

Биогенные элементы (N, P, Si) и хлорофилл «а» Авачинского залива (Восточная Камчатка) и прилегающей акватории Тихого океана летом 2022 г.

Уланова О.А., Барабанищikov Ю.А., Семкин П.Ю., Тищенко П.П., Швецова М.Г., Федоров М.С., Лобанов В.Б.

Nutrients (N, P, Si) and chlorophyll «a» of the Avacha Bay (Eastern Kamchatka) and the adjacent Pacific Ocean in the summer of 2022

Ulanova O.A., Barabanshchikov Yu.A., Semkin P.Yu., Tishchenko P.P., Shvetsova M.G., Fedorov M.S., Lobanov V.B.

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

e-mail: shitkova@poi.dvo.ru

Изучены биогенные элементы (N, P, Si) и хлорофилл «а» Авачинского залива. Установлено, что «цветение» фитопланктона обусловлено интенсивным поступлением биогенных элементов со стоком р. Налычева в период весенне-летнего половодья. Изменчивость N/P соотношений в Авачинском заливе в связи с вулканизмом рассматривается в качестве возможной причины вредоносного «цветения».

Введение

Потоки биогенных элементов (N, P, Si) с речным стоком определяют интенсивность первичной продукции фитопланктона в прибрежно-морских бассейнах, а различия в N/P соотношениях способны оказывать влияние на доминирование тех или иных видов микроводорослей. В случае существенного увеличения N/P соотношений, доминирующие виды сменяются с диатомовых на динофлагелляты, в том числе потенциально токсичные [6].

Известно, что вулканический пепел является источником P, Si, в то время как N поступает в атмосферу за счет вулканических эксгаляций [3]. Соответственно, реки, дренирующие вулканические водосборы, будут оказывать важное влияние на содержание хлорофилла «а» и видовой состав фитопланктона в прибрежных бассейнах.

В связи с этим цель данной работы – установление взаимосвязи между особенностями поступления и распределения соединений N, P, Si и пространственной изменчивостью содержания хлорофилла «а» в Авачинском заливе.

Материалы и методы

В Авачинский залив впадает множество рек, среди которых наиболее важная – река Налычева с площадью водосборного бассейна 1460 км². Река Налычева имеет преимущественно снеговое питание. Ключевой фазой водного режима реки является половодье в мае-июле, на которое приходится 70 % годового стока [5]. На водосборе реки находятся вулканы Авачинской группы, среди которых Авачинский и Корякский – действующие. Высота вулканов Авачинский и Корякский составляет 2741 и 3456 м, соответственно. На вершинах вулканов имеются ледники. Изучаемые районы располагаются в зоне возможных пеплопадов, где пепел распространяется от действующих вулканов на сотни километров. В результате одного извержения количество пепла может достигать нескольких тысяч тонн на 1 км² [4]. Поэтому вулканический тип почв доминирует на водосборах рек, а также вдоль береговой линии Авачинского залива [1].

Исследовательские работы проведены с 26 июня по 5 июля 2022 г., т.е. в период после прохождения пика весенне-летнего половодья. В ходе экспедиции были отобраны пробы воды в Авачинском заливе и прилегающей акватории Тихого океана с борта судна НИС «Профессор Гагаринский» и параллельно в эстуарии реки Налычева с моторной лодки. В работе представлены следующие данные: температура, соленость, концентрации хлорофилла «а», N, P, Si в минеральной форме (нитраты, фосфаты и кремний) и концентрация O₂.

Результаты

В результате проведенного исследования в Авачинском заливе и прилегающей акватории Тихого океана обнаружены высокие концентрации хлорофилла «а» (рис. 1а). Наиболее высокие концентрации хлорофилла «а» (44 мг/л) (рис. 1б) и O_2 (11 мл/л) наблюдались на глубине 25 м в районе плюма реки Налычева на расстоянии около 2 км от устьевового створа реки. В целом, повышенное содержание хлорофилла «а» под влиянием реки Налычева проявилось на всем изучаемом полигоне в поверхностном слое воды (рис. 1а).

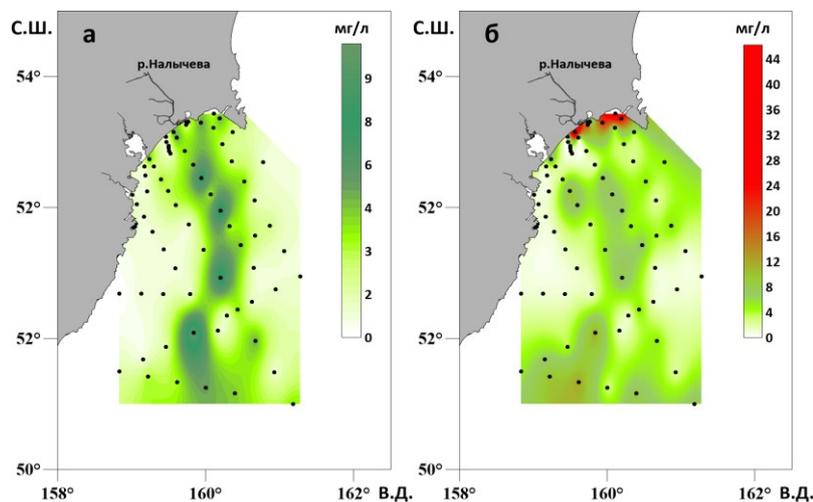


Рис. 1. Концентрация хлорофилла «а» в поверхностном слое воды (а) и на горизонте 25 м (б) Авачинского залива и прилегающей акватории Тихого океана 26 июня – 5 июля 2022 г.

Прибрежная часть Авачинского залива была наиболее опреснена и прогрета по сравнению с более морской частью. Повышенные концентрации нитратов наблюдались в поверхностном горизонте вод Авачинского залива, а максимум – в районе плюма реки Налычева (рис. 2). На горизонте 25 м содержание нитратов достигало значений 22 мкмоль/л. Концентрации фосфатов были понижены и не превышали 2.4 мкмоль/л (рис. 2). Также полученные результаты указывают, что основным источником DSi для поверхностного слоя Авачинского залива является сток реки Налычева.

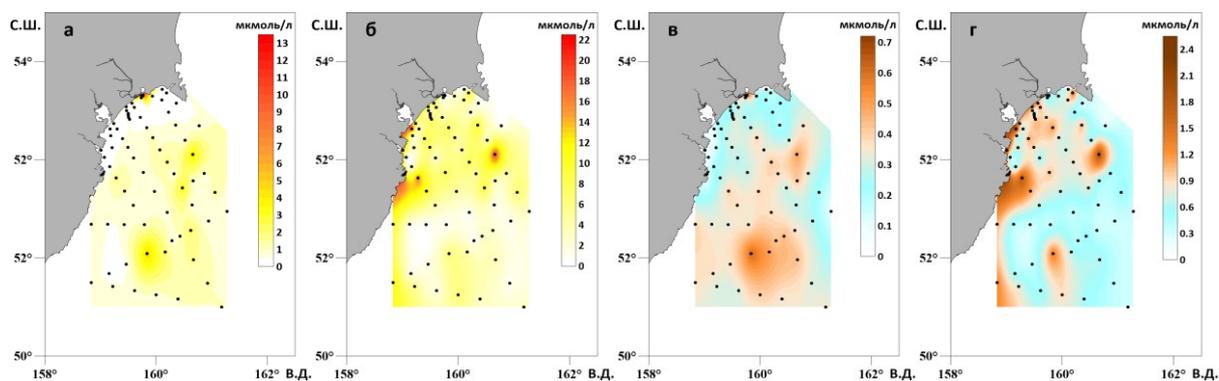


Рис. 2. Пространственное распределение нитратов (а, б) и фосфатов (в, г) в поверхностном слое воды (а, в) и на горизонте 25 м (б, г) Авачинского залива и прилегающей акватории Тихого океана 26 июня – 5 июля 2022 г.

Таким образом, особенностями распределения биогенных веществ в Авачинском заливе и прилегающей акватории Тихого океана являются низкие концентрации фосфатов и высокие – нитратов. Высокая концентрация азота может быть связана с таянием снега в водосборе реки Налычева и поступлением соединений азота с

материковым стоком в залив. Обогащение водосборов азотом, вероятно, происходит преимущественно за счет вулканических эксгаляций и последующего атмосферного переноса их продуктов [3].

Согласно недавним исследованиям [8], при значительном росте N/P соотношений доминируют динофлагелляты, включая потенциально токсичные виды. Многие динофлагелляты более токсичны, когда концентрации азота находятся в стехиометрическом избытке над фосфором. Также известно, что токсичность динофлагеллят значительно возрастает при длительном лимитировании фотосинтеза фосфатами [6]. Учитывая взаимосвязь «красных приливов» и N/P соотношения с преобладанием высоких концентраций азота, сток реки Налычева можно считать одним из основных факторов, способных спровоцировать развитие динофлагеллят после прохождения пика половодья. В то время как существенное понижение N/P соотношения способствовало бы развитию диатомовых водорослей [6]. Кроме того, есть также данные о том, что форма азота влияет на выработку токсинов динофлагеллят. Экспериментальные данные подтверждают, что диатомовые водоросли эффективней усваивают азот в форме нитратов, а динофлагелляты – в форме аммония [6].

Таким образом, в результате работы выявлено, что «цветение» микроводорослей в Авачинском заливе и прилегающей акватории Тихого океана зависит от поступления биогенных веществ с речным стоком с вулканических водосборов. Однако известно, что пеплы различных вулканов отличаются по химическому составу [2] и, соответственно, вносят разное соотношение потоков нитратов и фосфатов в приемные бассейны. Согласно ранее полученным результатам, N/P соотношения для рек Авача и Вилюча составляют в среднем 29 и 53, соответственно, и значительно изменяются в зависимости от сезона [7]. На данный момент авторы не имеют данных о содержании биогенных макроэлементов в реке Налычева, однако очевидно, что N/P соотношения в стоке данной реки также будут иметь существенную межгодовую изменчивость в зависимости от интенсивности вулканизма. Исследование межгодовой изменчивости потоков биогенных веществ со стоком реки Налычева в связи с вулканизмом будет целью дальнейших работ авторов.

Работа выполнена при финансовой поддержке программы фундаментальных научных исследований в ТОИ ДВО РАН (Per. № 122110100002-8, 121021500052-9).

Список литературы

1. Захарихина Л.В., Литвиненко Ю.С. Геохимические особенности вулканических почв Камчатки // Почвоведение. 2010. № 4. С. 412-421.
2. Малик Н.А. Импактный вклад вулканических извержений в формирование химического состава сезонного снежного покрова (Камчатка) // Лед и снег. 2010. № 4. С. 45-52.
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. Пуйин Б.И. Извержение Авачинской сопки в 1945 г. // Бюллетень вулканологических станций. 1953. № 17. С. 6-23.
5. Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 20. Камчатка. Л.: Гидрометеиздат, 1973. 368 с.
6. 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.
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.
8. Zhang Q.-C., Wang Y.-F., Song M.-J. et al. First record of a Takayama bloom in Haizhou Bay in response to dissolved organic nitrogen and phosphorus // Marine Pollution Bulletin. 2022. V. 178. Art. 113572.