

5. 中华人民共和国国家统计局. = Государственное статистическое управление КНР. – URL: <https://www.stats.gov.cn/sj/ndsj> (дата обращения: 12.11.2023).

6. Population: [standard projections (estimates and projection scenarios)] // United Nations. Department of Economic and Social Affairs Population Division. – URL: <https://population.un.org/wpp/Download/Standard/Population> (date of access: 10.04.2024).

7. 董克用. 中国人口老龄化及其经济、社会影响：中国-欧盟社会保障改革项目 / 董克用. – [S. l.], 2016. – 49 p. = Донг Кьюн. Старение населения в Китае и его экономические и социальные последствия: проект реформы системы социального обеспечения между Китаем и ЕС / Донг Кьюн. – [Б. м.], 2016. – 49 с.

8. 中共中央 国务院关于优化生育政策促进人口长期均衡发展的决定 // 中华人民共和国中央人民政府. = Постановление ЦК КПК и Государственного совета КНР об оптимизации политики рождаемости и содействии долгосрочному сбалансированному развитию населения в Китае // Правительство Китайской Народной Республики. – URL: [http://www.gov.cn/zhengce/2021-07/20/content\\_5626190.htm](http://www.gov.cn/zhengce/2021-07/20/content_5626190.htm) (дата обращения: 12.11.2023).

9. 全国人民代表大会常务委员会关于实施渐进式延迟法定退休年龄的决定 // 中华人民共和国中央人民政府. = Решение Постоянного комитета Всекитайского собрания народных представителей о введении постепенной отсрочки обязательного возраста выхода на пенсию // Правительство Китайской Народной Республики. – URL: [https://www.gov.cn/yaowen/liebiao/202409/content\\_6974294.htm](https://www.gov.cn/yaowen/liebiao/202409/content_6974294.htm) (дата обращения: 04.10.2024).

УДК 556.124

**Д. В. БАНЦЕВ, А. А. ФЫГИНА**  
Россия, Санкт-Петербург, СПбГУ  
E-mail: st117653@student.spbu.ru

## **КОСВЕННАЯ ОЦЕНКА ДИНАМИЧЕСКИХ ЗАПАСОВ ВОДЫ В ЛЕДНИКАХ**

В гидросфере ледники являются крупными аккумуляторами водных ресурсов. Оценка их воздействия на гидрологические объекты представляет собой важную задачу, решение которой необходимо для прогнозирования речного стока и предотвращения опасных гидрологических явлений.

Цель данного исследования состоит в оценке динамических запасов воды в леднике для нескольких водосборных бассейнов. Основная задача работы заключается в определении объема воды, который ледник может отдать после завершения своего таяния в осенний период, с помощью построения и анализа гидрографа стока для ледниковых бассейнов, находящихся в различных физико-географических условиях.

В работе используется методика анализа ледникового стока, разработанная Г. В. Голубевым и описанная в его монографии [1]. Суть данного подхода заключается в возможности мониторинга изменений стока с ледника и его количественной оценки, основываясь на графике зависимости расхода воды в реке, которая питается от этого ледника, от времени.

Для расчета необходимых параметров были использованы данные с портала Global Runoff Data Centre (GRDC) [2] для шести гидрологических постов. Для анализа климатических характеристик данные заимствовались с портала Rps [3].

В настоящее время существует два подхода для оценки динамических запасов: 1) анализ кривой уменьшения стока с ледника и 2) определение динамических запасов как остаточного члена в уравнении водного баланса. В данной работе был использован первый подход. В рамках исследования рассмотрены ледники с поверхностным таянием и таянием по всей толще.

Сток, будучи интегратором природных процессов, позволяет по гидрографу делать выводы о различных явлениях, происходящих в речном бассейне. Кроме того, метод характеризуется высокой точностью определения стока.

Период снижения, а затем и прекращения таяния четко отображается на гидрографе, проявляясь в относительно плавном уменьшении величин расхода воды без значительных суточных колебаний, как это наблюдается в теплый период. Это связано с отдачей запасов воды, накопленных ледником, которые в основном составляют сток в этот период. Важной составляющей также является постоянная величина расхода, которую можно рассматривать как сумму подземного стока с неледниковой части бассейна и стока от внутри- и подледникового таяния. Таким образом, вычитая постоянную величину расхода из кривой спада, можно получить кривую спада стока с ледника.

На основе данной методики был выведен способ расчета объема стока динамических запасов, который базируется на обычной формуле расчета объема стока ( $W$ ):

$$W = Q \cdot t, \quad (1)$$

где  $Q$  – средний расход воды, м<sup>3</sup>/с;  $t$  – время расчетного периода, с.

Вместо среднего расхода воды была использована разница между средним расходом за период отдачи накопленных запасов и средним расходом за зимний период, который можно считать базовым стоком. Для более наглядного представления результатов был рассчитан слой стока динамических запасов, представляющий собой произведение объема стока и площади водосбора. Для численной оценки динамических запасов с помощью этого метода были использованы данные с гидропостов, расположенных в Альпах, на Шпицбергене и в Исландии. Основными критериями для отбора данных стали расположение гидропоста в непосредственной близости к леднику, наличие непрерывных рядов наблюдений продолжительностью не менее 20 лет, а также то, что ледник занимает значительную часть бассейна водосбора. Для каждого поста были определены полноводный и маловодный годы, которые наиболее ярко отражают характерные особенности стока в данном водосборе.

Отобразив имеющиеся данные о стоке в виде гидрографов (рисунок), в процессе визуального анализа мы выделили необходимую часть графика, где наблюдается снижение расхода воды практически до зимнего минимума для каждого из рассматриваемых случаев.

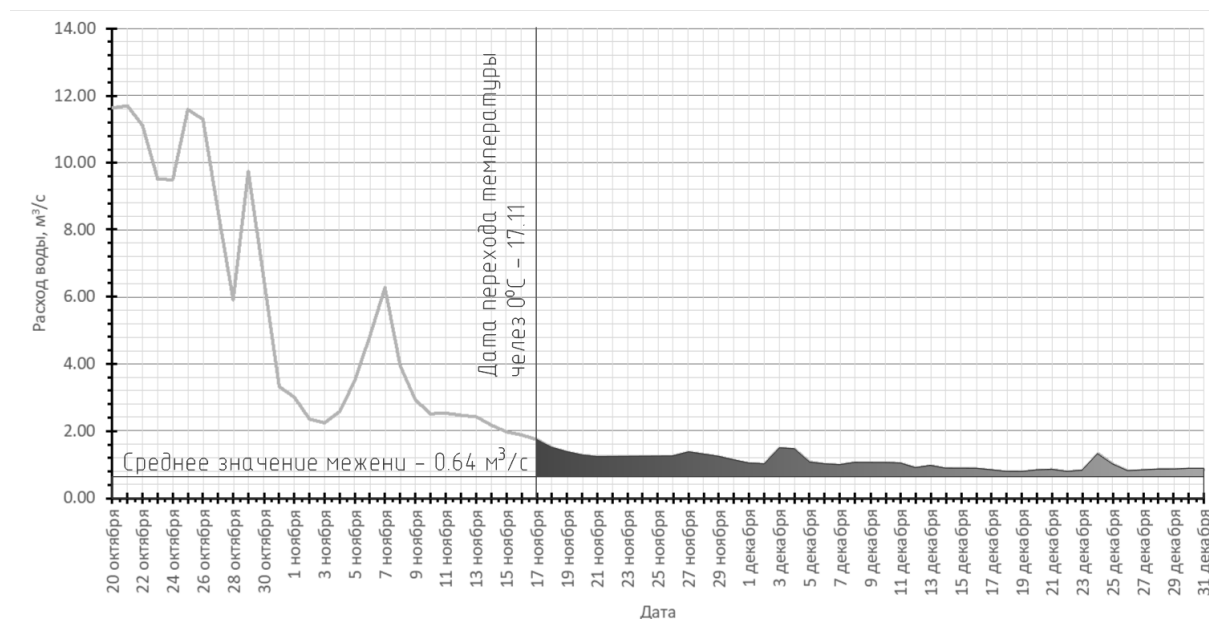


Рисунок – Пример графика зависимости расхода воды от времени за период с октября по декабрь (пост Блаттен бай Наттерс река Масса, полноводный год). Выделенный заливкой участок – значение динамических запасов

Поскольку солнечная радиация оказывает значительное влияние на таяние ледника, а ее поступление хорошо коррелирует с температурой атмосферы, период прекращения таяния уточнялся на основе данных

ближайших метеостанций о переходе среднесуточной температуры через 0 °С. Однако в ледниковых районах климатическая обстановка определяется не только широтной зональностью и степенью континентальности, но и вертикальной поясностью. Поэтому для более точного анализа взаимосвязи между климатическими условиями, абляцией ледника и стоком необходимо получить данные о температуре воздуха именно на краю ледника. Для этого использовался вертикальный градиент температуры, вычисляемый для каждой территории отдельно по формуле:

$$\text{grad}(T) = \frac{\Delta T}{\Delta H}, \quad (2)$$

где  $\Delta T$  – разница температур с двух разных по высоте метеостанций, а  $\Delta H$  – разница по высоте этих метеостанций в сотнях метров.

В результате проведенного исследования было установлено, что среднемесячная температура становится отрицательной в период с октября по ноябрь. На территории Шпицбергена отрицательные температуры фиксируются уже в сентябре. Это означает, что анализ динамических запасов следует осуществлять с сентября по декабрь.

Полученные коэффициенты были использованы для вычисления посуточной температуры воздуха на краю ледника, с помощью которой период отдачи динамических запасов воды был уточнен.

Были оценены динамические запасы воды в леднике и слой стока с ледникового бассейна для шести репрезентативных водосборов за полноводный и маловодный год. Результаты вычислений представлены в таблице.

Таблица – Результаты расчета объема стока и слоя стока динамических запасов ледника

Гидрологический пост	Год	Объем стока динамических запасов, км <sup>3</sup>	Площадь бассейна, км <sup>2</sup>	Слой стока динамических запасов, мм
Блаттен бай Наттерс	Полноводный	0,0017	195	8
	Маловодный	0,0006		3
Блаттен	Полноводный	0,0005	77,8	7
	Маловодный	0,0004		5
Эрстфельд (Боденберг)	Полноводный	–	20,6	–
	Маловодный	0,0001		4
Глетч	Полноводный	0,0003	38,9	9
	Маловодный	0,0005		12
Джула Бру	Полноводный	0,0529	226	234
	Маловодный	–		–
Баельва (Шпицберген)	Полноводный	0,0041	31	132
	Маловодный	0,0004		12

В двух случаях оценить запасы не удалось, за осенний период сток не превышал базовый, показывая тем самым, что в период после окончания таяния динамические запасы воды уже не стекали.

На основании результатов исследования можно заключить, что метод анализа гидрографа стока с ледника является удобным для расчета значений динамических запасов при наличии небольшого количества данных и представляет собой один из наиболее доступных подходов на сегодняшний день. Однако этот способ требует наличия полных рядов гидрологических данных, которые обязательно должны быть подкреплены метеорологическими сводками за этот же период. Также этот метод не учитывает случаи, в которых динамические запасы высвобождаются раньше прекращения таяния ледника.

Тем не менее данная методика позволила оценить динамические запасы воды в леднике, и на основе результатов данной работы можно сделать вывод, что динамические запасы вносят несущественный вклад в формирование водного баланса горных рек и приледниковых водоемов.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Голубев, Г. Н. Гидрология ледников / Г. Н. Голубев. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1976. – 247 с.
2. Global Runoff Data Centre (GRDC) : [сайт]. – URL: <https://grdc.bafg.de/> (дата обращения: 01.10.2024).
3. Расписание погоды : [сайт]. – URL: <https://rp5.ru> (дата обращения: 01.10.2024).

УДК 912.43, 622.85

**В. Р. БИТЮКОВА, А. В. ДЮБАНОВ**

Россия, Москва, МГУ имени М. В. Ломоносова

E-mail: [vrbitjukova@geogr.msu.ru](mailto:vrbitjukova@geogr.msu.ru), [alex.dyubanov@mail.ru](mailto:alex.dyubanov@mail.ru)

#### **НАРУШЕННЫЕ ЗЕМЛИ КАК ФАКТОР АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ: РЕГИОНАЛЬНЫЙ И ЛОКАЛЬНЫЙ УРОВЕНЬ**

Нарушенные земли представляют собой территории, утратившие свою природно-хозяйственную ценность, чаще всего характеризующиеся механическим разрушением почвенного покрова, гидрологического режима территории и образованием техногенного рельефа [1]. Наибольший вклад в увеличение площади нарушенных земель вносит промышленная деятельность человека, проявляющаяся главным образом в местах добычи