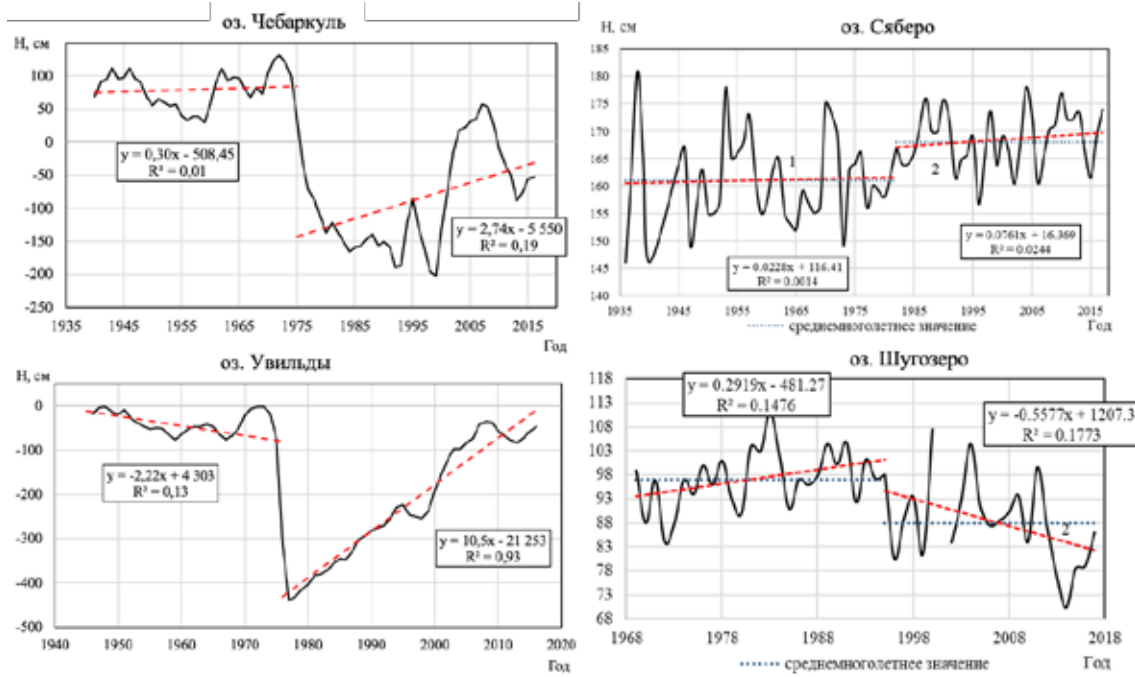


Рис. 1. Хронологические графики хода средних годовых уровней воды исследуемых озер

Результаты исследования и их обсуждение

Установлено, что ряды средних годовых уровней озер Чебаркуль и Увильды (Челябинская область) являются неоднородными по критерию Фишера.

Временные ряды уровней озер Ленинградской области неоднородны по среднему значению, а также по дисперсии за счет большой амплитуды колебаний.

На рис. 1 представлены хронологические графики хода средних уровней воды озер Чебаркуль, Увильды, Сяберо и Шугозеро.

На озере Чебаркуль до 1975 г. наблюдается незначимый тренд на повышение. За этот же период на озере Увильды выявлен значимый тренд на понижение. После 1975 г. на обоих озерах наблюдаются значимые тренды на повышение уровней воды. На полученных хронологических графиках наблюдается резкое понижение уровня воды в 1975–1976 гг. на обоих озерах. Это связано с тем, что в 1975 г. в течение теплого периода сохранялся дефицит осадков при повышенном температурном фоне, что привело к сильной засухе. На хронологическом графике средних температур воздуха и сумм осадков за теплый период (V–IX месяцы) видно резкое уменьшение осадков на фоне высокой средней температуры воздуха в 1975 г. (рис. 2). На хронологическом графике средних годовых уровней воды озе-

ра Чебаркуль отмечаются маловодные годы (1952, 1958, 1975, 2010), что согласуется с результатами, представленными на рис. 2. На озере Увильды отмечаются маловодные годы в те же периоды.

На озере Сяберо до 1982 г. был выявлен значимый положительный линейный тренд, после 1982 г. – также незначимый положительный тренд. Среднемноголетнее значение за весь период наблюдений поменялось с 161 см до 168 см. За период до 1995 г. на Шугозере наблюдался значимый тренд на повышение, после 1995 г. – незначимый на понижение. Среднемноголетнее значение уровней воды за всю исследуемую выборку уменьшилось с 97 см до 88 см.

В ходе анализа резких изменений в уровненом режиме исследуемых озер Ленинградской области, расположенной в зоне избыточного увлажнения и характеризующейся умеренными температурными колебаниями и интенсивными осадками (рис. 3 и 4), не выявлено. Однако в сравнении с озерами зоны достаточного увлажнения (Чебаркуль, Увильды) на Шугозере и Сяберо выявлены высокие многолетние колебания уровней воды. Максимальная амплитуда колебаний составляет 61 см. При анализе рис. 3 и 4 были выявлены незначимые тренды на повышение средней температуры и сумм осадков по метеостанциям Гдов и Тихвин.

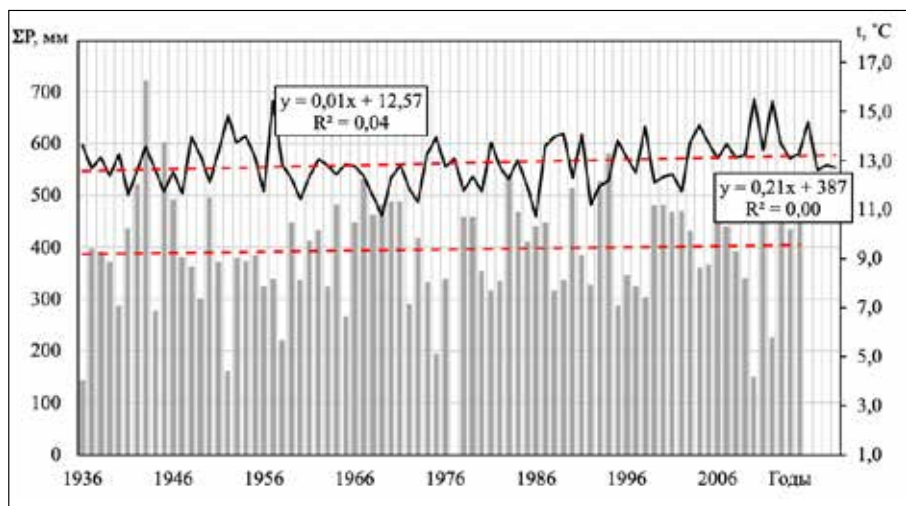


Рис. 2. Хронологические графики хода средних температур и сумм осадков по данным наблюдений на метеостанции Златоуст

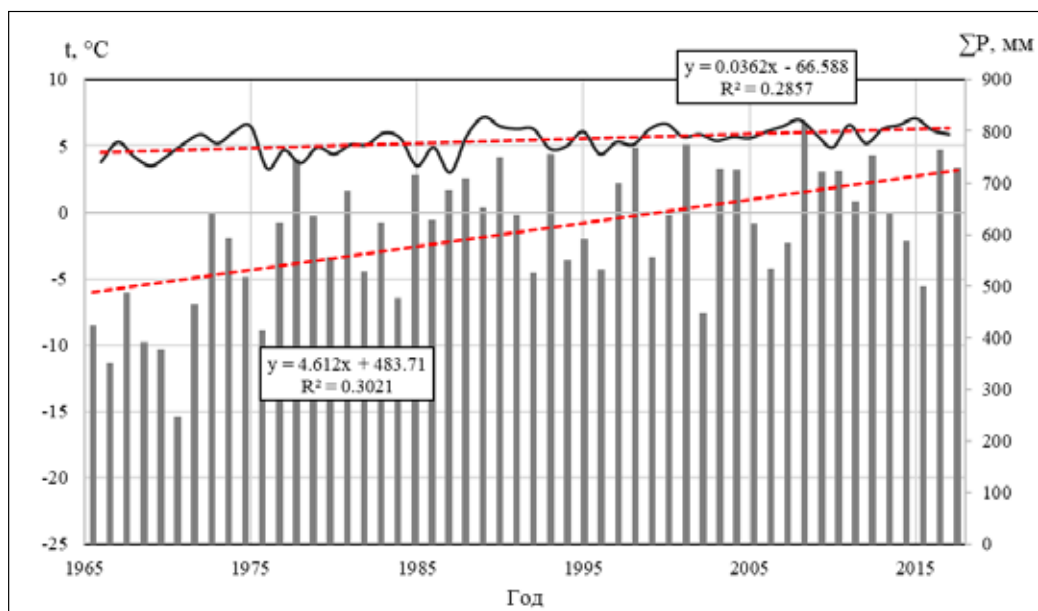


Рис. 3. Хронологические графики хода средних температур и сумм осадков по данным наблюдений на метеостанции Гдов

Скорость изменения значения средней годовой температуры воздуха для метеостанций Ленинградской области составляет в среднем $0,35\text{ }^{\circ}\text{C}$ за 10 лет, что на $0,25\text{ }^{\circ}\text{C}$ больше, чем на метеостанции Златоуст (Челябинская область).

Анализ данных инструментальных наблюдений за метеорологическими элементами и уровнями озер свидетельствует о доминирующем влиянии климатических факторов. Но при этом следует отметить, что большое влияние на особенности изменений уровня воды озера Увильды (Челя-

бинская область) оказывают антропогенные факторы (наполнение водохранилища, забор воды на хозяйственные нужды и т.д.), которые нарушают естественный гидрологический режим данного водного объекта.

Так, в результате засухи 1975 г. в Аргазинском водохранилище случился дефицит воды. Чтобы наполнить его водой от озера Увильды, был прорыт канал до самого водохранилища с целью водоснабжения, вследствие чего озеро Увильды сильно пострадало. Уровень воды понизился более чем на 4 м и лишь к 2008 г. смог восстановиться.

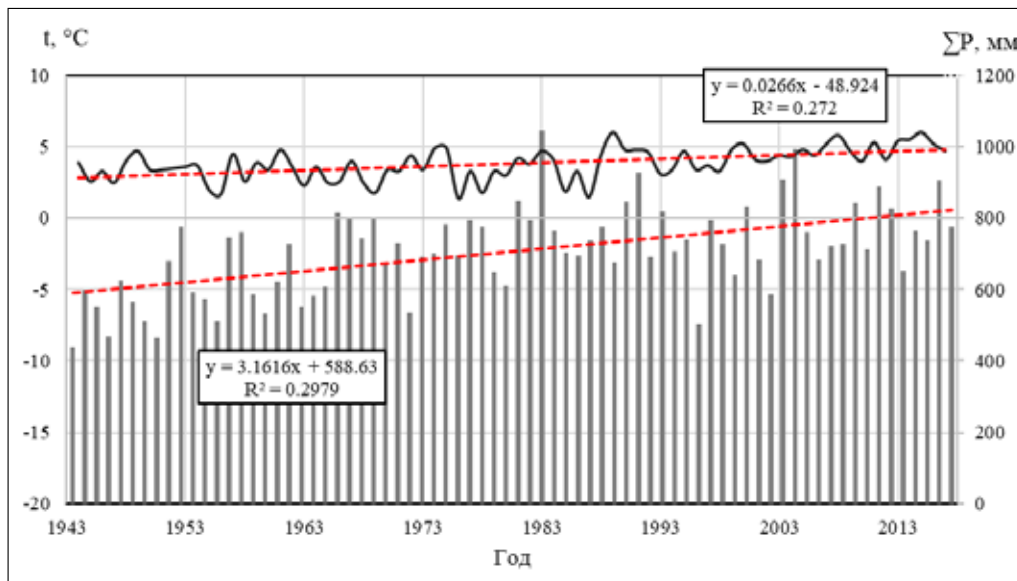


Рис. 4. Хронологические графики хода средних температур и сумм осадков по данным наблюдений на метеостанции Тихвин

Полученные результаты будут использованы при мониторинге состояния уровня режимов озёр избыточного и достаточного увлажнения.

Заключение

На основе анализа данных длительных наблюдений климата на водосборах исследуемых озёр Челябинской области (Увильды, Чебаркуль) и Ленинградской области (Сяберо, Шугозеро) выявлено доминирующее влияние климатических факторов на их уровеньный режим. При этом, в зависимости от факторов подстилающей поверхности, зоны увлажнённости, региональных особенностей, реакция гидрологического режима озёр по-разному отзывается на климатические изменения.

Общее для всех рассматриваемых озёр – наличие положительного тренда среднегодовой приземной температуры воздуха в выбранном регионе.

Помимо климатической составляющей на уровеньный режим исследованных озёр оказывает влияние антропогенная деятельность, нарушающая естественную гидрологическую обстановку.

Установлено, что ряды уровней воды исследуемых озёр имеют существенный нестационарный характер.

Было установлено, что водные объекты Челябинской области, Чебаркуль и Увильды, имеют общую закономерность изме-

нения уровня режима, которая связана с хозяйственной деятельностью человека (забор воды в период засухи), а также с климатическими изменениями. Анализ графиков показал, что на данных озерах маловодные и многоводные периоды наступают практически одновременно.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ, № FSZU-2020-0009 «Исследование физических, химических и биологических процессов в атмосфере и гидросфере в условиях изменения климата и антропогенных воздействий».

Список литературы

1. Давыденко Е.В., Гайдукова Е.В., Дрегваль М.С. Особенности уровня режима озёр Кольского полуострова // Ученые записки РГГМУ. 2020. № 61. С. 437–445.
2. Филатов Н.Н., Назарова Л.Е., Георгиев А.П., Семенов А.В., Анциферова А.Р., Ожигина В.Н., Богдан М.И. Изменения и изменчивость климата европейского Севера России и их влияние на водные объекты // Арктика: экология и экономика. 2012. № 2 (6). С. 80–93.
3. Филатов Н.Н. Изменения климата Восточной Финляндии и уровня воды крупнейших озёр Европы. Петрозаводск, 1997. 148 с.
4. Филатов Н.Н., Выручалкина Т.Ю. Многолетняя изменчивость уровня воды великих озёр Евразии и Северной Америки // Водные ресурсы. 2017. Т. 44. № 5. С. 519–531.
5. Мякишева Н.В., Давыденко Е.В., Орлов Д.А. Разномасштабная изменчивость уровня воды в озерах России. Арктический регион. Умбозеро // Успехи современного естествознания. 2021. № 12–1. С. 166–172.
6. Сикан А.В., Малышева Н.Г., Винокуров И.О. Статистические методы анализа гидрометеорологической информации. СПб.: Издательство РГГМУ, 2014. 76 с.