

УДК 556.555.2 (470.1/2)

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАКСИМАЛЬНЫХ УРОВНЕЙ ОЗЕР ПРИ ОТСУТСТВИИ ДАННЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

Е. В. ГОЛОВАНЬ *

*Российский государственный гидрометеорологический университет,
Санкт-Петербург, Россия*

На примере Северо-Западного региона РФ рассматривается методика расчета максимальных уровней воды неизученных озер, основанная на обобщении всей имеющейся информации по режиму озер исследуемого района. Даны рекомендации по расчету параметров распределения максимальных уровней неизученных озер Северо-Запада РФ и южной части Кольского полуострова.

<https://doi.org/10.46991/PYSU:C/2023.57.3.210>

Keywords: lakes, specific watershed, maximum water levels, distribution parameters.

Введение. Озера являются уникальными водными объектами и имеют важное экономическое и экологическое значение. На территории России есть свыше двух миллионов озер суммарной площадью более 350 тыс. км², преимущественно это малые и очень малые озера площадью менее 1 км². Гидрометрическими наблюдениями охвачено менее 1% водоемов, поэтому актуальной остается задача расчета уровней озер при отсутствии данных наблюдений.

В действующем нормативном документе СП 33-101-2003 [1] для расчета максимальных уровней неизученных проточных озер рекомендуется формула

$$\bar{\Delta}_H = \beta(A/\Omega)^{0,5}, \quad (1)$$

где $\bar{\Delta}_H$ – средний многолетний весенне-летний подъем уровня воды в озере над порогом стока, см; A – площадь водосбора озера, км²; Ω – площадь зеркала озера, км²; β – коэффициент, определяемый по данным наблюдений на соседних озерах с близкими соотношениями морфометрических характеристик и режимом стока из водоема.

Значения коэффициента вариации (C_v) и отношение коэффициента вариации к коэффициенту асимметрии (C_s/C_v) также рекомендуется определять по данным наблюдений на соседних, изученных озерах.

* E-mail: davydenko091@gmail.com

На практике при использовании этих рекомендаций возникают определенные трудности:

- методика может применяться только для проточных озер;
- при полевых изысканиях не всегда надежно определяется отметка порога стока озера;
- для корректного расчета необходимо знать не только порог стока неизученного озера, но и озера-аналога, так как коэффициент вариации зависит от нуля графика водомерного поста;
- в некоторых районах сложно подобрать озеро-аналог;
- при использовании одного аналога ошибка параметра β может быть существенной.

Учитывая вышесказанное, в настоящей работе предлагается следующее.

1) В качестве нуля графика неизученного озера использовать не отметку порога стока озера, а отметку среднего многолетнего минимального уровня летней межени \bar{H}_{\min} . Эту отметку при полевых изысканиях определить с приемлемой точностью не сложнее, чем порог стока (если изыскания проводятся в период летней межени). Дополнительную информацию можно получить на основе опроса местных жителей. Кроме того, в большинстве случаев эта отметка близка к отметке уровня озера, который нанесен на топографические карты. Из публикаций на эту тему можно отметить [2].

2) В качестве характеристики изменчивости максимального уровня озера рассматривать коэффициент вариации, приведенный к значению среднего многолетнего минимального уровня за меженный период.

3) Параметры распределения максимальных уровней воды неизученного озера определять не по одному аналогу, а на основе региональных обобщений с использованием всей имеющейся информации по режиму озер исследуемого района.

Материалы и методы исследования. Исследования выполнены на примере Северо-Западного региона России, включая республику Карелия и южную часть Кольского полуострова. Для анализа использовались данные по 42 озерам с площадями зеркала от 2 до 2613 км². Схема расположения озер представлена на рис. 1.

Согласно работе [3], на рассматриваемой территории выделено три района: 1 – Кольский сегмент; 2 – Карельский сегмент; 3 – северо-западная часть Русской плиты, затронутая валдайским оледенением. Данные регионы были охвачены последним валдайским оледенением, завершившимся лишь около 10 000 лет назад. Это территории широкого распространения озер ледникового происхождения, соседствующих с водоемами речного, органогенного, тектонического и карстового происхождения.

При обосновании методики были исключены озера с площадью удельного водосбора (A/Ω) более 100. Оставшиеся озера были разбиты на две группы. Первая группа включала только малые и средние озера [4] с площадью зеркала менее 100 км²; вторая группа – все озера.



Рис. 1. Схема расположения озерных гидрологических постов на территории Северо-Запада РФ.

Результаты исследований. Было установлено, что для первой группы озер имеет место устойчивая зависимость среднего максимального уровня воды над \bar{H}_{\min} от показателя $(A/\Omega)^{0,5}$ для всей рассматриваемой территории (рис. 2):

$$\bar{H}_{\max} = 21(A/\Omega)^{0,5}. \quad (2)$$

Для второй группы озер получено уравнение множественной регрессии, включающее в качестве предикторов площадь зеркала озера, площадь водосбора озера и их комбинацию в виде показателя $(A/\Omega)^{0,5}$:

$$\bar{H}_{\max} = 22(A/\Omega)^{0,5} - 0,049\Omega + 0,0032A. \quad (3)$$

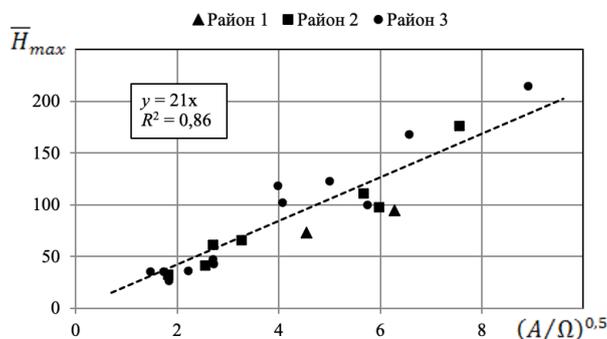


Рис. 2. Зависимость среднего максимального уровня озера от показателя $(A/\Omega)^{0,5}$ для территории Северо-Запада РФ.

Свободный член оказался статистически не значим [5], поэтому параметры выражения (3) получены при нулевом свободном члене (см. таблицу). График связи эмпирических и рассчитанных по формуле (3) максимальных уровней представлен на рис. 3.

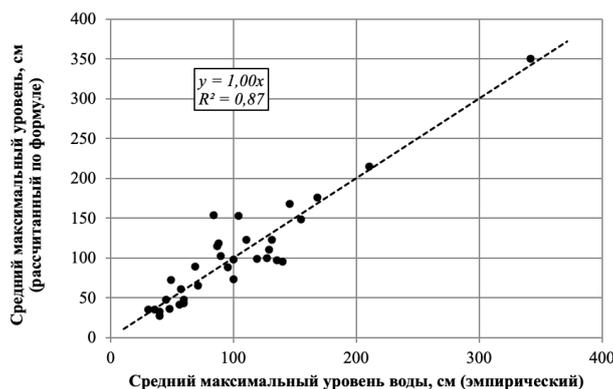


Рис. 3. График связи эмпирических и рассчитанных по формуле (3) средних максимальных уровней воды для озер Северо-Запада РФ.

Параметры уравнения множественной линейной регрессии для зависимости (3)

Характеристика	Коэффициент	Стандартная ошибка	Статистика Стьюдента
Свободный член	0	—	—
Площадь зеркала озера, Ω	-0,049	0,015	-3,23
Площадь водосбора озера, A	0,0032	0,00054	5,93
$(A/\Omega)^{0,5}$	22,0	1,04	21,2

Относительная ошибка расчета по формуле (2) составила 20%, максимальная – 44%. Относительная ошибка расчета по формуле (3) составила 20%, максимальная – 48%.

Для средних и малых озер с удельным водосбором менее 100 выявлена зависимость среднеквадратического отклонения максимального уровня воды от среднего многолетнего максимального уровня (рис. 4). При построении

графика были исключены озера, которые используются как водохранилища сезонного регулирования.

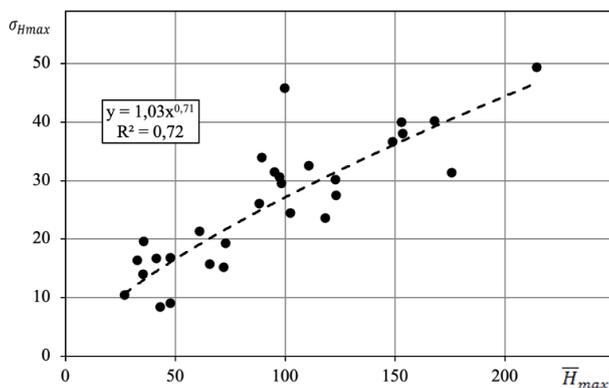


Рис. 4. График связи среднего максимального уровня воды и средне-квадратического отклонения для средних и малых озер Северо-Запада РФ.

Зависимость аппроксимирована степенным выражением:

$$\sigma_{H_{max}} = \bar{H}_{max}^{-0,7} \quad (4)$$

Относительная ошибка расчета по формуле (4) составила 20%, максимальная – 66%.

Отношение C_s/C_v принято средним в пределах выделенных районов: район 1 – $C_s/C_v = 0,5$; район 2 – $C_s/C_v = 0$; район 3 – $C_s/C_v = 1,0$.

Выводы. Представлена методика расчета максимальных уровней воды неизученных озер, основанная на обобщении всей имеющейся информации по режиму озер исследуемого района.

Предложено: в качестве нуля графика неизученных озер использовать отметку среднего многолетнего минимального уровня летней межени, что позволяет применить единый подход при расчете максимальных уровней не только проточных озер, но и периодически сточных и бессточных озер.

Даны рекомендации по расчету параметров распределения максимальных уровней неизученных озер Северо-Запада РФ и южной части Кольского полуострова.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ № F SZU-2023-0002.

Поступила 18.10.2023

Получена с рецензии 15.11.2023

Утверждена 15.12.2023

ЛИТЕРАТУРА

1. Свод правил по проектированию и строительству СП 33-101-2003 “Определение основных расчетных гидрологических характеристик”.

2. Догановский А.М., Угренинов Г.Н. Разработка методики установления начала отсчета ширины водоохранной зоны на неизученных озерах. *Ученые записки РГГМУ* **34** (2014), 103–105.
3. Измайлова А.В. *Озера России. Закономерности распределения, ресурсный потенциал*. Санкт-Петербург, Папирус (2018), 288.
4. Догановский А.М., Малинин В.Н. *Гидросфера Земли*. СПб., Гидрометеиздат, (2004), 630.
5. Сикан А.В. *Методы статистической обработки гидрометеорологической информации*. Санкт-Петербург, изд-во РГГМУ (2007), 279.

Ե. Վ. ԳՈՒՆՎԱՆ

ԼՃԻ ԱՌԱՎԵԼԱԳՈՒՅՆ ՄԱԿԱՐԴԱԿԻ ՈՐՈՇՄԱՆ ՄԵԹՈԴԻԿԱՆ
ԴԻՏԱՐԿՈՒՄՆԵՐԻ ՏՎՅԱԼՆԵՐԻ ԲԱՅԱԿԱՅՈՒԹՅԱՆ ԴԵՊՋՈՒՄ

Ա մ փ ո փ ու մ

Ռուսաստանի Դաշնության Հյուսիսարևմտյան շրջանի օրինակով դիտարկվում է չուսումնասիրված լճերում ջրի առավելագույն մակարդակի հաշվարկման մեթոդիկան՝ հիմք ընդունելով ուսումնասիրվող տարածքում լճերի ռեժիմի վերաբերյալ առկա ամբողջ տեղեկատվության ընդհանրացումը: Տրված են Ռուսաստանի Դաշնության Հյուսիսարևմտյան և Կոլա թերակղզու հարավային մասի չուսումնասիրված լճերի առավելագույն մակարդակի բաշխման պարամետրերը հաշվարկելու առաջարկություններ:

E. V. GOLOVAN

METHOD FOR DETERMINING MAXIMUM LAKE LEVELS
IN THE ABSENCE OF OBSERVATIONAL DATA

Summary

In the article the methodology for calculating the maximum water levels of unexplored lakes is considered, based on the generalization of all available information on the regime of the lakes of the studied area. Recommendations are given for calculating the parameters of the distribution of the maximum levels of unexplored lakes in the North-West of the Russian Federation and the southern part of the Kola Peninsula.