

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ БУХТЫ НОВИК (О. РУССКИЙ)

Лазарюк А.Ю.¹, Захарков С.П.¹, Марьина Е.Н.¹, Мельниченко Н.А.², Тюевев А.В.²

¹ТОИ ДВО РАН, lazaryuk@poi.dvo.ru

²ДВФУ

Ежегодно возрастающая антропогенная нагрузка на экосистему о. Русский стимулирует повышенный интерес к результатам различных натуральных исследований прилегающих акваторий, из которых следует выделить бухту Новик [1].

Используемый в работе массив натуральных наблюдений включает СТД данные более 2300 гидрологических станций, выполненных в бухте Новик и прилегающей части Амурского залива в различные сезоны 2013-18 гг., его большая часть (9/10) приходится на холодные периоды.

Особенности гидрологического режима акваторий, входящих в состав залива Петра Великого, обуславливает муссонный климат юга Приморья. Погода в зимние месяцы (ноябрь-март) - морозная, сухая с преобладанием ветра северных румбов, а летом доминирует морской умеренный воздух при южных ветрах. На режим вод прибрежных акваторий также оказывают влияние радиационный баланс и осадки [2].

Анализ архива метеоданных станции WMO_ID=31960 (Владивосток-гора) текущего десятилетия, 2009-2017 гг., показал, что в среднем около половины годового объёма выпавших осадков приходился на три летних месяца (таблица 1). Влияние этого фактора на термохалинный режим конкретной акватории зависит от её относительной площади водосбора. По этому параметру бухта Новик значительно уступает прилегающей части Амурского залива. В тёплый период года поверхностные воды залива (слой 0-5 м) распресняются речным стоком и под воздействием динамических процессов проникают в северную часть б. Новик, обуславливая наличие градиента солёности вдоль оси бухты. По данным летних гидрологических съёмок 2013-17 гг. его величина достигала на отдельных участках 0.3 епс/км при разности фоновых значений между северной и южной частями бухты до 1.5 епс. При аномальных атмосферных процессах градиенты солёности возрастали. Двукратное превышение этих уровней показали измерения, выполненные в б. Новик и Амурском заливе через неделю после прохождения тайфуна Лаенрок над южными районами Приморья в 2016 г. (рис. 1а).

Таблица 1. Суммарные осадки 2009-2017 гг. (WMO_ID=31960, <http://rp5.ru>)

Суммарные осадки, мм	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	среднее
Январь - Декабрь	956	759	559	1101	968	743	801	1173	698	862
Июнь-август	533	254	449	430	573	247	471	645	355	440
Сентябрь-ноябрь	163	181	85	451	175	294	139	250	170	212

Различия гидрологических режимов акваторий б. Новик и Амурского залива обуславливают не только наличие/отсутствие речного стока, но и противоположные эффекты атмосферных динамических процессов. Наиболее заметны их проявления осенью при смене муссона, когда доминируют ветры северных направлений, которые формируют нагоны в бухте Новик и блокируют водную массу её южной части, рис. 1б. В Амурском заливе при тех же внешних воздействиях имеют место сгонные процессы, которые способствуют поступлению холодных солёных вод из Уссурийского залива через пролив Босфор Восточный [3]. В этот период, вплоть до полного установления ледового покрова, градиенты солёности вдоль оси бухты Новик имели противоположное направление: воды её северной части, прилегающей к Амурскому заливу, содержали больше соли, чем воды южной (кутовой) части, рис. 1в. Например, градиенты до 0.1 епс/км и более имели место в течение ноября 2016 г.

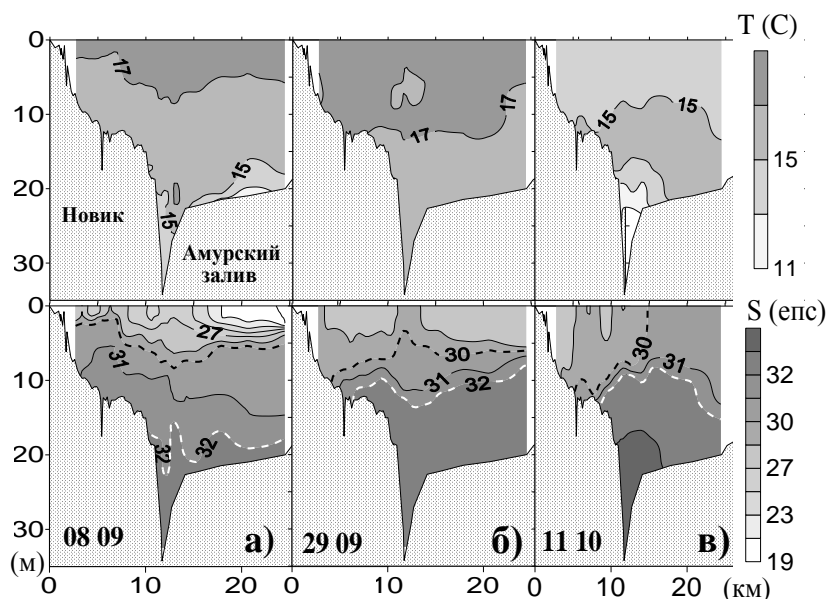


Рисунок 1. Распределения температуры и солёности на осевом разрезе б. Новик-Амурский залив, измеренные 8, 29 сентября и 11 октября 2016 г.

Годовой ход величин термохалинных параметров слоя 0-5 м, измеренных в б. Новик в 2013-2018 гг., представлен на рисунке 2. Температура поверхностных вод достигает максимума 23-25°C в конце летнего сезона. Её наибольший рост (до 8°C/мес) приходится на апрель-май, а в октябре-ноябре наблюдается столь же стремительное падение до температуры замерзания (менее -1.6°C). Солёность водной массы бухты демонстрирует противоположную динамику. Летом обильные осадки распресняют поверхностный слой, и к середине августа величина этого параметра нередко опускается до 29 епс. Зимой в конце периода интенсивного роста льда содержание солей в водах бухты Новик достигает максимума. Например, СТД данные, полученные в конец января 2018 г. на станциях продольного разреза в б. Новик, показали среднюю солёность в подлёдном слое, превышающую 34.6 епс.

Начало климатической зимы соответствует переходу среднесуточной температуры воздуха в область стабильно-отрицательных значений. В течение текущего десятилетия для

исследуемого района эти периоды различались по продолжительности (P_w) до 33 суток, а по количеству накопленного холода (ΣT_a) в 1.5 раза, от -906 до -1340°C*сутки (таблица 2).

В таблице 2 также представлены измеренные толщины ледового покрова (h_{ice}) бухты Новик (по состоянию на конец стадий ледообразования). При сравнении параметров h_{ice} и $\Sigma_i T_a$, величина которой соответствовала дате замеров толщин льда, уровень корреляции (исключая аномалию 2014 г.) оказался ниже, $R^2 \approx 0.77$, чем при сопоставлении h_{ice} и $E_i T_a$, усреднённой по соответствующему периоду величины $\Sigma_i T_a$, $R^2 \approx 0.99$. Линейная регрессия, $h_{cal} = 2.5.4 \cdot E_i T_a$, - даёт оценку с точностью ± 1 см средних толщин ледового покрова б. Новик в конце стадий ледообразования. Однако для показателей зимы 2013-14 гг. имеет место значительное отклонение разности $h_{cal} - h_{ice} \approx 10$ см от номинального уровня оценки. Аномально низкие значения толщины ледового покрова, измеренные в феврале 2014 г., по-видимому, обусловлены превышением атмосферного температурного фона на +2.6°C в ноябре и +1°C в декабре.

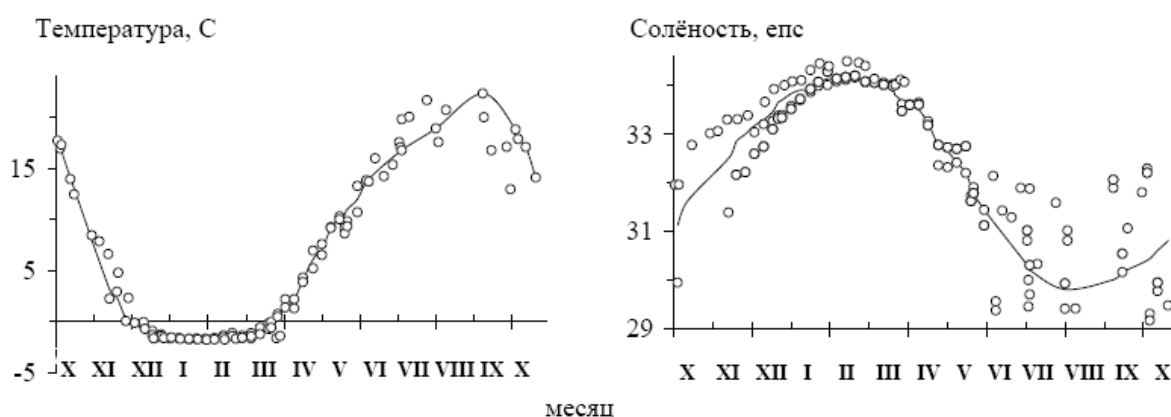


Рис. 2. Годовой ход температуры и солёности поверхностной водной массы б. Новик (слой 0-5 м.). Данные STD-измерений 2013-18 гг.

Таблица 2. Климатические характеристики холодных периодов 2010-18 гг. (WMO_ID=31960, <http://rp5.ru>) и толщина ледового покрова бухты Новик

Холодный период	2009-2010	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018	среднее
начало	09 11	21 11	12 11	15 11	24 11	25 11	17 11	30 10	15 11	15 11
окончание	29 03	25 03	19 03	23 03	12 03	12 03	14 03	10 03	21 03	18 03
P_w , сутки	141	125	128	127	109	108	119	132	127	124
ΣT_a , °C*сутки	-1340	-1136	-1238	-1326	-1036	-951	-973	-906	-1241	-1127
$E T_a$, °C	-9.5	-9.1	-9.7	-10.4	-9.5	-8.8	-8.2	-6.9	-9.8	-9.1
h_{ice} , см				66.5	49	55.6	51.5	40.3	60.1	

P_w - продолжительность периода стабильно-отрицательных температур атмосферного воздуха, ΣT_a – количество накопленного холода («сумма градусов дней мороза»),

$E T_a = \Sigma T_a / P_w$ – средняя сезонная температура, h_{ice} – средняя толщина ледового покрова бухты Новик в конце стадии ледообразования (по ежегодным замерам 20-24 февраля)

В течение 2015-2018 гг. выполнялись регулярные гидрологические наблюдения в бухте Новик с частотой 2-4 раза в месяц, которые показали, что с октября по декабрь из-за холодной конвекции, вызванной атмосферными процессами, устойчивая летняя стратификация вод трансформируется в квазиоднородную водную массу близкую к температуре замерзания с солёносным градиентом вдоль оси бухты. В конце ноября солёность вод её кутовой части всегда ниже, чем в районе о. Елены (на 0.7 епс в 2015 г. и до 1 епс в 2016 г.). В дальнейшем, на стадии формирования ледового покрова бухты выделяется рассол, солёность вод на мелководье (кутовая часть) растёт быстрее, и в течение декабря пространственный градиент в верхнем подлёдном слое исчезает. Часть выделившегося холодного рассола накапливается в придонном слое. Однако благодаря притоку тепла от донных осадков [4], температурный фон этих вод, как правило, выше на 0.3-0.4°C, чем в верхнем менее солёном (на 0.2-0.3 епс) подлёдном слое. В результате, в течение стадии роста льда на большинстве станций наблюдалась характерная двухслойная термохалинная структура: холодный, но менее солёный верхний слой, и придонный, относительно тёплый и более солёный [3].

Из-за роста плотности вод на мелководье возникает дрейфовый поток (по рельефу дна) на север к о. Елены. Этот поток, в свою очередь, порождает компенсационное движение на юг в верхнем подлёдном слое и способствует затоку вод из Амурского залива, рис. 3а. Таким образом, зимой на стадии ледообразования подо льдом бухты Новик имеет место характерная для акваторий северного полушария циклоническая циркуляция вод, а именно, высокосолёные воды, дрейфующие на север, прижимаются к её восточному берегу, а холодные и менее солёные воды Амурского залива движутся на юг вдоль западного берега, рис. 3б.

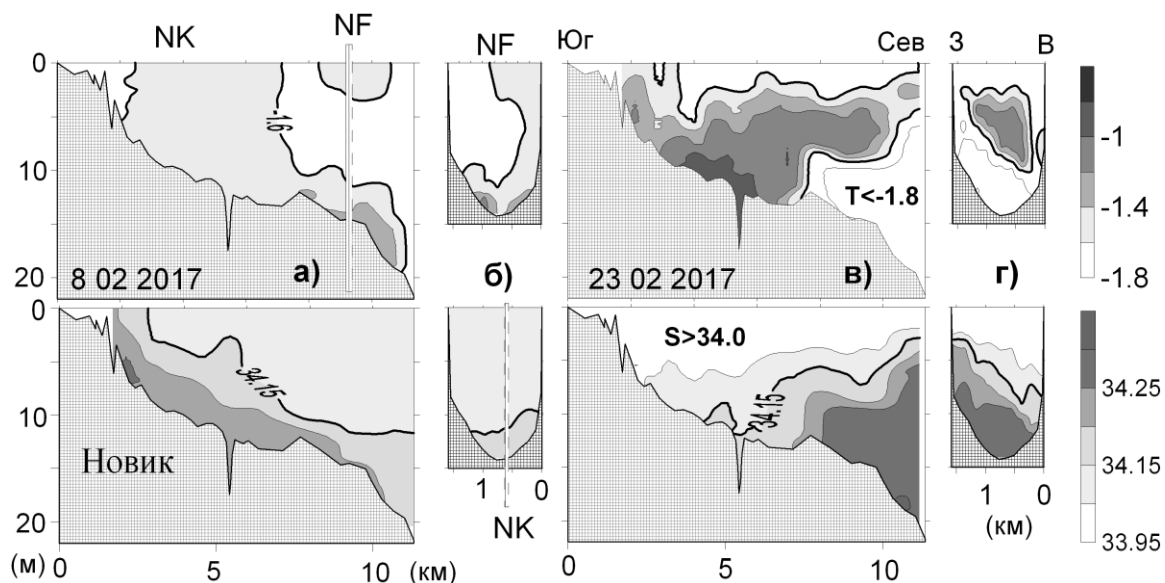


Рис. 3. Распределения температуры и солёности, измеренные 8 и 23 февраля 2017 г. на осевом НК и поперечном NF («Канал-Подножье») разрезах в б. Новик.

На стадиях стабилизации и разрушения ледового покрова рассол не образуется, но тепло от осадков продолжает поступать в придонный слой, и конвективные процессы постепенно разрушают двухслойную структуру вод [3]. В этот период интегральные показатели термохалинных параметров водной массы бухты Новик демонстрируют тренды противоположной направленности: рост температуры и падение солёности, рис. 2.

Разрушение ледового покрова Амурского залива начинается со второй половины февраля [5]. При отрицательном температурном фоне атмосферного воздуха уплотняется освободившийся ото льда поверхностный водный слой не только за счёт охлаждения, но осолонения (в случае образования первичных форм льда). Появление этих вод в прилегающем к б. Новик районе Амурского залива нередко приводит к блокированию основной водной массы бухты. Результаты гидрологической съёмки 23 февраля 2017 г., рис. 3в и 3г, наглядно демонстрируют эффект блокирования вод бухты Новик при сохранении особенностей их циклонической циркуляции.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Христофорова Н.К., Дёгтева Ю.Е., Бердасова К.С., Емельянов А.А., Лазарюк А.Ю. Химико-экологическое состояние вод бухты Новик (остров Русский, зал. Петра Великого, Японское море) // Известия ТИНРО. 2016. № . С. 135-144.
- 2 Ластовецкий Е.И., Вещева В.М., Гидрометеорологический очерк Амурского и Уссурийского заливов. Владивосток.: Владивостокская гидрометеорологическая обсерватория, 1964. 264 с.
- 3 Лазарюк А.Ю., Лобанов В.Б., Пономарёв В.И. Эволюция структуры вод Амурского залива подо льдом // Вестник ДВО РАН. 2013. №6. С.59-70.
- 4 Буров Б. А., Лазарюк А. Ю., Лобанов В. Б. Исследование теплового потока на границе вода – донные осадки в Амурском заливе Японского моря в зимний период // Океанология, 2014, том 54, № 6, с. 744–753.
- 5 Якунин Л.П. Атлас основных параметров ледяного покрова Японского моря. Владивосток. Издательский дом ДВФУ, 2012, 84 с.