

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕЧЕНИЙ В ЗАЛИВЕ АНИВА ОСЕНЬЮ 2002 ГОДА

Г. В. Шевченко, Г. А. Кантакое, В. Н. Чаеиков

Сахалинский научно-исследовательский институт
рыбного хозяйства и океанографии (Южно-Сахалинск)

ВВЕДЕНИЕ

Залив Анива расположен в южной части острова Сахалин и представляет собой полузамкнутый бассейн сравнительно небольших размеров, с зонально ориентированной открытой границей, максимальная глубина на которой достигает 107 м (рис. 1). В последние годы интерес к этому заливу резко возрос. Одной из причин этого является строительство на его побережье в районе пос. Пригородное завода по сжижению природного газа и специального терминала по его отгрузке. Для снижения риска аварийных разливов углеводородного сырья, а также негативного воздействия строительных работ и эксплуатации терминала на экосистему залива необходимы возможно более точные оценки динамических процессов и в первую очередь скоростей морских течений, а также изменчивости океанографических условий в пределах его акватории.

Помимо строительства объектов нефтегазового комплекса, залив Анива интересен с точки зрения промысла целого ряда весьма ценных видов рыб, прежде всего горбуши, а также креветки, морского гребешка, трепанга и иных видов морских биоресурсов. В последние годы в прибрежных его районах начали развиваться марикультурные предприятия, связанные в первую очередь с разведением гребешка.

В настоящее время знания о динамических процессах, происходящих в заливе, крайне ограничены и основываются почти исключительно на результатах модельных расчетов циркуляции по измеренным полям температуры и солености (Будаева и др., 1980; Budaeva, Makarov, 1996; Пищальник, Архипкин, 1999) или анализе наблюдений за уровнем моря (Поезжалова, Шевченко, 1997; Шевченко, 1997). Такой подход в данном районе вполне оправдан, так как на его акватории имеется четыре зональных разреза с общим числом 24 океанографических станции, что позволяет изучить поля температуры, солености и плотности морской воды с необходимой детальностью. В то же время продолжительных инструментальных измерений скоростей морских течений в этом районе до последнего времени не проводилось.



Рис. 1. Схема постановки автономных буйковых станций (отмечены черными квадратами) на акватории залива Анива осенью 2002 г. Кругом отмечена АБС в лагуне Буссе

Для получения более точных представлений о динамике вод в заливе Анива Сахалинским научно-исследовательским институтом рыбного хозяйства и океанографии (СахНИРО) в последние годы предпринимаются большие усилия. Так, осенью 2000 г. была установлена автономная буйковая станция, в комплект которой входили два измерителя скорости и направлений морских течений, а также определитель параметров морской воды YSI6600 (Кантаков и др., 2002; Шевченко, Частиков, 2004), а в 2001 г. были выполнены пять океанографических съемок в различные сезоны (Budaeva et al., 2003).

Также пять съемок были выполнены в 2002 г., при этом осенью был проведен масштабный натурный эксперимент с постановкой семи автономных буйковых станций, которые были оснащены трехкомпонентными измерителями течений SonTek. Несмотря на отказ одного из приборов и потерю второго, был получен весьма представительный натурный материал. В настоящей работе приведены основные результаты анализа полученных данных инструментальных измерений.

МАТЕРИАЛЫ НАБЛЮДЕНИЙ

Автономные буйковые станции, использовавшиеся в этом эксперименте, были расположены следующим образом (см. рис. 1): три станции были установлены вблизи открытой границы залива, вдоль стандартного океанологического разреза мыс Анива – мыс Анастасии (на самой восточной станции, вблизи м. Анива, произошел отказ прибора); две станции были выставлены в прибрежной зоне: одна – у западного берега залива, в районе устья реки Урюм и бывшего поселка Кириллово, вторая – у противоположного берега, в районе устья реки Островка; еще два прибора были установлены в лагуне Буссе –

один внутри нее, а второй – в протоке, соединяющей лагуну с морем. Последняя станция была сорвана сильными приливными течениями, величина которых в узком проливе достигает 2 узлов.

Все приборы имели встроенные датчики температуры, а прибрежные станции были снабжены также измерителями гидростатического давления (уровня моря). Дискретность измерений составляла 20 мин., за исключением станции Inessa-3, где дискретность была равной 30 мин.

Все АБС были выставлены в притопленном варианте, на каждой имелся якорь весом 200–250 кг, вертикальное положение троса с приборами обеспечивалось гирляндой куктылей. Постановка прибрежных станций осуществлялась с маломерных судов рыболовецких предприятий «Компас плюс» в районе пос. Кириллово и «Монетка» – на противоположном берегу залива. Мористые станции были выставлены с борта НПС «Дмитрий Песков», подъем станции на борт судна осуществлялся путем подачи сигнала на акустический размыкатель.

Полученные ряды скоростей морских течений и гидрологических элементов подвергались контролю на качество данных и в дальнейшем анализировались с применением статистических методов.

Из пяти выполненных океанографических съемок для анализа были отобраны две, выполненные 12 августа и 31 октября 2002 г., как характеризующие гидрологические условия в заливе Анива до и после проведения эксперимента по инструментальному измерению течений.

ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ДО И ПОСЛЕ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

На рисунке 2 представлены карты динамической топографии, построенные по результатам океанографических съемок на четырех стандартных разрезах (схема станций приведена в статье В. Д. Будаевой с соавторами в наст. сб.), расчет производился относительно горизонта 100 м, а на рисунках 3, 4 – вертикальные распределения температуры и солености по разрезу, который проходит по параллели 46° и в восточной части примыкает к м. Анива, а в западной – к м. Анастасии. На этих разрезах накоплены данные съемок за продолжительный период времени, что дало возможность рассчитать не только средние значения для различных станций и горизонтов, но и среднеквадратические отклонения (Пищальник, Бобков, 2000). Данный подход позволяет определить не только особенности океанологических условий в момент проведения измерений, но также являются ли они типичными или, напротив, аномальными для изучаемого района, с точной количественной оценкой.

Август. Динамическая топография в августе обнаруживает антициклонический вихрь, который обычно присутствует в это время года в заливе Анива (Пищальник, Архипкин, 1999; Пищальник, Бобков, 2000), однако его положение в центре исследуемой акватории несколько отличается от обычного. По сравнению с распределениями, приведенными в указанных работах, вихрь в августе 2002 г. был более сжатый, и его центр смещен несколько на запад.

В западной части залива обнаруживаются структуры, указывающие на заток модифицированных япономорских вод из района узкой части пролива Лаперуза, а также на наличие вдольберегового потока на юг, из северо-западного угла бассейна в сторону мыса Крильон. В юго-восточной части исследуемой акватории наблюдается поступление охотоморских вод.

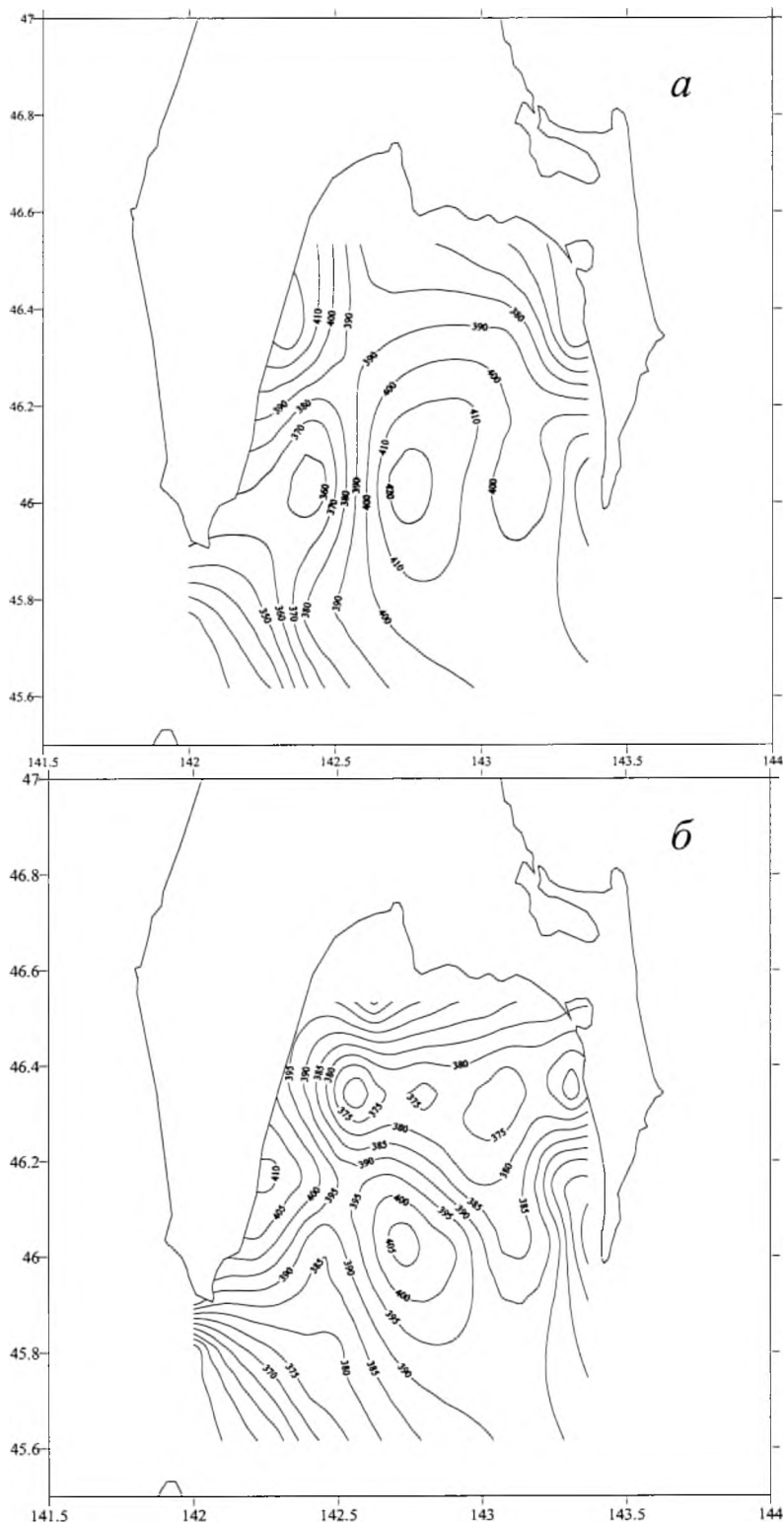


Рис. 2. Карты динамической поверхности, построенные по результатам океанологических съемок, выполненных 12 августа (а) и 31 октября (б) 2002 г.

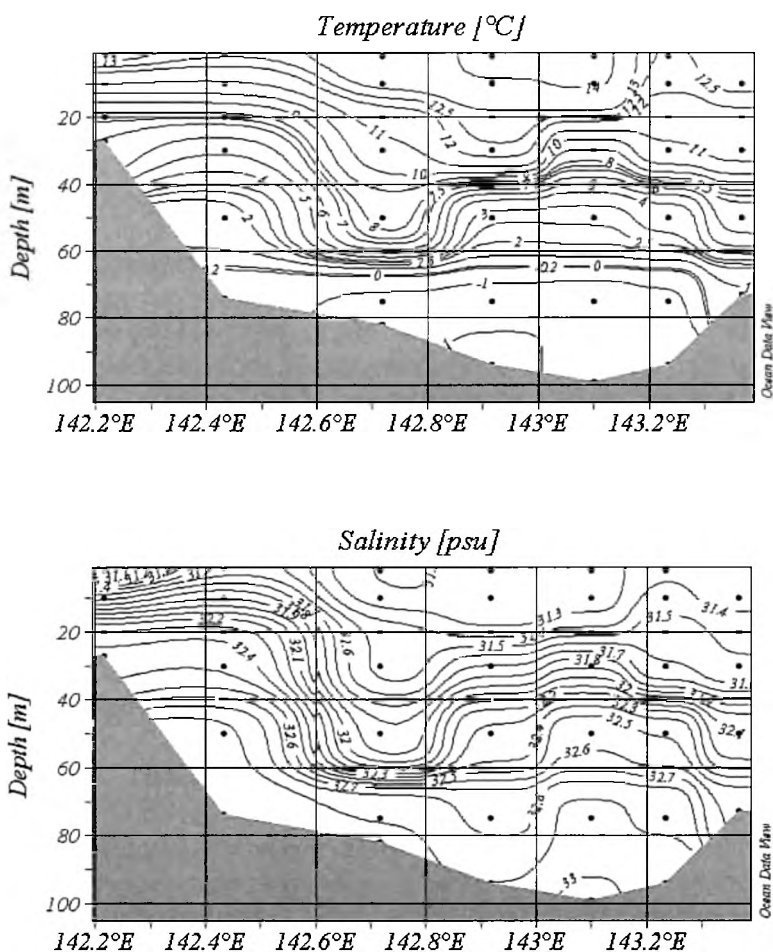


Рис. 3. Вертикальные распределения температуры и солености морской воды на разрезе м. Анива – м. Анастасии по результатам съемки 12 августа 2002 г.

В районе м. Анива в верхнем 20-метровом слое температура воды составляла около 13°C , что на $1,4^{\circ}\text{C}$ ниже нормы (при величине среднеквадратического отклонения $\sigma=1,87^{\circ}\text{C}$), при этом в промежуточном слое (30–50 м) наблюдалась положительная аномалия $2,37^{\circ}\text{C}$ ($\sigma=2,67^{\circ}\text{C}$). В верхнем 30-метровом слое обнаружена существенная, в 1,5 раза превышающая среднеквадратическое отклонение, отрицательная аномалия солености ($-0,37\%$ при $\sigma=0,26\%$). На глубинах ниже 50 м температура и соленость были близки к норме.

Распределение верхнего слоя, скорее всего, обусловлено аномальным количеством осадков – летом над южной частью острова Сахалин прошло шесть тайфунов, что примерно в два раза больше обычного. Отрицательная аномалия температуры в верхнем и положительная в нижнем слоях указывают на существенное уменьшение ее вертикальных градиентов и более слабую выраженность термоклина по сравнению с типичными условиями для юго-восточной части залива Анива. Возможно, это связано с метеорологическими условиями (высокий балл облачности и малый радиационный прогрев), а также заток омотоморских вод, стратификация которых не такая сильная, как в заливе (Пищальник, Архипкин, 1999; Пищальник, Бобков, 2000).

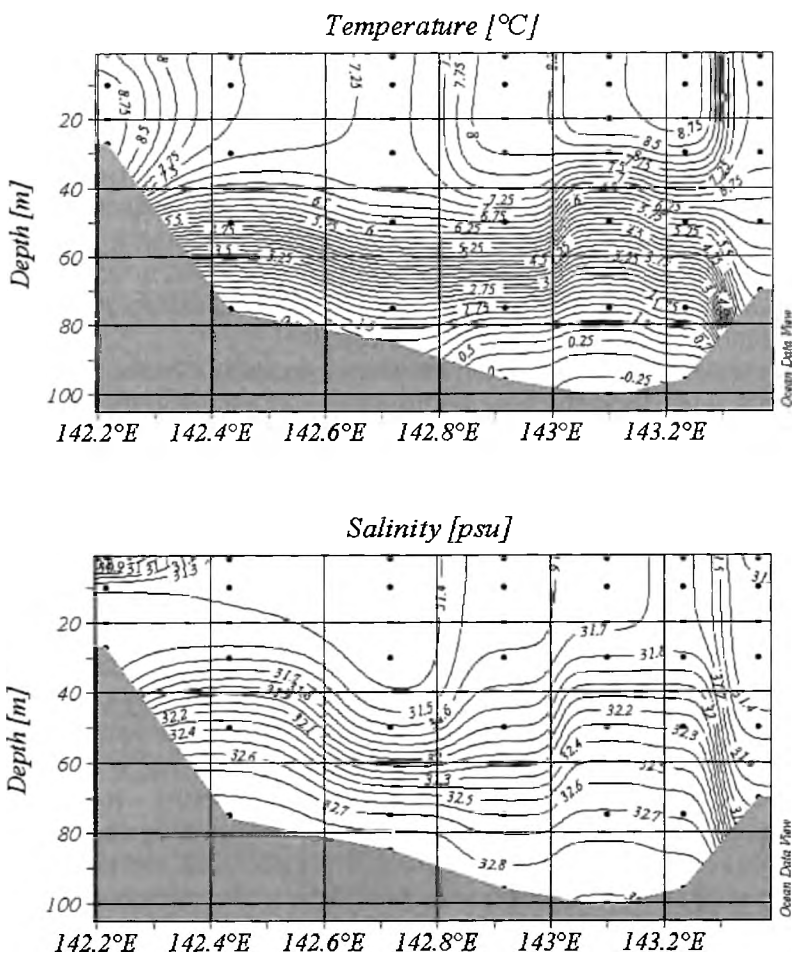


Рис. 4. Вертикальные распределения температуры и солёности морской воды на разрезе м. Анива – м. Анастасии по результатам съемки 31 октября 2002 г.

В центральной части разреза м. Анива – м. Анастасии, в области антициклонического вихря, по температуре ситуация довольно близкая к рассмотренной выше – в верхнем 20-метровом слое заметная отрицательная аномалия ($-1,49^{\circ}\text{C}$ при $\sigma=1,68^{\circ}\text{C}$), а в промежуточном – более существенная и статистически значимая положительная ($+3,44^{\circ}\text{C}$ при $\sigma=2,54^{\circ}\text{C}$). Отрицательная аномалия солёности в верхнем 50-метровом слое превышает величину 2σ ($-0,50\text{‰}$ при $\sigma=0,23\text{‰}$), в нижних слоях она не столь выражена, но также достаточно существенна ($-0,21\text{‰}$ при $\sigma=0,24\text{‰}$).

В юго-западной части залива в верхнем 20-метровом слое выявлены отрицательные аномалии температуры и солёности, однако их статистическая значимость невелика ($-1,74^{\circ}\text{C}$ при $\sigma=2,63^{\circ}\text{C}$ и $-0,19\text{‰}$ при $\sigma=0,35\text{‰}$).

В северо-западной части залива наблюдались незначительные аномалии температуры – отрицательная в верхнем слое и положительная в нижнем. Выявлена значимая, превышающая σ , отрицательная аномалия солёности во всей водной толще. Скорее всего, формирование этого распресненного пятна связано с влиянием речного стока, в этом районе находятся устья основных рек юга Сахалина – Сусуя, Лютога, Таранай, Урум.

В восточной части изучаемой акватории в поверхностном слое наблюдался некоторый дефицит тепла и соли (в обоих случаях приблизительно на уровне $0,6\sigma$), на глубинах более 20 м отклонения от нормы незначительны.

Октябрь. В целом характер динамической топографии осенью сохранил основные черты, которые были выявлены в августе, особенно в южной части залива Анива, где можно отметить лишь некоторое уменьшение размеров антициклонического вихря и его некоторое смещение в юго-западном направлении, что обусловлено, вероятно, сезонной интенсификацией Восточно-Сахалинского течения. В пользу этого мнения свидетельствует и характерная, относительно однородная по вертикали, структура более теплых и менее соленых вод в восточной части разреза по параллели 46° .

В северной части исследуемой акватории различия более существенные и заключаются прежде всего в наличии пары циклонических рингов – более выраженного западного и несколько размытого восточного. Область больших динамических высот, располагавшаяся в северо-западной части залива, сместилась вдоль берега на юг, в сторону м. Анастасии.

В общем, пространственные распределения полей температуры и солёности гораздо меньше отличаются от средних многолетних, приведенных в работах (Пищальник, Архипкин, 1999; Пищальник, Бобков, 2000). Так, в юго-восточной части залива максимальные аномалии температуры по различным слоям не превышают $0,3\sigma$, данный факт указывает на то, что интенсивность Восточно-Сахалинского течения соответствовала норме. В центральной части разреза м. Анива – м. Анастасии, в области антициклонического вихря, сохранялся дефицит тепла (преимущественно в верхнем 20-метровом слое, однако и в нем статистическая значимость аномалии незначительна – на уровне $0,5\sigma$) и соли, гораздо менее выраженный, чем летом, и лишь в промежуточном слое 30–50 м достигающий σ . Более значимая отрицательная аномалия солёности, изменяющаяся от σ вблизи поверхности до $1,5\sigma$ у дна, наблюдалась в распресненном пятне, которое сместилось, как отмечалось выше, вдоль западного берега залива в южном направлении.

В области циклонического вихря в северо-западной части залива наблюдались незначительные отрицательные аномалии температуры ($0,3\sigma$) и солёности ($0,5\sigma$). Это указывает на то, что воды с такими характеристиками достаточно типичны для данного района осенью, хотя формирование здесь ринга обычно не происходит (Пищальник, Архипкин, 1999; Пищальник, Бобков, 2000).

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ АНАЛИЗА ТЕЧЕНИЙ

Периодические течения. К периодическим течениям относятся течения, наблюдающиеся на фиксированных частотах, – приливные и инерционные. Период Кориолиса на широте разреза м. Анива – м. Анастасии, проходящего по 46-й параллели, составляет $f=12/\sin 46^\circ=16,68$ ч.

Измеренные ряды скоростей морских течений на каждой станции раскладывались на проекции на параллель и меридиан (соответствующие ряды приведены на рисунке 5), после чего амплитуды и фазы основных приливных волн рассчитывались методом наименьших квадратов. Определялись параметры восьми основных гармоник – четырех суточного (Q_1, O_1, P_1, K_1) и четырех полусуточного диапазона (N_2, M_2, S_2, K_2). Результаты расчетов, в виде эллипсов течений, полученных для основной суточной (K_1) и полусуточной волн (M_2), представлены на рисунке 6.

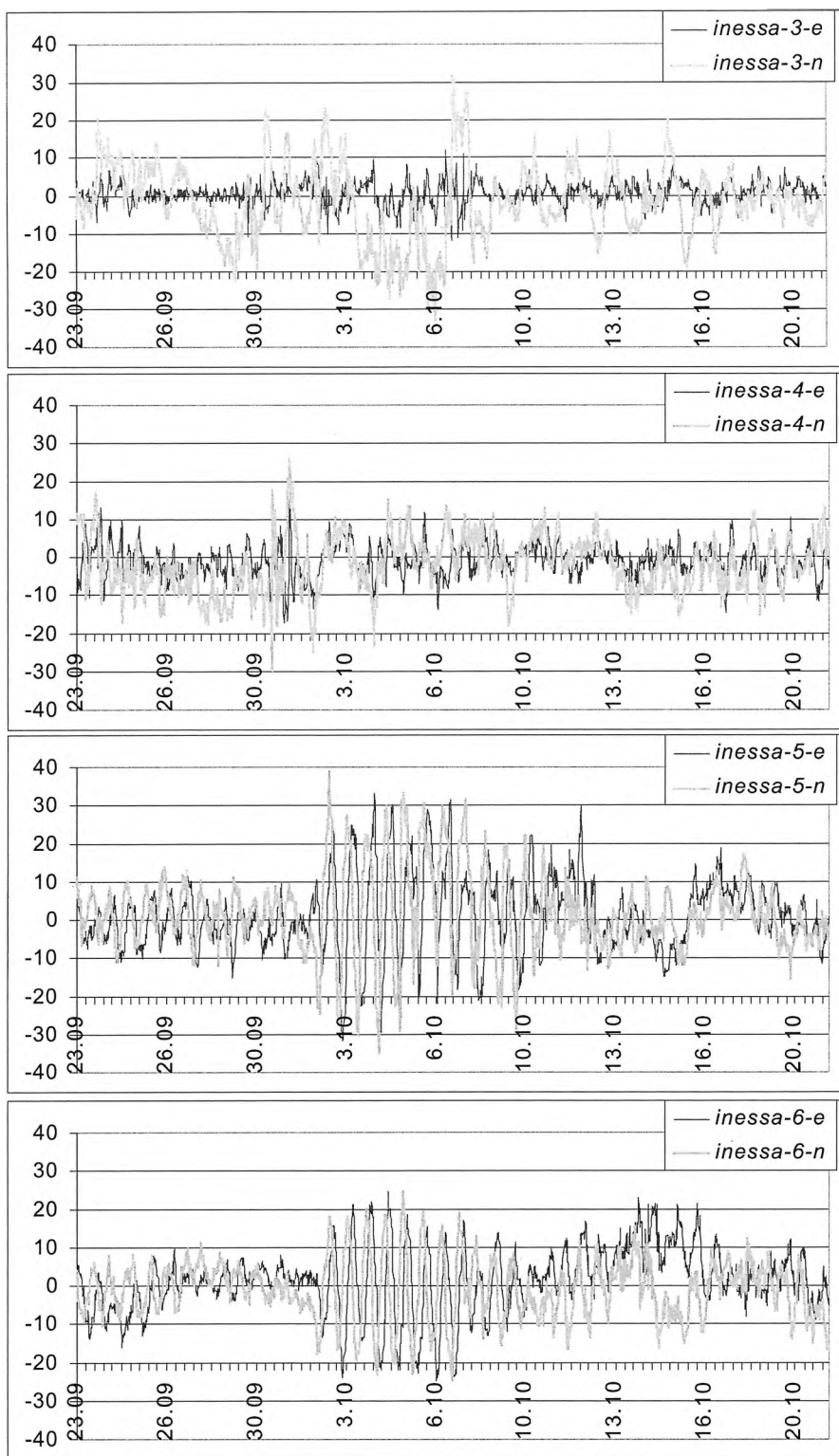


Рис. 5. Проекция на параллель (е, см/сек.) и меридиан (н, см/сек.) векторов скорости морских течений, измеренных на различных АБС осенью 2002 г.

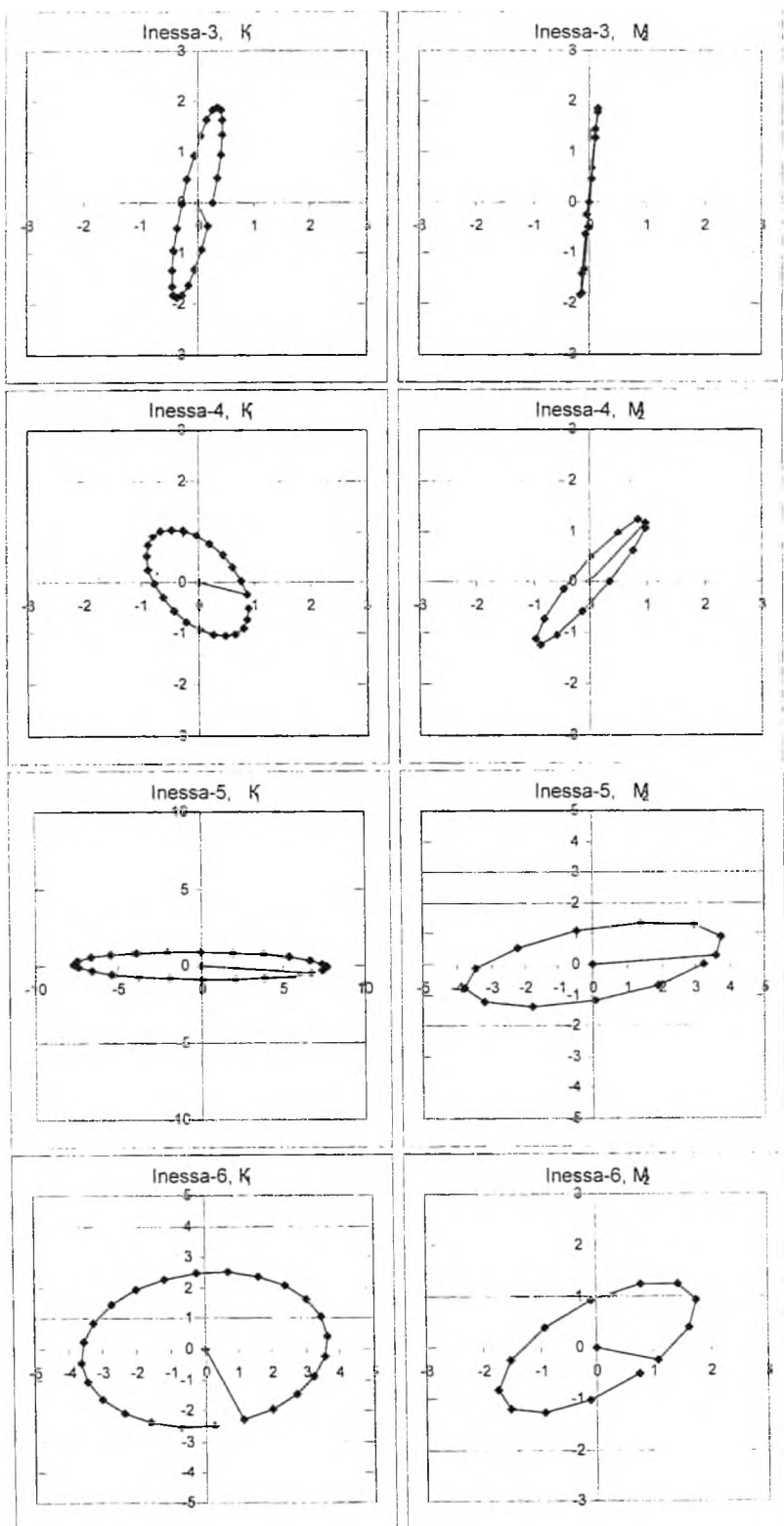


Рис. 6. Эллипсы приливных течений для главной суточной (K) и полусуточной (M) волн, рассчитанные по данным измерений на различных АБС

На всех станциях скорости приливных течений составляют 2–3 см/сек., исключение составляет станция Inessa-5 в юго-западной части залива. Здесь эллипсы основных приливных волн имеют зональную ориентацию, а скорости суточных течений достигают величины 8 см/сек. Вероятно, усиление приливных течений в этом районе обусловлено влиянием узкой части пролива Лаперуза, где приливные течения очень велики и скорости основных суточных гармоник достигают 100 см/сек. (Shevchenko, Kantakov, 2001).

Только в центральной части залива (Inessa-6) направление обхода вектора в приливном цикле одинаково и ориентировано против часовой стрелки. На расположенной к востоку станции Inessa-5 направление вращения у суточной гармоники изменяется на противоположное, при этом эллипс сильно вытянут и приливное течение близко к реверсивному. Реверсивный характер приливных течений, в особенности полусуточной гармоники M_2 , наблюдается на станции Inessa-3, несколько в меньшей степени это относится к прибрежным течениям у западного побережья залива.

В целом, приливные течения на акватории залива Анива сравнительно невелики и не играют важной роли в его динамике, за исключением юго-западной части изучаемого бассейна.

Большой интерес вызывают инерционные течения, которые проявились в виде мощного пуга колебаний (см. рис. 5) в первой декаде октября. Причем на самой западной станции их амплитуды были выше и достигали значений 30–35 см/сек., в то время как в центре залива они составляли около 20 см/сек. В том, что это именно инерционные течения, можно убедиться по результатам спектрального анализа записей, полученных на станциях Inessa-5 и Inessa-6 (рис. 7). На спектрах выделяется мощный пик с периодом около 16,8 ч., что соответствует приведенному выше значению периода Кориолиса для широты точек наблюдения. В ротарных спектрах на данном периоде абсолютно доминируют движения по часовой стрелке, выраженная поляризация характерна для течений, в формировании которых важную роль играют гироскопические силы, в том числе и для инерционных течений – аналогичный эффект был обнаружен при анализе течений вблизи о. Монерон (Kantakov, Shevchenko, 1999). Полусуточные приливные течения слабо проявились в спектрах, их интенсивность мала по сравнению с суточными и инерционными. Для суточных приливов также наблюдается преобладание вращения по часовой стрелке, хотя на АБС Inessa-6 для волны K_1 выше было отмечено противоположное направление вращения (см. рис. 6). Общий антициклональный характер движений в суточном диапазоне в центре залива обусловлен влиянием другой важной суточной гармоники O_1 .

Формирование инерционных течений в таком закрытом и мелководном бассейне, как залив Анива, весьма удивительно, учитывая также, что аналогичная картина наблюдалась осенью 2000 г. приблизительно в тот же самый период времени и, следовательно, не является уникальным событием. Обычно инерционные течения возбуждаются под воздействием ветра, в особенности в случае хорошо выраженной завихренности воздушного потока, что обычно бывает в области циклона или тайфуна.

В данном случае ситуация была именно такая – 1–2 октября над южной частью острова Сахалин проходил глубокий циклон (на гидрометеостанции Корсаков минимальное значение приземного атмосферного давления составляло 983 мБар), который вызвал сильные ветры переменных направлений. Максимальное значение скорости ветра, по срочным наблюдениям на ГМС Новиково, более открытой по сравнению с ГМС Корсаков, достигало 23 м/сек. и порыва – 34 м/сек., что является значительной величиной для изучаемого района (Като и др., 2001).

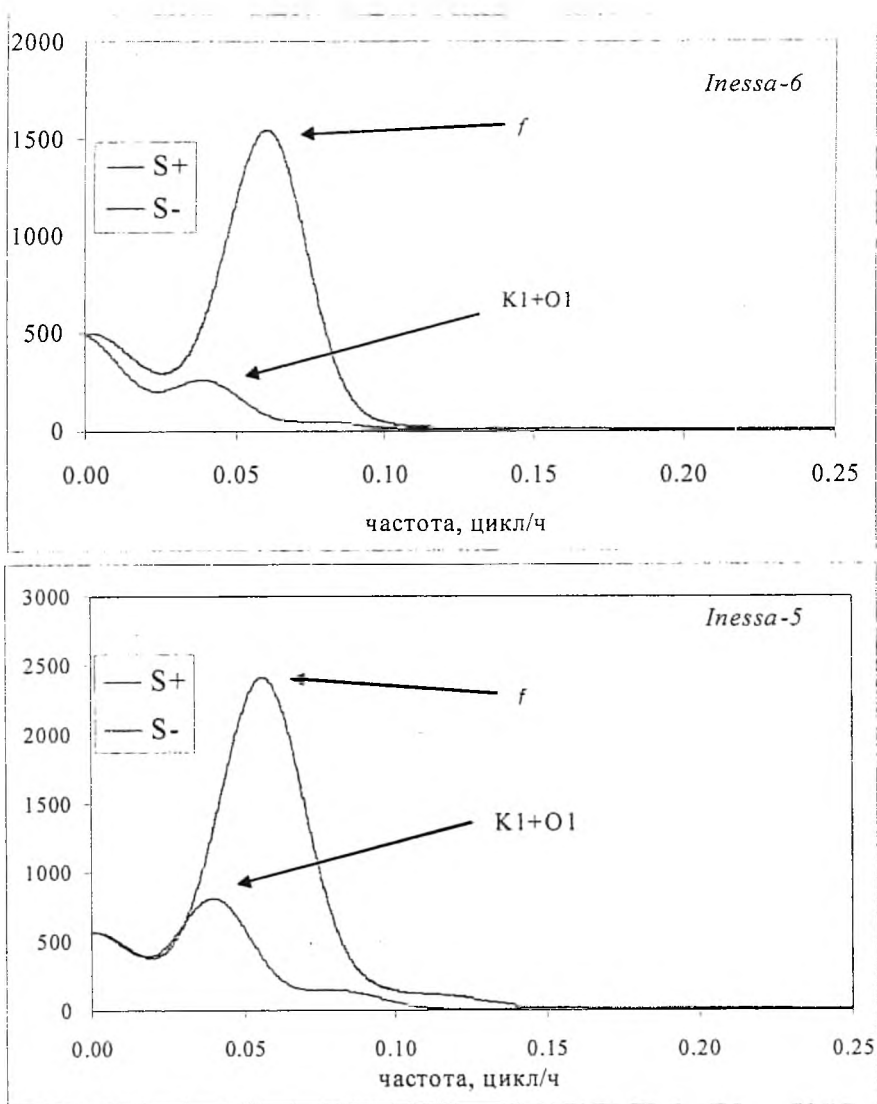


Рис. 7. Ротарные спектры, соответствующие вращению по часовой стрелке (S^- , в $(\text{см/сек.})^2\text{ч.}$) и против часовой стрелки (S^+ , в $(\text{см/сек.})^2\text{ч.}$), рассчитанные по данным измерения на АБС Inessa-5 и Inessa-6. Отмечены пики, соответствующие частоте суточных приливов и инерционных течений

Необходимо отметить, что осенью 2000 г. в момент образования инерционных течений сильных ветров не наблюдалось, в связи с чем в работе (Шевченко, Частиков, 2004) высказывалось предположение о наиболее вероятном механизме их генерации в результате взаимодействия потока Восточно-Сахалинского течения и существовавшего в заливе антициклонического вихря. Этот вихрь, как показано выше, диагностировался также по результатам океанографических съемок в августе и конце октября 2002 г. Причем, по сравнению с типовой ситуацией (Пищальник, Бобков, 2000), он был смещен к западу, так что области существования медленно и быстро вращающихся вихревых структур приблизительно совпадают, что свидетельствует в пользу данного механизма.

Однако ввиду весьма точного совпадения появления аномальных колебаний поля течений с моментом прохождения глубокого циклона в ситуации 2002 г. влияние ветра представляется все же более вероятной причиной, которая вызвала инерционные течения с амплитудами до 30–35 см/сек. Вероятно, важным моментом формирования инерционных течений является различное направление течений у западного и восточного побережий 2 октября (см. ниже рис. 9), что создавало определенный вращательный момент в водах залива Анива.

Очевидно, сформированные под воздействием ветра, эти течения просуществовали около недели, после чего, не имея дополнительного источника энергии, затухли в результате действия естественных диссипативных факторов.

Непериодические течения. Непериодические течения обусловлены обычно структурой поля плотности или метеорологическими причинами – вариациями приземного атмосферного давления и воздействием ветра на морскую поверхность. Причем в таком ограниченном и мелководном бассейне, как залив Анива, влияние второго фактора представляется более важным, в особенности в прибрежных районах, где были установлены АБС Inessa-3 и Inessa-4.

Осенью 2002 г. погодные условия над заливом Анива определялись тремя циклонами (2–3, 7–8 и 28–29 октября), минимальные значения приземного атмосферного давления при прохождении которых, по измерениям на ГМС Корсаков, составляли 983, 995 и 992 мБ соответственно. Под влиянием движущихся циклонов над заливом формировались ветра, быстро изменяющиеся по направлению, скорость которых достигала в первом случае 23 м/сек., а при двух других синоптических ситуациях – 15 м/сек. (среднесуточные вектора скорости ветра, по измерениям на ГМС Корсаков и Новиково, представлены на рисунке 8). В остальное время погода была более спокойной, и скорость ветра не превышала 10 м/сек., при этом в целом над исследуемой акваторией преобладали ветра южных румбов, характерные для летнего сезона (так называемый летний муссон) (Като и др., 2001). Переход к ветрам северных румбов, преобладающих обычно в данном районе в осенне-зимний сезон, произошел осенью 2002 г., в самом конце октября, и, следовательно, не оказал существенного влияния на поле течений в заливе Анива в период проводившегося эксперимента.

Среднесуточные вектора непериодической составляющей течений представлены на рисунке 9. У восточного побережья залива (Inessa-3) доминировали меридиональные, вдольбереговые потоки чередующихся знаков, так что сложно выделить преобладающее направление в этом районе, с заметным увеличением скорости в моменты прохождения циклонов в последних числах сентября – начале октября и месяц спустя. При этом в обоих случаях течения южных румбов были более сильными, чем северных, но менее продолжительными во времени.

На станции Inessa-4 наибольшую повторяемость имели течения южных румбов, которые также усиливались в моменты прохождения циклонов. Наиболее вероятно, что поток на юг вдоль западного побережья залива формируется как отклик на воздействие ветров южных и юго-восточных румбов, способствующих повышению уровня в вершине залива, в бухте Лососей. В пользу этого мнения свидетельствует ослабление потока в конце периода наблюдений, когда произошла перестройка поля ветра.

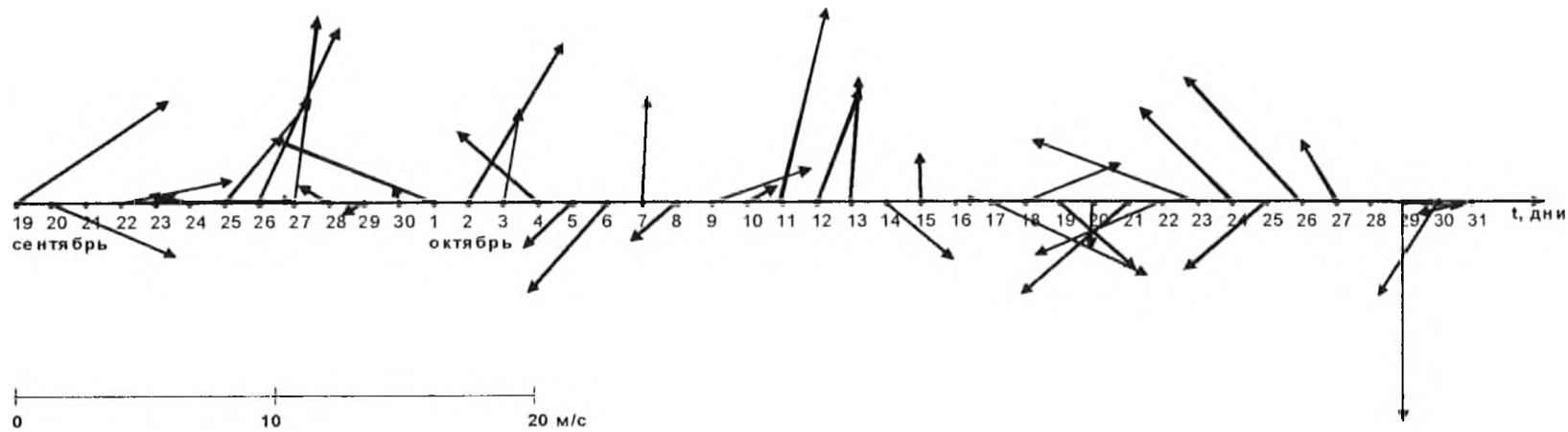
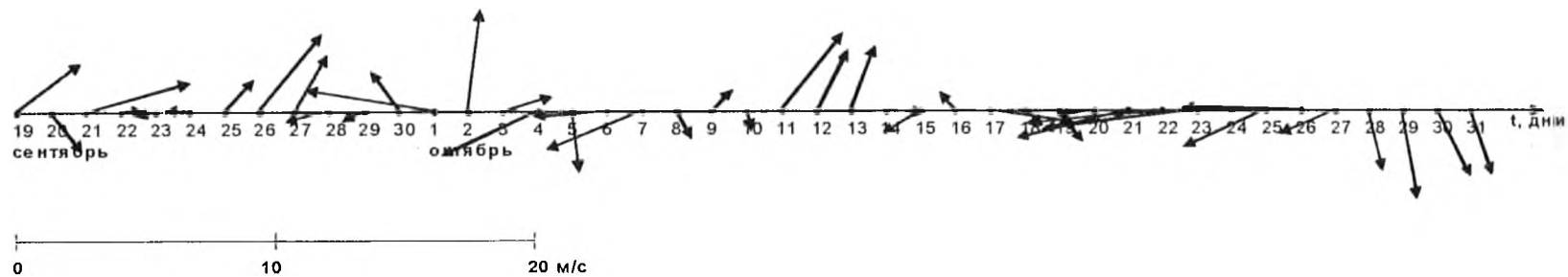


Рис. 8. Среднесуточные вектора ветра (стрелки указывают, куда направлен воздушный поток), рассчитанные на основе данных наблюдений, полученных на ГМС Корсаков (а) и Новиково (б) осенью 2002 г.

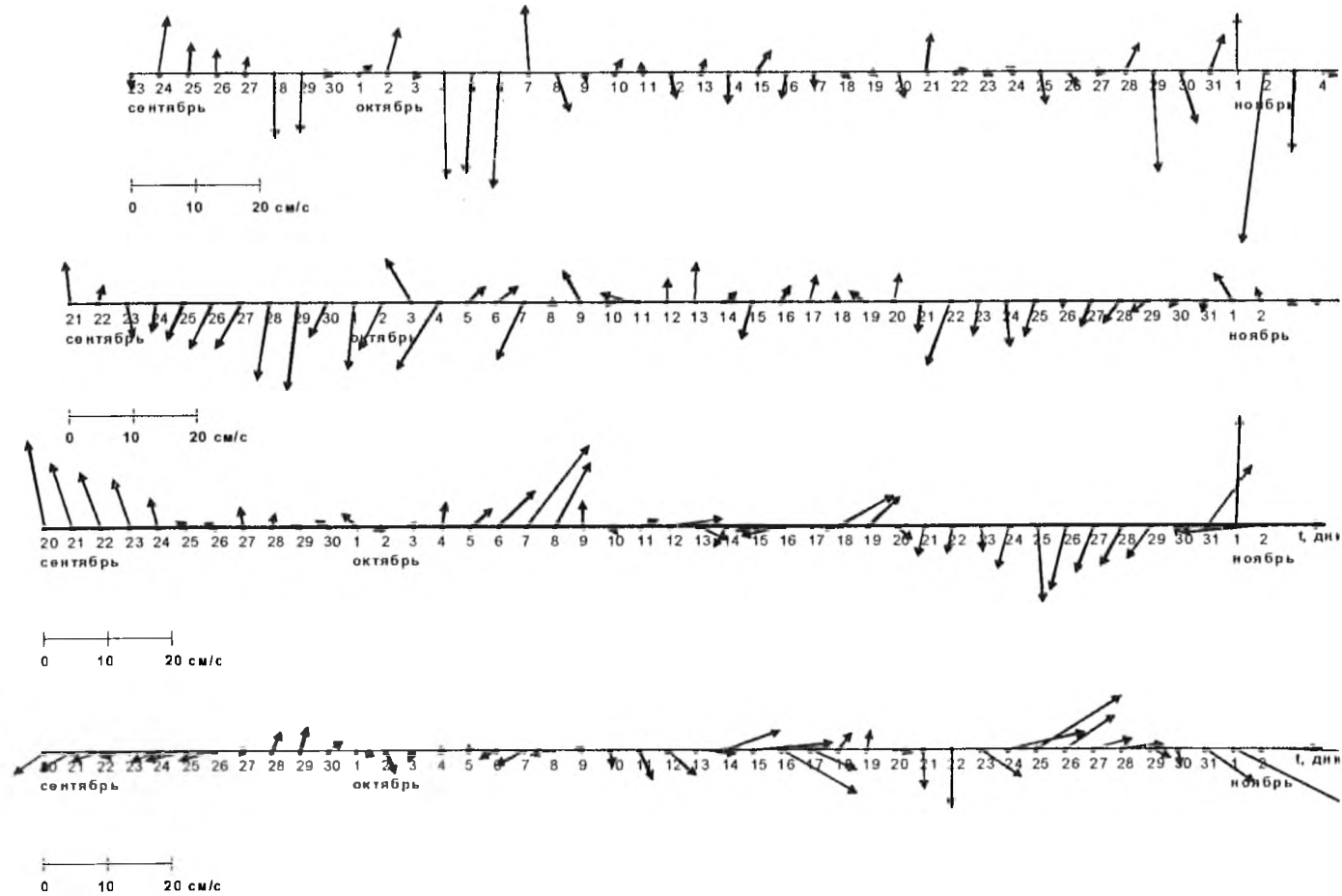


Рис. 9. Среднесуточные вектора морских течений, построенные по результатам измерений на АВС Inessa-3 (а), Inessa-4 (б), Inessa-5 (в), Inessa-6 (г) осенью 2002 г.

В юго-западной части залива (Inessa-5) в последней декаде сентября наблюдался поток на северо-запад, ослабевший к началу октября. Можно предположить, учитывая также результаты океанологической съемки, что это указывает на существовавший ранее и прекратившийся заток модифицированных япономорских вод в этом районе. В дальнейшем на этой станции наблюдались квазициклические колебания с периодом около двух недель, что связано со смещением антициклонического вихря из центральной части разреза м. Анива – м. Анастасии (Inessa-6), где выделяются аналогичные течения несколько меньшей интенсивности.

КОЛЕБАНИЯ УРОВНЯ МОРЯ И ТЕМПЕРАТУРЫ ВОДЫ

На рисунке 10 представлены графики непериодических колебаний уровня моря по наблюдениям на прибрежных АБС Inessa-2, Inessa-3 и Inessa-4. Наиболее примечательным обстоятельством, которое обнаруживается при анализе полученных записей, является достаточно равномерное, хорошо выделяющееся, несмотря на заметные колебания с периодом около двух недель, повышение уровня на всех станциях после вызванного глубоким циклоном штормового нагона 2–3 октября 2002 г. В данном эксперименте использовались датчики придонного гидростатического давления, и для оценки действительной высоты подъема уровня необходимо добавить поправку на обратномарометрическую реакцию поверхности моря на изменения приземного атмосферного давления, которая для указанной синоптической ситуации составляет около 30 см. Следовательно, у западного побережья залива Анива высота нагонной волны превысила 60 см, что является экстремальным событием для данного района (Шевченко, 1997). На данной станции использовался измеритель течений и волнения Triton, что позволило оценить высоту ветровых волн, достигавшую при данной штормовой ситуации аномальной для залива Анива величины 5 м.

Сезонное возрастание уровня в заливе Анива в октябре–ноябре всегда отмечалось на мареографных станциях данного района – Корсаков и м. Крильон (Поезжалова, Шевченко, 1997), при переходе от низких значений уровня в летний период к высоким в декабре–январе. Важно отметить также, что уровень возрастает и в лагуне Буссе. Это указывает на заток в нее морских вод осенью и, вероятно, зимой, когда уровень в заливе достигает максимальных значений. Это противоречит устоявшемуся представлению (Шелегова, 1967), согласно которому осенью наблюдается увеличение стока из лагуны из-за осеннего роста интенсивности осадков. Действительно, резкие возрастания уровня при сильных дождях имеют здесь место, как это можно отметить 2–3 октября. Однако продолжительное возрастание в остальной период наблюдений, согласующееся с наблюдениями на станциях в заливе, указывает на то, что осадки не играли определяющей роли в водообмене между лагуной и морем.

Можно предположить, что повышение уровня на охотоморском побережье Сахалина в зимний период способствует проникновению морских вод и в другие лагуны, в том числе расположенные на северо-восточном побережье острова.

На рисунке 11 представлены графики изменения температуры морской воды, измеренной на глубине расположения приборов (табл.). На прибрежной станции Inessa-3 наблюдается близкое к линейному понижение температуры

воды, составившее за период измерений около 7°C , при этом максимум наступил 26–27 сентября. Это равномерное охлаждение поверхностных вод нарушалось дважды резким, на $7-8^{\circ}\text{C}$, понижением температур, произошедшим 29–30 сентября и 6–7 октября, когда, как видно из рисунка 9, наблюдалась перестройка поля течений у восточных берегов залива, проявившаяся в смене направления среднесуточных векторов.

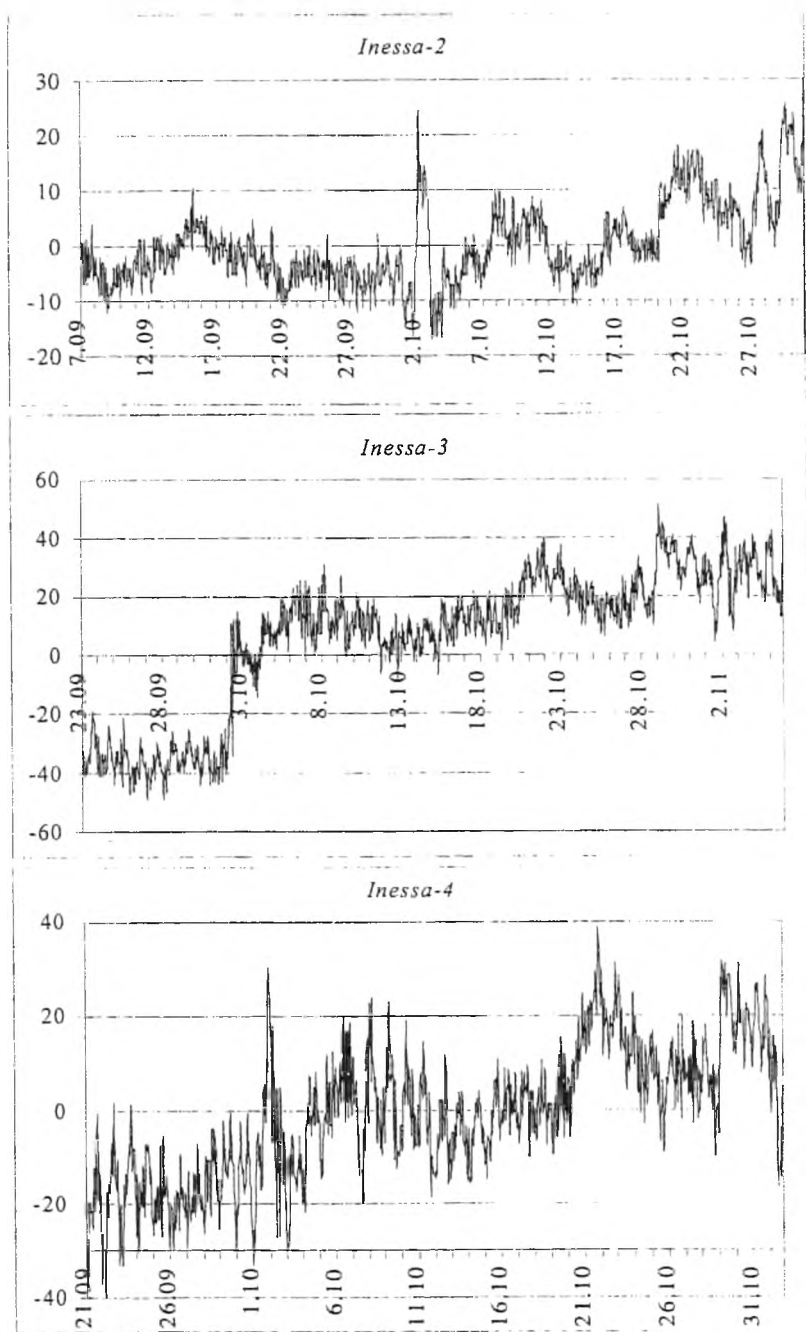


Рис. 10. Вариации неперiodической компоненты уровня моря по измерениям на прибрежных АБС осенью 2002 г.

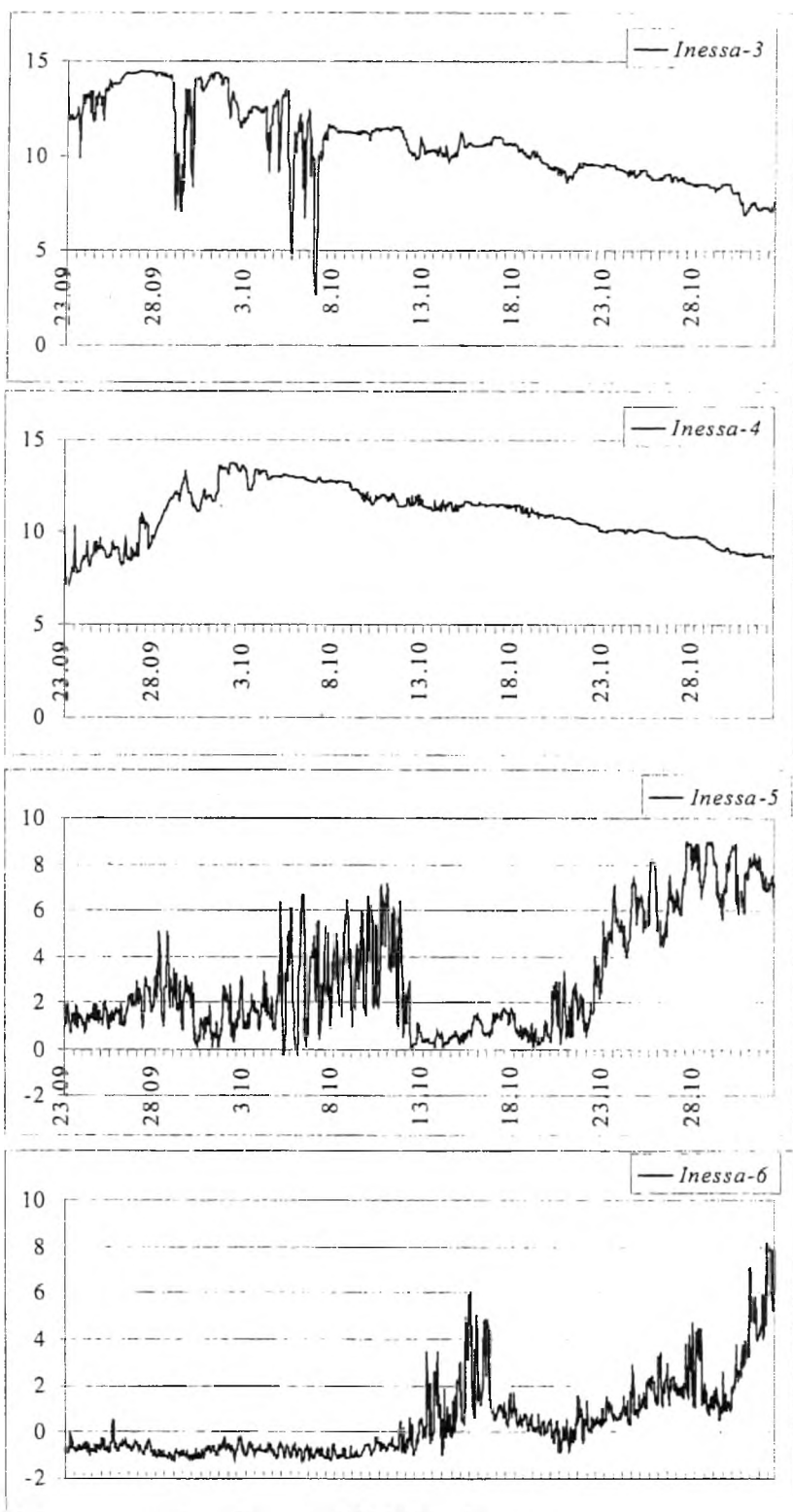


Рис. 11. Вариации температуры морской воды по измерениям на различных АБС осенью 2002 г.

**Информация о постановках автономных буйковых станций СахНИРО
в заливе Анива осенью 2002 г.**

Станция	Период измерений	Широта, долгота	Глубина моря, м	Горизонт, м	Тип прибора
Inessa-2	7.09–31.10.2002 г.	46°31' с. ш. 142°25' в. д.	8	4	SonTek Argonaut
Inessa-3	23.09–6.11.2002 г.	46°31' с. ш. 143°18' в. д.	14	6	SonTek Argonaut
Inessa-4	21.09–2.11.2002 г.	46°29' с. ш. 142°24' в. д.	14	12	SonTek Triton
Inessa-5	19.09–2.11.2002 г.	46°01' с. ш. 142°30' в. д.	74	40	SonTek Argonaut
Inessa-6	19.09–2.11.2002 г.	46°00' с. ш. 142°52' в. д.	97	50	SonTek Argonaut

Достаточно близкий характер изменений температуры наблюдался и у западного побережья залива. Различие заключалось в том, что максимум значений температуры здесь наступил несколько позднее, в первых числах октября, и таких резких вариаций, как у противоположного берега, проходящие циклоны здесь не вызывали.

Более сложный характер изменения температуры был выявлен на мористых станциях. Так, в центральной части залива на глубине 50 м температуры были отрицательными, включая первую декаду октября. В начале второй декады начинается их возрастание, на которое накладываются квазициклические вариации с периодом около 10 суток. Максимальные значения температуры в конце периода наблюдений достигали 8°C. Аналогичное, выраженное в еще более яркой форме, повышение температуры воды на горизонте 75 м наблюдалось осенью 2000 г. на ПАБС Eva, установленной восточнее станции Inessa-6 (Кантаков и др., 2002; Шевченко, Частиков, 2004). Это связывалось с влиянием амурских вод, достигающих залива Анива в этот период благодаря интенсификации Восточно-Сахалинского течения. Возможно, именно эти воды являются причиной повышения температуры воды и в юго-западной части залива, наблюдавшегося начиная с третьей декады октября. Вероятно, некоторое различие в глубине постановки приборов, составлявшее около 10 м, было причиной более высоких значений температуры воды на станции Inessa-5 по сравнению с АБС в центре залива. Нельзя исключить также, что это связано с более интенсивным переносом вод по периферии антициклонического вихря.

Температура воды в юго-западной части залива в начальный период измерений была заметно выше, чем на АБС Inessa-6, что, скорее всего, связано с влиянием модифицированных япономорских вод (нельзя исключить, что повышение температуры на АБС Inessa-5 в октябре также обусловлено влиянием этих вод). Особенно интересны значительные, достигающие 6°C, вариации температуры воды 5–10 октября 2002 г. с периодом около 17 часов, обусловленные инерционными течениями. Такие значительные изменения возможны в том случае, если измерения производятся в точке, находящейся вблизи фронта, разделяющего теплые и холодные воды, которые попеременно захватываются вихревой структурой инерционного течения. В период 12–20 октября

происходит понижение температуры, вероятно, обусловленное оттеснением модифицированных вод в результате смещения антициклонического вихря из центральной части залива в юго-западном направлении.

Отметим также любопытный момент, который касается приливного водообмена между заливом Анива и лагуной Буссе. В сентябре максимальные значения температуры воды на АБС Inessa-2 соответствовали низким значениям уровня, то есть отливу. В конце периода наблюдений ситуация изменилась на противоположную, и уже максимальные температуры приходились на моменты прилива (рис. 12). Это означает, что в летние месяцы приливные течения, скорость которых в протоке может достигать 80–100 см/сек., приносят в лагуну более холодные воды. Осенью воды лагуны охлаждаются быстрее, и со второй половины наблюдается адвекция тепла с более теплыми водами залива на фазе прилива и уже отмеченного выше общего затока морских вод в результате сезонного повышения уровня. Вероятно, этот фактор, влияющий на формирование своеобразного гидрологического режима в лагуне Буссе, ранее не рассматривался.

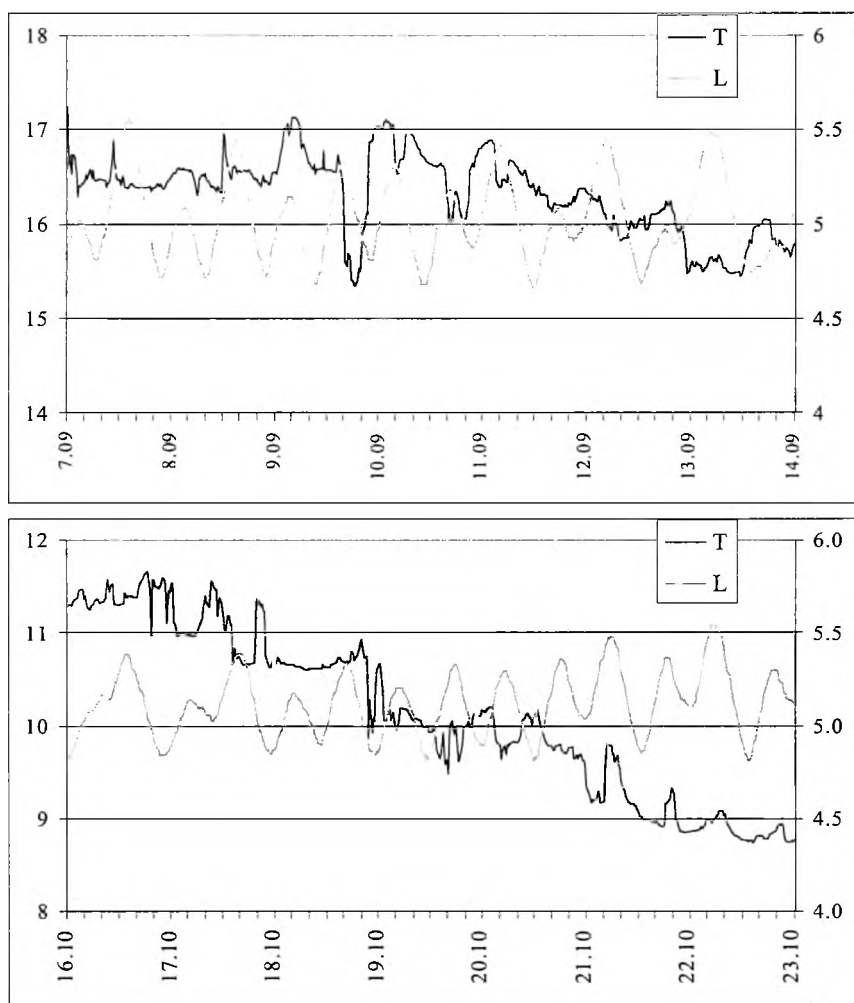


Рис. 12. Вариации температуры воды (T , °C) и уровня моря (L , м) в лагуне Буссе в начале (верхний рисунок) и конце периода измерений (нижний рисунок)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате масштабного натурного эксперимента в заливе Анива, проводившегося осенью 2002 г. и включавшего постановку пяти АБС, получены следующие основные результаты.

1. В целом, приливные течения на акватории залива Анива сравнительно невелики, амплитуды основных суточных и полусуточных составляют 3–4 см/сек., и они не играют определяющей роли в динамике данного бассейна, за исключением его юго-западной части, где роль приливных течений заметно возрастает.

2. На мористых станциях, расположенных на открытой границе залива, после прохождения глубокого циклона 1–2 октября в течение декады наблюдались интенсивные, с амплитудой до 30–35 см/сек., инерционные течения с антициклональным направлением вращения.

3. У восточного побережья залива наблюдаются меридиональные течения, переменные по направлению, усиливающиеся при прохождении циклонов. У западного побережья, напротив, хорошо выражен поток на юг, являющийся, вероятно, откликом на преобладавшие в период наблюдений ветра южных румбов.

4. На мористых станциях наблюдаются квазипериодические колебания с периодами около двух недель, обусловленные антициклоническим вихрем, диагностированным в центральной части залива по результатам океанографических съемок до и после эксперимента.

5. На прибрежных станциях наблюдалось характерное для осеннего сезона понижение температуры воды, составившее за период наблюдений около 7°C. В моменты изменения направления течений у восточного побережья наблюдались резкие понижения температуры воды продолжительностью 1–3 суток.

6. На мористых станциях начиная с середины октября (на станции Inessa 5 – с третьей декады) наблюдается заметное повышение температуры воды на горизонтах 40–50 м, обусловленное, вероятно, приходом амурских вод вследствие осенней интенсификации Восточно-Сахалинского течения.

7. В юго-западной части залива наблюдаются значительные, до 6°C, циклические колебания температуры воды с периодом около 17 часов, обусловленные инерционными течениями.

8. На прибрежных АБС, включая установленную в лагуне Буссе, наблюдалось повышение уровня, характерное для осеннего сезона в заливе Анива. Это указывает на заток морских вод в лагуну (как и в другие лагуны на охотоморском побережье Сахалина) в течение осенне-зимнего сезона.

9. Летом воды лагуны Буссе прогреваются быстрее, а осенью быстрее остывают по сравнению с водами залива Анива. В результате летом на фазе прилива происходит понижение, а осенью – повышение температуры воды в лагуне.

ЛИТЕРАТУРА

1. Будаева, В. Д. Диагностические расчеты стационарных течений в заливе Анива и проливе Лаперуза / В. Д. Будаева, В. Г. Макаров, И. Ю. Мельникова // Тр. ДВНИГМИ. – 1980. – Вып. 87. – С. 66–78.

2. Кантаков, Г. А. Современные исследования течений в рыбопромысловых районах Сахалино-Курильского региона / Г. А. Кантаков, В. Н. Частиков, Г. В. Шевченко // Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сах.-Курил. регионе и сопред. акваториях : Тр. СахНИРО. – Ю-Сах. : СахНИРО, 2002. – Т. 4. – С. 3–21.

3. Като, Э. Режимные характеристики ветра для острова Сахалин, полученные на основе инструментальных данных / Э. Като, В. Ю. Савельев, Г. В. Шевченко // Динамич. процессы на шельфе Сах. и Курил. о-вов. – Ю-Сах. : ИМГиГ ДВО РАН, 2001. – С. 177–194.

4. Пищальник, В. М. Сезонные вариации циркуляции вод на охотоморском шельфе острова Сахалин / В. М. Пищальник, В. С. Архипкин // Гидромет. и эколог. условия Дальневост. морей: оценка воздействия на мор. среду. – Владивосток : Дальнаука, 1999. – С. 84–95.

5. Пищальник, В. М. Океанографический атлас шельфовой зоны острова Сахалин / В. М. Пищальник, А. О. Бобков. – Ю-Сах. : Изд-во СахГУ, 2000. – Ч. 1. – 174 с.

6. Поезжалова, О. С. Вариации среднего уровня Охотского моря / О. С. Поезжалова, Г. В. Шевченко // Цунами и сопутствующие явления. – Ю-Сах. : ИМГиГ ДВО РАН, 1997. – С. 131–144.

7. Шевченко, Г. В. Вероятностные оценки риска морских опасных явлений в порту Корсакова / Г. В. Шевченко // Цунами и сопутствующие явления. – Ю-Сах. : ИМГиГ ДВО РАН, 1997. – С. 91–105.

8. Шевченко, Г. В. Динамические процессы в заливе Анива (о. Сахалин) по результатам инструментальных измерений осенью 2000 г. / Г. В. Шевченко, В. Н. Частиков // Метеорология и гидрология. – 2004. – № 5. – С. 63–75.

9. Шелегова, Е. К. Гидрологические условия в лагуне Буссе (1963 г.) / Е. К. Шелегова // Аннот. науч. работ по исслед. сырьевой базы рыб. пром-ти Дальнего Востока в 1963–1964 гг. – Владивосток : Дальневост. книж. изд-во, 1967. – С. 7.

10. Budaeva, V. D. Modeling of the typical water circulations in the La Perouse Strait and Aniva Gulf region / V. D. Budaeva, V. G. Makarov // PICES Sci. Report. – 1996. – No. 6. – P. 17–20.

11. Variability of oceanological conditions in Aniva Bay / V. D. Budaeva, G. V. Shevchenko, V. G. Makarov et al. // PICES 12th Annual Meeting (October 10–18, 2003, Seoul, Republic of Korea) : Program & Abstracts. – 2003. – P. 28.

12. Kantakov, G. A. *In situ* observations of Tsushima and West Sakhalin currents near La Perouse (Soya) Strait // G. A. Kantakov, G. V. Shevchenko // PICES Sci. Report. – 1999. – No. 12. – P. 177–185.

13. Shevchenko, G. V. Results of direct measurements of the currents in the La Perouse (Soya) Strait / G. V. Shevchenko, G. A. Kantakov // The 16th International Symposium on Okhotsk Sea & Sea Ice, 4–8 February 2001, Mombetsu, Hokkaido, Japan : Abstracts. – 2001. – P. 323–333.

Шевченко, Г. В. Экспериментальные исследования течений в заливе Анива осенью 2002 года / **Г. В. Шевченко, Г. А. Кантаков, В. Н. Частиков** // Биология, состояние запасов и условия обитания гидробионтов в Сахалино-Курильском регионе и сопредельных акваториях : Труды Сахалинского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии. – Южно-Сахалинск : СахНИРО, 2005. – Т. 7. – С. 224–244.

Проанализированы материалы инструментальных измерений течений, полученные при постановке четырех автономных буйковых станций (АБС) на акватории залива Анива осенью 2002 г. Две станции были установлены в прибрежной зоне, две другие – на открытой границе данного бассейна.

Показано, что приливные течения сравнительно невелики, за исключением АБС, находившейся в юго-западной части залива. На мористых станциях после прохождения глубокого циклона 1–2 октября в течение декады наблюдались интенсивные, с амплитудой до 30–35 см/сек., инерционные течения с антициклональным направлением вращения.

У восточного побережья залива наблюдаются меридиональные течения, переменные по направлению, усиливающиеся при прохождении циклонов. У западного побережья хорошо выражен поток на юг.

На мористых станциях начиная с середины октября наблюдается заметное повышение температуры воды на горизонтах 40–50 м, обусловленное, вероятно, приходом амурских вод вследствие осенней интенсификации Восточно-Сахалинского течения.

На прибрежных АБС, включая установленную в лагуне Буссе, наблюдалось повышение уровня, характерное для осеннего сезона в заливе Анива. Это указывает на заток морских вод в лагуну (как и в другие лагуны на охотоморском побережье Сахалина) в течение осенне-зимнего сезона.

Shevchenko, G. V. Experimental investigations of currents in Aniva Bay in autumn 2002 / **G. V. Shevchenko, G. A. Kantakov, V. N. Chastikov** // Water life biology, resources status and condition of inhabitation in Sakhalin-Kuril region and adjoining water areas : Transactions of the Sakhalin Research Institute of Fisheries and Oceanography. – Yuzhno-Sakhalinsk : SakhNIRO, 2005. – Vol. 7. – P. 224–244.

Materials on the instrumentally-measured currents, obtained from the four autonomic buoy stations (ABS) on the Aniva Bay area in autumn 2002, were analyzed. Two stations were settled in the coastal zone, and the other two – on the open boundary of this basin.

The tidal currents are shown to be comparatively minor, except for the ABS locating in the southwestern part of the bay. At the offshore stations, after the deep cyclone had passed on 1–2 October, the intensive inertia currents with the amplitude up to 30–35 cm/sec and anticyclone-directed rotation were observed during the ten-day period.

The meridional currents, changing direction and strengthening under cyclones, were observed along the eastern coast of the bay. Near the western coast, a southward flux was well expressed.

At the offshore stations, beginning from mid-October, a significant increase in water temperature at 40–50 m horizons was observed, caused, perhaps, by the Amur waters inflow due to the autumn intensification of the East-Sakhalin Current.

At the coastal ABS, including that settled in Busse Lagoon, the increase in level common for the autumn season in Aniva Bay was observed. This indicates a flow of sea waters to the lagoon (as well as to other lagoons on the Okhotsk Sea Sakhalin coast) during the autumn-winter season.

Tabl. – 1, fig. – 12, ref. – 13.