

УДК 556.546

ИССЛЕДОВАНИЯ ЗИМНЕГО РЕЖИМА УСТЬЕВ РЕК БЕЛОГО МОРЯ В 2017–2020 гг.

© 2021 г. П. Н. Терский¹, *, Е. Д. Панченко¹, С. Л. Горин², С. А. Агафонова¹,
А. Н. Василенко¹, Ж. М. Куликова¹, А. А. Попрядухин¹, А. М. Алабян¹

¹Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
Географический факультет, Москва, Россия

²Всероссийский научно-исследовательский институт
рыбного хозяйства и океанографии, Москва, Россия

*e-mail: pavel_tersky@mail.ru

Поступила в редакцию 12.05.2021 г.

После доработки 01.07.2021 г.

Принята к публикации 17.08.2021 г.

Представлена информация о зимних экспедициях кафедры гидрологии суши географического факультета МГУ, состоявшихся в 2017–2020 гг. в устьях рек Беломорского бассейна: Онега, Мезень, Варзуга, Умба, Кузрека, Кянда и Тамица. Приводятся предварительные результаты исследований, характеризующие процессы трансформации приливной волны, динамики зоны смешения речных и морских вод, формирования ледяного покрова.

Ключевые слова: Белое море, устьевая область реки, эстуарий, ледостав, приливный цикл, гидрологический режим, Онега, Мезень, Варзуга, Умба, Кузрека, Кянда, Тамица

DOI: 10.31857/S0030157421060162

На географическом факультете Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова (МГУ) существует традиция проведения зимних экспедиций с участием студентов. На кафедре гидрологии суши одним из приоритетных направлений научной работы на протяжении последних десятилетий является исследование устьевых областей рек (УОР). В 2017 и 2019 гг. было обследовано устье Онеги и малых рек Онежского залива – Кянды и Тамицы, в 2019 г., кроме того, устье Мезени, а в 2020 г. – рек Терского берега: Варзуги, Умбы, Кузреки (рис. 1). Исследовались устья рек различного размера: больших (Онега, Мезень), средних (Умба, Варзуга) и малых (Кянда, Тамица, Кузрека).

Устья Северной Двины, Онеги и Мезени были хорошо изучены еще со второй половины XX в. [4], однако даже для этих крупных рек информации о зимних гидрологических процессах было существенно меньше, чем о процессах в теплое время года. О гидрологии устьев малых и средних рек, особенно в зимний период, до недавнего времени почти ничего известно не было [3]. В связи с этим, для зимних экспедиций было определено два основных направления работы: углубленное исследование отдельных процессов в устьях больших рек и комплексное изучение устьев средних и малых рек.

Материалы и методы. Полевые работы выполнялись в конце января–начале февраля и имели общую продолжительность от 2 до 9 рабочих дней на каждом из объектов. В экспедициях участвовало до 20–25 человек, среди которых

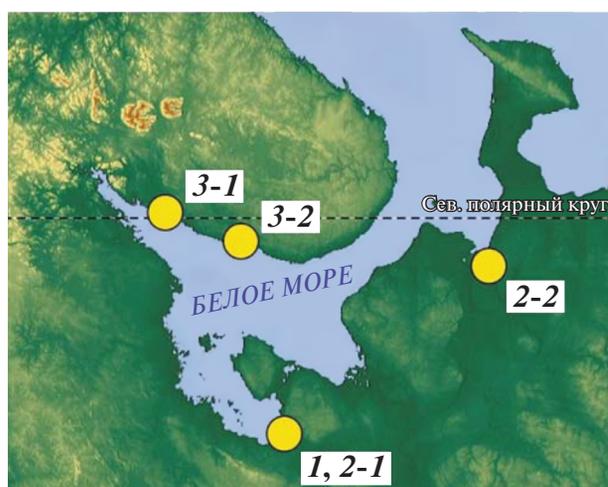


Рис. 1. Места проведения зимних экспедиций: 1 – устья рр. Онеги, Кянды, Тамицы (2017 г.), 2-1 – устья рр. Онеги и Кянды (2019 г.), 2-2 – устье р. Мезени (2019 г.), 3-1 – устья рр. Умбы и Кузреки (2020 г.), 3-2 – устье р. Варзуги (2020 г.)

помимо студентов, аспирантов и сотрудников кафедры гидрологии суши МГУ были сотрудниками Государственного океанографического института им. Н.Н. Зубова (ГОИН), Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии (ВНИРО), а также студенты кафедры океанологии МГУ.

Во всех УОР изучались трансформация приливных волн, динамика поля скоростей течения и зоны смешения речных и морских вод, формирование ледяного покрова и его влияние на динамику вод.

В каждой УОР наблюдениями были охвачены три основные зоны: проникновения осолоненных вод, обратных течений и приливных колебаний уровня воды. Колебания уровня воды исследовались на автономных временных постах, оборудованных цифровыми гидростатическими регистраторами уровня воды (Keller DCX-22 и Solinst Levelogger LT F15/M5) с интервалом 1–5 мин. Высотные отметки определялись с использованием системы дифференциального спутникового позиционирования (Javad Triumph-VS, Javad Triumph-1 и EFT M4). Наблюдения за температурой и соленостью воды осуществлялись также на автономных постах, суточных станциях и путем гидрологических съемок с использованием стационарных самописцев температуры и солености (StarODDI CTD) и мобильных зондов (YSI 600). Скорости течения на суточных станциях и речные расходы воды измерялись с использованием акустических доплеровских профилографов (RDI RiverRay). Обследование ледяного покрова и измерение глубин выполнялось путем ледемерных съемок. Каждая из характеристик наблюдалась с точной пространственной и временной привязкой.

Характеристика объектов. На гидрологический режим устьев рек Белого моря существенно влияют приливы, их величина изменяется от 1 м около устья Северной Двины до 9 м в устье Мезени. Приливы полусуточные, неправильные, асимметричные, с выраженным фазовым неравенством. В Онежском заливе максимальная величина прилива равна 3.2 м, для устья Умбы эта величина равна 2.2 м, самая низкая максимальная величина наблюдается в районе устья Варзуги, где она не превышает 1.8 м. В Мезенском заливе средняя величина сизигийного прилива достигает 8.3 м, квадратурного — 4.9 м [2]. Ледостав на акватории Белого моря формируется с ноября по январь. Преобладает плавучий лед, а у берегов и в вершинах заливов часто образуется припай [1].

Обследованные устья различаются по морфологии и размерам. Русло Мезени плавно переходит в воронкообразный эстуарий (длиной $L \sim 40$ км). Русло Онеги также имеет устьевое расширение ($L \sim 24$ км). Устья малых рр. Кянды и Тамицы морфологически похожи на устье Онеги, несмот-

ря на извилистость. УОР Варзуги состоит из устьевого участка реки и эстуария ($L \sim 10$ км), занимающего затопленное морем речное русло. Через узкий пролив он сообщается с открытым морем. Кузрезка образует небольшой воронкообразный эстуарий, впадающий в открытое море. Нижнее течение р. Умбы представляет собой цепь озеровидных расширений, нижнее из которых образует полузамкнутый залив (губа Умба, $L \sim 1.9$ км, $H_{\text{макс}} \sim 14$ м), который через два мелководных пролива сообщается с открытым морем.

Предварительные результаты. Специфическое влияние рельефа и льда на гидрологический режим изученных УОР в зимний период может проявляться следующим образом.

На всех объектах: чем больше величина приливов, тем сложнее структура ледяного покрова. При высоте прилива более 3 м появляются навалы льда и связанные с этим явления (стамухи, припай на осушках, ропаки, торосы и др.).

“Ледяная плотина” в эстуарии Мезени (формирующаяся в результате переноса льда мощными реверсивными течениями в 20 км выше устьевого створа [4]) препятствует проникновению осолоненных вод вверх по эстуарию, сокращает протяженность зон обратных течений и приливных колебаний уровня воды.

Внутри эстуария Варзуги приливные осушки и мелководья забиты льдом. Речные и морские водные массы взаимодействуют здесь в гораздо более узком русле, чем при отсутствии ледостава. Ледяной покров также изолирует водную толщу от ветрового перемешивания. В результате в отдельные периоды приливного цикла в эстуарии возникает сильная вертикальная стратификация вод, а иногда появляется и двуслойная циркуляция.

На устьевом взморье Онеги зимой формируются мощный припай. Свободными от него остаются только узкие и извилистые ложбины, идущие по дну залива от устьев рек в сторону моря. Таким образом, эстуарии Онеги, а также Кянды и Тамицы получают продолжение в виде “ледяных русел”, а граница между ними и заливом отодвигается в сторону моря на расстояние от нескольких сотен метров у малых рек до нескольких километров у Онеги. В результате зона смешения речных и морских вод смещается в сторону моря.

Существенное влияние оказывает геоморфологическое строение русла реки на устьевом участке. В устьях Тамицы и Кузрезки первые пороги находятся в непосредственной близости от моря. Благодаря им все виды морского воздействия в этих реках ограничены участком 1–2 км от устьевого створа. На реках Онеге, Кянде и Варзуге пороги находятся значительно дальше от моря, и ими лимитируется только дальность проникновения приливных колебаний уровня. В отсутствие припая в районе устьев рек Терского бе-

рега дальность проникновения осолоненных вод и колебаний уровня лимитирована перекатами. В частности, на Варзуге при относительно низких приливах в море (не более 1.5 м) дальность проникновения осолоненных вод и обратных течений достигает 8 км, а колебаний уровня — до 20 км (ограничение порогами).

В устье Умбы гидрологический режим определяется наличием полузакнутой котловины в заливе-эстуарии, большой величиной речного стока и значительными приливами. Опираясь на описание губы Умба [2], собственные натурные наблюдения, а также оценки соотношения объема поступающих пресных вод и объема приливной призмы, авторы предполагают, что зимой при ледоставе здесь могут создаваться условия для появления устойчивой стратификации вод, которая поддерживается притоком морских вод в нижние горизонты и речных вод — в верхние.

Благодарности. Авторы признательны зав. кафедрой гидрологии суши МГУ проф. Н.Л. Фроловой за всестороннюю поддержку, Н.А. Демиденко (ГОИН) и С.В. Лебедевой (Северное УГМС) за помощь в организации и выполнении полевых работ, Г.Д. Совершаевой, И.В. Землянову и О.В. Горелиц (ГОИН) за архивные материалы, всем участникам экспедиций за добросовестный труд и хорошую компанию, а также местным жителям за гостеприимство и помощь в работе.

Исследование выполнено в рамках Программы развития Междисциплинарной научно-образовательной школы Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова “Будущее планеты и глобальные изменения окружающей среды”.

Источники финансирования. Экспедиции выполнялись при поддержке кафедры гидрологии суши, Географического факультета МГУ, ГОИН и РФФИ (проекты 16-05-01018; 18-05-60021 и 19-35-90032), а также за счет личных средств участников.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т. II: Белое море. Вып. I: гидрометеорологические условия / Под. ред. Глуховского Б.Х. Л.: Гидрометеоиздат, 1991. 240 с.
2. Лоция Белого моря / Под ред. Рождественского А.Н. Л.: Издание Гидрографического управления, 1932. Т. LXXII. 566 с.
3. Мискевич И.В., Лещев А.В., Мосеев Д.С., Лохов А.С. Гидролого-гидрохимические исследования устьев малых рек Белого моря в зимнюю межень 2019 года // Океанология. 2019. Т. 59. № 8. С. 1089–1092.
4. Михайлов В.Н. Устья рек России и сопредельных стран: прошлое, настоящее и будущее. М.: ГЕОС, 1997. 413 с.

Investigations of Winter Regime of the White Sea Estuaries in 2017–2020

P. N. Terskii^{a, #}, E. D. Panchenko^a, S. L. Gorin^b, S. A. Agafonova^a, A. N. Vasilenko^a, Z. M. Kulikova^a,
A. A. Popryadukhin^a, A. M. Alabyan^a

^aLomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Moscow, Russia

^bRussian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Moscow, Russia

[#]e-mail: pavel_tersky@mail.ru

Winter field campaigns of the Department of Land Hydrology of Lomonosov Moscow State University Geographical Faculty undertaken during winter periods of 2017–2020 are introduced. Estuarine areas of the Onega, Mezen', Varzuga, Umba, Kuzreka, Kyanda and Tamitsa rivers flowing into the White Sea have been investigated. The methodology and preliminary analyses of tidal wave estuarine transformation, mixing zone dynamics and ice cover formation are presented.

Keywords: White Sea, estuary, ice cover, tidal cycle, hydrological regime, Onega, Mezen', Varzuga, Umba, Kuzreka, Kyanda, Tamitsa