

Гидрохимические исследования реки Налычева и Авачинского залива (п-ов Камчатка)

Уланова О.А., Семкин П.Ю., Барабанищikov Ю.А., Павлова Г.Ю., Швецова М.Г., Шкирnikова Е.М., Лобанов В.Б.

Hydrochemical studies of the Nalycheva River and Avacha Bay (Kamchatka Peninsula)

Ulanova O.A., Semkin P.Yu., Barabanshchikov Yu.A., Pavlova G.Yu., Shvetsova M.G., Shkirnikova E.M., Lobanov V.B.

Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, г. Владивосток;

e-mail: shitkova@poi.dvo.ru

Получен новый комплекс данных о био-гидрохимических характеристиках, макро- и микроэлементном составе от истоков до устья р. Налычева в летне-осенний сезон. Предварительные результаты показывают, что концентрация биогенных веществ в минеральной форме (PO_4^{3-} и NO_3^-) сравнима по отношению ко многим антропогенно-нагруженным рекам.

Введение

В недавнее время в прибрежно-морских водах Камчатки начали широко обсуждаться признаки антропогенного давления [1], в том числе в виде таких негативных явлений как эвтрофикация шельфа [7] и вспышки «цветения» фитопланктона [6]. Ранее подобные явления в основном обсуждались для урбанизированных территорий [5]. В то же время водосборы на вулканических территориях в различных регионах вызывают широкий интерес, поскольку они обогащены питательными веществами и микроэлементами, которые вносят значительный вклад в пищевые цепи прибрежных бассейнов и, таким образом, влияют на экосистемы в целом. Камчатка является одним из самых активных вулканических регионов мира, но до сих пор химия речных вод остается малоизученной.

Цель данной работы – комплексное исследование речных и прибрежно-морских вод реки Налычева и Авачинского залива, соответственно.

Материалы и методы

Река Налычева имеет длину 80 км и площадь водосборного бассейна 1460 км². Река протекает по территории Елизовского района Камчатского края, впадает в Авачинский залив и имеет преимущественно снеговое питание с наибольшим стоком в мае-июле. На водосборе реки находятся вулканы Авачинской группы, среди которых самый посещаемый жителями и гостями г. Петропавловск-Камчатский действующий вулкан Авачинский. Высота Авачинского вулкана 2741 м. На вершине вулкана имеются ледники [4].

В 2024 г. для отбора проб воды были проведены две экспедиции:

I. 27 июля были выполнены три станции в реке (рисунок). 31 июля отбирались пробы снега и воды на склонах Авачинского вулкана с высотами над уровнем моря 2721 м, 2570 м и 750 м, соответственно (рисунок).

II. Вторая экспедиция была проведена 9 сентября для отбора проб воды в реке Налычева на трех станциях (рисунок).

Измеряемые характеристики:

1) микроэлементный состав воды (Li, Be, Sc, V, Cr, Cu, Co, Ni, Zn, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Cd, Sn, Cs, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Hf, Ta, W, Pb, Bi, Th, U);

2) макрокомпонентный состав воды (Cl^- , SO_4^{2-} , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+});

3) основные биогенные элементы в минеральных и органических формах: минеральный азот (нитриты, нитраты, аммоний) (DIN), фосфаты (DIP), силикаты (DSi), суммы минеральной и органической форм азота и фосфора;

- 4) органический углерод в растворенной (POY) и взвешенной (BOY) формах и его компоненты (гуминовая и негуминовая составляющие);
- 5) стабильные изотопы в воде: $\delta^{18}\text{O}$ и δD ;
- 6) растворенный кислород;
- 7) измерения pH воды и общей щелочности;
- 8) гидрологические характеристики: температура, электропроводность, концентрация взвеси;
- 9) оценки расхода воды;
- 10) гидрометеорологические наблюдения;
- 11) в Авачинском заливе изучена сезонная изменчивость концентрации хлорофилла «а» на основе спутниковых данных.



Рисунок. Изучаемый регион с обозначением станций отбора проб в 2024 г.

Результаты

Ниже приведены основные особенности распределения биогенных веществ и POY в р. Налычева (табл. 1, 2). Во-первых, зафиксированы повышенные концентрации DIP во всех пробах в диапазоне от 1.0 до 2.0 мкмоль/л. Концентрации DIN также были повышены и находились в диапазоне от 18.4 до 26.7 мкмоль/л. Повышенные концентрации DSi фиксировались почти на всех станциях в осенний сезон с абсолютным максимумом 568.8 мкмоль/л. Для изученной реки характерны относительно невысокие концентрации POY в летний сезон в диапазоне 0.3-0.4 мгС/л, с небольшим повышением в осенний сезон до 1.2 мгС/л в районе устьевого створа. Кроме того, в р. Налычева впадает р. Мутная, которая, по-видимому, является источником железа.

Учитывая отсутствие населения на водосборе р. Налычева, влияние антропогенных источников для исследуемой реки полностью исключается. Следовательно, повышенные концентрации DIP и DIN в исследуемый период являются результатом вулканизма. При этом, повышение DIN в воде, происходит преимущественно за счет вулканических эксгаляций и последующего атмосферного переноса их продуктов [3]. Тефра является непосредственным источником DIP, поскольку содержит оксид фосфора (P_2O_5), который, благодаря быстрой реакции с водой, образует биодоступный DIP. В глобальном масштабе наибольшие потоки DSi с суши в океан происходят из вулканических дуг, поэтому повышенные концентрации силикатов являются характерной чертой рек с вулканическим водосборами, такими как р. Налычева. Вероятно, сток реки Налычева можно считать одним из основных факторов, способных спровоцировать «цветение» фитопланктона в Авачинском заливе

в летне-осенний сезон, как установлено на основе спутниковых и литературных данных [1, 6].

Таблица 1. Концентрация биогенных веществ на исследуемых станциях

Бассейн	№ ст.	Дата	PO ₄ , мкмоль/л	Si, мкмоль/л	NO ₃ ⁻ , мкмоль/л	NH ₄ ⁺ , мкмоль/л	DIN, мкмоль/л
Верховье р. Налычева	1	27.07.2024	1.30	227.68	24.29	0.37	24.67
Средняя р. Налычева	2	27.07.2024	1.28	240.99	26.29	0.39	26.68
Устье р. Налычева	3	27.07.2024	1.33	201.24	25.43	0.28	25.72
Вершина H=2721 м влк. Авачинский	4	31.07.2024	0.24	1.95	2.52	1.22	3.74
Хребет H=2570 м влк. Авачинский	5	31.07.2024	0.10	0.00	2.63	0.48	3.11
Верховье H=750 м влк. Авачинский	6	31.07.2024	2.24	57.67	10.89	2.52	13.41
Верховье р. Налычева	1	09.09.2024	1.60	541.30	23.80	0.90	24.70
Средняя р. Налычева	2	09.09.2024	2.00	568.80	20.00	0.60	20.80
Устье р. Налычева	3	09.09.2024	1.00	399.30	17.50	0.80	18.40

Таблица 2. Распределение концентраций органического вещества в разных формах на исследуемых станциях

Бассейн	№ ст.	Дата	POY, мгС/л	Гумины, мгС/л	BOY, мгС/л
Верховье р. Налычева	1	27.07.2024	0.39	0.28	0.10
Средняя р. Налычева	2	27.07.2024	0.30	0.29	0.07
Устье р. Налычева	3	27.07.2024	0.36	0.77	0.24
Вершина H=2721 м влк. Авачинский	4	31.07.2024	0.18	0.06	0.79
Хребет H=2570 м влк. Авачинский	5	31.07.2024	0.27	0.10	0.46
Верховье H=750 м влк. Авачинский	6	31.07.2024	0.26	0.86	10.37
Верховье р. Налычева	1	09.09.2024	0.37	0.04	0.23
Средняя р. Налычева	2	09.09.2024	0.39	0.48	0.19
Устье р. Налычева	3	09.09.2024	1.20	1.46	0.34

Таким образом, проведенные исследования показали, что р. Налычева является важным источником биогенных элементов для Авачинского залива и оказывает влияние на всей его площади [2]. При этом, причиной относительно высоких концентраций DIN и DIP является вулканизм на водосборе реки. Исследование межгодовой изменчивости потоков биогенных веществ со стоком р. Налычева в связи с вулканизмом будет целью дальнейших работ авторов.

Авторы благодарны сотрудникам Природного парка «Вулканы Камчатки» за помощь при проведении полевых работ.

Работа выполнена в ТОИ ДВО РАН (Рег. № 124022100077-0) при поддержке Межведомственной комплексной программы научных исследований Камчатского полуострова и сопредельных акваторий в 2024-2026 гг. (Рег. № 124072200009-5).

Список литературы

1. Лепская Е.В., Тепнин О.Б., Коломейцев В.В. и др. Результаты мониторинга микроводорослей комплекса вредоносного «цветения» (ВЦВ) в Авачинском заливе в 2022 г. // Исследования водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. 2022. Т. 67. С. 46-60. <https://doi.org/10.15853/2072-8212.2022.67.46-60>
2. Лобанов В.Б., Сергеев А.Ф., Семкин П.Ю. и др. Исследование абиотических факторов, определяющих динамику морских экосистем и формирование аномальных условий в прибрежных водах Дальнего Востока, в 80-ом рейсе НИС «Профессор Гагаринский» // Океанология. 2023. Т. 63. № 6. С. 1027-1030. <https://doi.org/10.31857/S0030157423060084>
3. Набоко С.И. Вулканические эксгаляции и продукты их реакций / Труды лаборатории вулканологии. Отв. ред. В.И. Влодавец. Москва: Издательство Академии Наук СССР. 1959. Вып. 16. 303 с.
4. Ресурсы поверхностных вод СССР. 1973. Том 20. Камчатка. Л.: Гидрометеиздат. 368 с.
5. Glibert P.M., Burford M.A. Globally changing nutrient loads and harmful algal blooms: Recent advances, new paradigms, and continuing challenges // Oceanography. 2017. V. 30. № 1. P. 58-69. <https://doi.org/10.5670/oceanog.2017.110>
6. Orlova T.Y., Aleksanin A.I., Lepskaya E.V. et al. A massive bloom of *Karenia* species (Dinophyceae) off the Kamchatka coast, Russia, in the fall of 2020 // Harmful Algae. 2022. V. 120. Art. 102337. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2022.102337>
7. Semkin P., Pavlova G., Lobanov V. et al. Nutrient flux under the influence of melt water runoff from volcanic territories and ecosystem response of Vilyuchinskaya and Avachinskaya Bays in Southeastern Kamchatka // Journal of Marine Science and Engineering. 2023. V. 11. Art. 1299. <https://doi.org/10.3390/jmse11071299>