

УДК 556.54

ГИДРОЛОГО-ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УСТЬЕВ МАЛЫХ РЕК БЕЛОГО МОРЯ В ЗИМНЮЮ МЕЖЕНЬ 2019 ГОДА

© 2019 г. И. В. Мискевич*, А. В. Лещев, Д. С. Мосеев, А. С. Лохов

Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия

**e-mail: szoioran@mail.ru*

Поступила в редакцию 23.04.2019 г.

После доработки 15.06.2019 г.

Принята к публикации 18.06.2019 г.

В зимнюю межень 2019 г. Северо-Западное отделение ИО РАН провело комплекс гидролого-гидрохимических исследований в 2 устьях малых рек Белого моря. Это были устье р. Мудьюги в юго-восточной части Двинского залива и устье р. Тамицы в юго-восточной части Онежского залива. На устьевом взморье первой реки наблюдаются микроприливные условия (величина сизигийного прилива летом около 1 м), на устьевом взморье второй реки — мезоприливные условия (величина сизигийного прилива летом 2.4 м).

Ключевые слова: Белое море, устья малых рек, зимняя межень, приливы, короткопериодная изменчивость

DOI: 10.31857/S0030-15745961089-1092

Задачей проводимых исследований было определение короткопериодной приливной изменчивости гидролого-гидрохимических параметров в устьях малых рек в условиях зимней межени (рис. 1). Необходимо напомнить, что доля таких малоизученных водных объектов по отношению к общему количеству устьев рек Белого моря составляет 93%.

При проведении полевых работ замер температуры и солёности (минерализации), кислорода и величины рН в поверхностном слое воды, а также отбор проб воды для определения содержания взвешенных веществ, общего фосфора и общего азота осуществлялся у нижней границы лунки в ледовом покрове. Для этих целей использовался многопараметрический анализатор жидкости *Multi 3420* фирмы *WTW* (Германия). Для измерения гидрологических параметров (глубины, температура воды, солёность, параметры течения, мутность) на придонном горизонте применялся зонд-регистратор *SeaGuard RCM SW* фирмы *AANDERAA* (Норвегия). Уровень воды также дополнительно определялся по стандартной водомерной рейке с привязкой к условному нулю поста.

Пробы воды для определения количества взвешенных веществ отбирались в чистые пластиковые бутылки ёмкостью 1.5 л для дальнейшей фильтрации. Выделение взвеси проводилось

методом мембранной ультрафильтрации под вакуумом через чистые (обработанные 1N соляной кислотой и тщательно промытые бидистиллированной водой) ядерные фильтры. Для определения биохимического потребления кислорода использовался стандартный скляночный метод Винклера. Для определения общего фосфора и общего азота из одной пробы воды использовался метод, предложенный Королевым и уточнённый Вальдеррамом.

Полевые работы в устье р. Мудьюги проводилась в период 14–18 марта 2019 г. на рейдовой станции, расположенной на створе *1 км выше вершины дельты реки* (64°56'58"с.ш., 40°20'59"в.д.) на устьевом участке реки. Были выполнены следующие исследования: суточная серия наблюдений с дискретностью 2 ч на поверхностном горизонте и серия наблюдений с дискретностью 0.5 ч в течение 1.5 суток на придонном горизонте. Обнаружено, что за счет блокировки льдом мелководного (глубины не более 1 м) устьевого взморья реки приливная изменчивость исследуемых параметров в устье реки практически не прослеживалась. Величина прилива колебалась в диапазоне 3–4 см, изменения минерализации устьевых вод при наличии стратификации не наблюдались, хотя отливные течения иногда, на короткий промежуток времени (1–3 ч), могли сменяться на приливные. Приливы

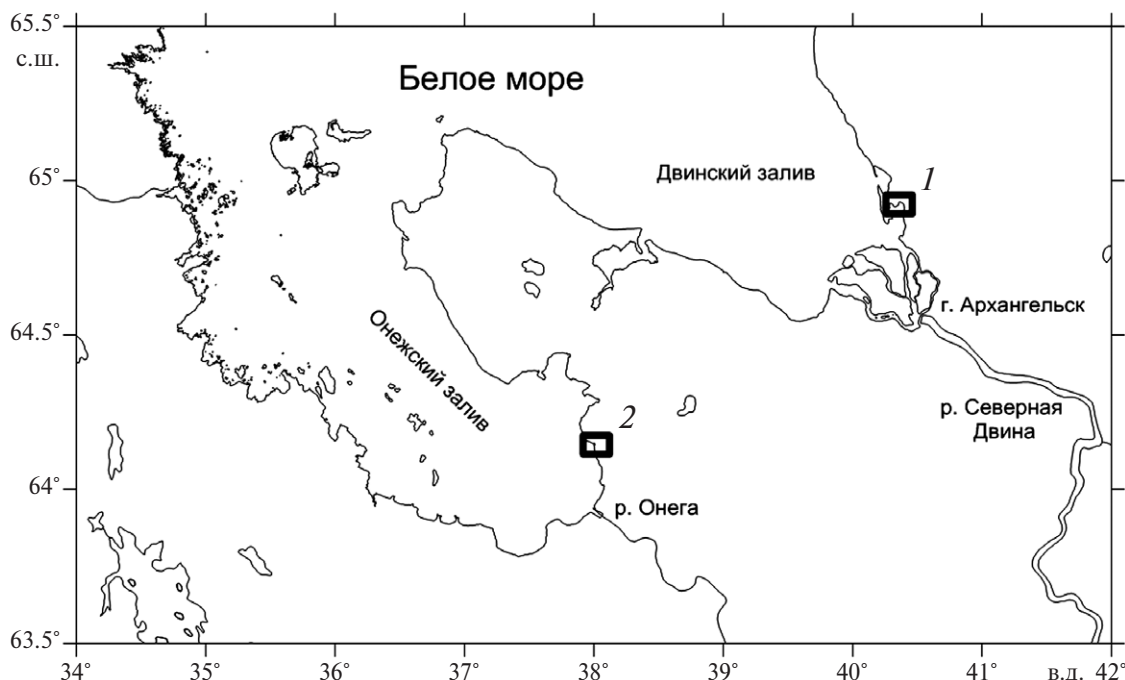


Рис. 1. Схема районов работ в Белом море в зимнюю межень 2019 г. 1 — устье реки Мудьюга, 2 — устье реки Тамица.

ощутимо сказались лишь на изменениях содержания взвешенных веществ, которое при усилении микроколебаний уровня воды возросло с 1–2 до 12–22 мг/дм³. Это можно объяснить сильным взмучиванием илистых отложений при отрыве льда от донного грунта при подъеме даже на 3–4 см и наличии разнонаправленных течений со скоростями 15–33 см/с.

Полевые работы в устье р. Тамицы осуществлялись в период 3–7 апреля 2019 г. на рейдовой станции, расположенной на створе 0.5 км выше морской границы устья реки (64°08'52" с. ш., 37°59'56" в. д.) на границе устьевом взморья и устьевом участка реки. В состав исследований входили 3-суточная серия наблюдений на поверхностном горизонте (для определения содержания взвесей — суточная серия), 3-суточная серия наблюдений с дискретностью 0.5 ч на придонном горизонте. Также был выполнен разрез на 5 станциях в зоне смешения речных и морских вод в полную воду приливного цикла вдоль устьевом водотока с отбором проб воды на поверхностном горизонте.

В период проведения наблюдений в устье р. Тамицы в отличие от устья р. Мудьюги приливные явления, как видно на рис. 2, хорошо прослеживались, хотя величина прилива была примерно в 3 раза меньше по сравнению с периодом открытой воды. Изменчивость уровня

в зимнюю межень носила аномальный характер с наличием короткого промежутка времени резкого подъема и резкого спада воды (рис. 2а). Одновременно наблюдалась большая продолжительность фазы отлива, значительную часть которой занимал очень медленный спад уровня воды. Помимо этого следует отметить наличие определенной “ступенчатости” в изменениях рассматриваемого параметра, которая при открытой воде не наблюдается. Данное явление, очевидно, обусловлено сложным рельефом нижней поверхности ледового покрова, который на мелководном устьевом взморье образовывал своего рода барьер (плотину). При подъеме такого барьера в конце фазы прилива поток морской воды в устье реки приобретал “импульсный” характер. Следует заметить, что в научной литературе подобный тип прилива в устьях рек не описан. Целесообразно его назвать “ледовым мелководным типом прилива”, который должен наблюдаться в устьях рек с устьевым взморьем, на котором величины глубин, прилива и толщины льда соизмеримы между собой.

Изменения солёности (рис. 2б) носили импульсный характер, сопровождающийся ее резким повышением в узкости на границе устьевом взморья и устьевом участка реки в момент полной воды. Короткопериодная изменчивость мутности устьевых вод (рис. 2в) также носила импульсный

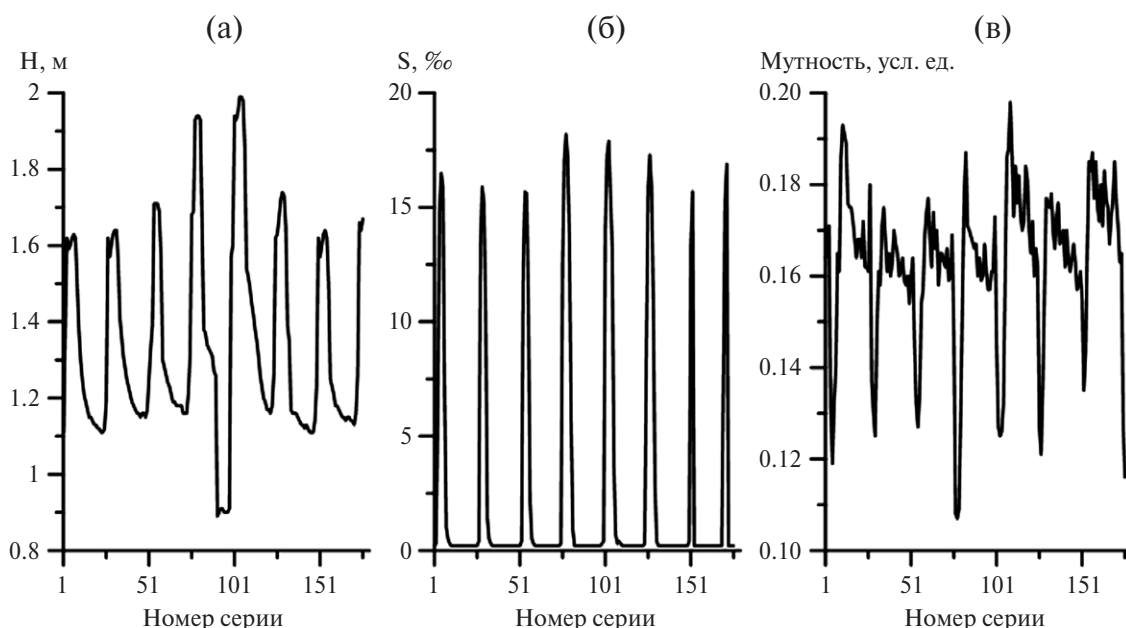


Рис. 2. Короткопериодная изменчивость уровня воды (а), солёности (б) и мутности (в) на придонном горизонте в эстуарии р. Тамицы по данным наблюдений с дискретностью 0.5 ч в период 3–7.04.2019 г.

характер. Он проявлялся в кратковременном появлении наиболее прозрачных вод в момент резкого ослабления течений (на их развороте) на полной воде приливного цикла. А максимальная мутность вод в устье р. Тамицы в придонном слое наблюдалась на максимуме скоростей течений в фазу прилива. При этом изменчивость минимумов этого параметра в целом соответствовала колебаниям максимумов солёности.

Следует также отметить, что в дневное время в устьевых водах отмечалось их заметное перенасыщение кислородом (до 103–108%). Данное явление было обусловлено вспышкой массового развития микроводорослей в приливных трещинах и разводьях.

Полученные результаты указывают на заметные отличия короткопериодной изменчивости гидролого-гидрохимических параметров в зимний период в исследованных устьях рек по сравнению с характеристиками, наблюдаемыми в приливных устьях больших и средних рек [2], а также в устьях малых рек южных морей [1]. При сохранении цикличности, наблюдаемой в летнюю межень [3], характер внутрицикловых колебаний исследуемых показателей зимой также заметно трансформируется. Можно предположить, что геохимические и экологические процессы в целом в устьях малых рек Белого моря, а также в устьях подобных рек других морей западного сектора российской Арктики в зимний

период определяются соотношениями величины прилива, глубин, толщиной льда, а также конфигурацией нижней границы ледового покрова и рельефом дна устьевого взморья реки. Доминирующим фактором в обмене взвешенными наносами между рекой и морем при наличии малых глубин становится гидродинамика устьевых вод, генерируемая приливами [4]. При этом существенно ослабевает роль синоптических процессов. Подобное влияние при наличии ледового покрова практически не изучено, что нужно учитывать в том числе при решении прикладных задач [5], и определение его характеристик требует дальнейших исследований.

Источник финансирования. Работа выполнена в рамках темы № 0149-2018-0016 государственного задания “Современные и древние донные осадки и взвесь Мирового океана — геологическая летопись изменений среды и климата: рассеянное осадочное вещество и донные осадки морей России, Атлантического, Тихого и Северного Ледовитого океанов — литологические, геохимические и микропалеонтологические исследования; изучение загрязнений, палеообстановок и процессов в маргинальных фильтрах рек”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Завьялов П. О., Маккавеев П. Н., Коновалов Б. В. и др. Гидрофизические и гидрохимические характери-

- ки морских акваторий у устьев малых рек российского побережья Черного моря // *Океанология*. 2014. Т. 54. № 3. С. 293-308.
2. Лещев А. В., Мискевич И. В., Коробов В. Б. и др. Пространственные особенности приливной изменчивости гидролого-гидрохимических характеристик устьевой области реки Северная Двина в зимнюю межень // *Океанология*. 2017. Т. 57. № 2. С. 303-310.
 3. Мискевич И. В., Алабян А. М., Коробов В. Б. и др. Исследования короткопериодной изменчивости гидролого-гидрохимических характеристик устья реки Кянда в Онежском заливе Белого моря (28 июля — 15 августа 2016 г.) // *Океанология*. 2018. Т. 58. № 3. С. 369-373.
 4. Мискевич И. В., Коробов В. Б. Гидродинамические аспекты формирования высоких концентраций взвешенных веществ в мезоприливных и макроприливных устьях рек Белого и Баренцева морей // Труды Всероссийской конференции «Гидрометеорология и экология: научные и образовательные достижения и перспективы развития». К 70-летию со дня рождения Л. Н. Карлина. Санкт-Петербург, 2017. С. 344-347.
 5. Мискевич И. В., Коробов В. Б., Алабян А. М. Специфика инженерно-экологических изысканий в приливных устьях малых рек западного сектора российской Арктики // *Инженерные изыскания*. 2018. Т. 12. № 3-4. С. 50-61.

HYDROLOGICAL AND HYDROCHEMICAL RESEARCH OF THE MOUTHS OF THE SMALL RIVERS FLOWING TO THE WHITE SEA IN THE WINTER LOW WATER SEASON OF 2019

© 2019 I. V. Miskevich*, A. V. Leshchev, D. S. Moseev, A. S. Lokhov

Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

**e-mail: szoioran@mail.ru*

Received April 23, 2019

Revised version received June 15, 2019

After revision June 18, 2019

In the winter low water season in March and the first week of April 2019, complex hydrological and hydrochemical studies were carried out at the mouths of two small rivers of the White Sea catchment basin (the Mudyuga river, which flows into the Dvina Bay, and the Tamitsa river, which flows into the Onega Bay). The results indicate significant differences in the short-period variability of hydrological and hydrochemical parameters in the winter in the studied river mouths compared with the characteristics observed in the tidal estuaries of large and medium rivers, as well as in the mouths of small rivers of the southern seas.

Keywords: White Sea, mouths of small rivers, winter low water, tides, short-period variability