

ПРИЛИВНЫЕ И СЕЗОННЫЕ КОЛЕБАНИЯ УРОВНЯ МОРЯ МЕЖДУ ОСТРОВАМИ САХАЛИН И ХОККАЙДО ПО ДАННЫМ СПУТНИКОВОЙ АЛЬТИМЕТРИИ И БЕРЕГОВЫХ СТАНЦИЙ

А. А. Романов¹, О. С. Седаева², Г. В. Шевченко³

¹ Российский научно-исследовательский институт космического приборостроения (Москва);

² Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН (Южно-Сахалинск); ³ Сахалинский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (Южно-Сахалинск)

Данные об изменении поверхности Мирового океана, получаемые при помощи альтиметрических датчиков, установленных на искусственных спутниках Земли в рамках проекта Topex/Poseidon (TP), широко используются в последнее время при исследовании сезонных колебаний уровня, отражающих особенности циркуляции в различных его районах. Исследование сезонных вариаций является весьма актуальной задачей для области между островами Сахалин и Хоккайдо – пролива Лаперуза (рис. 1), которая испытывает влияние колебаний уровня моря как в Японском, так и в Охотском море. Сезонные колебания уровня в этих морях носят противоположный характер, что оказывает влияние на характер водообмена между ними и определяет сезонную изменчивость теплого течения Соя (Aota et al., 1998; Кантаков, Шевченко, 2001; Saveliev et al., 2002; Chastikov et al., 2003). Существуют также значительные различия в годовом ходе уровня между мареографными станциями, расположенными на берегах Сахалина и Хоккайдо. Наиболее значительные различия отмечены между станциями Вакканай и м. Крильон, расположенными на противоположных берегах самой узкой части пролива.

Отсутствие привязки между высотными основами сети мареографов Японии и России не позволяет оценить влияние колебаний уровня на водообмен через пролив Лаперуза с необходимой точностью. Предпринятая попытка решить эту проблему косвенными методами (Saveliev, 2003) оставляет много вопросов, так как полученные градиенты уровня между Хоккайдо и Сахалином представляются достаточно разумными, а вот между этими островами и берегом Приморья – чрезмерно большими. Поэтому привлечение данных спутниковой альтиметрии на двух треках (одним восходящим, имеющим ориентацию северо-восток – юго-запад, и вторым нисходящим), пролегающих между островами Хоккайдо и Сахалин, позволяет надеяться на прогресс в исследовании этой проблемы.

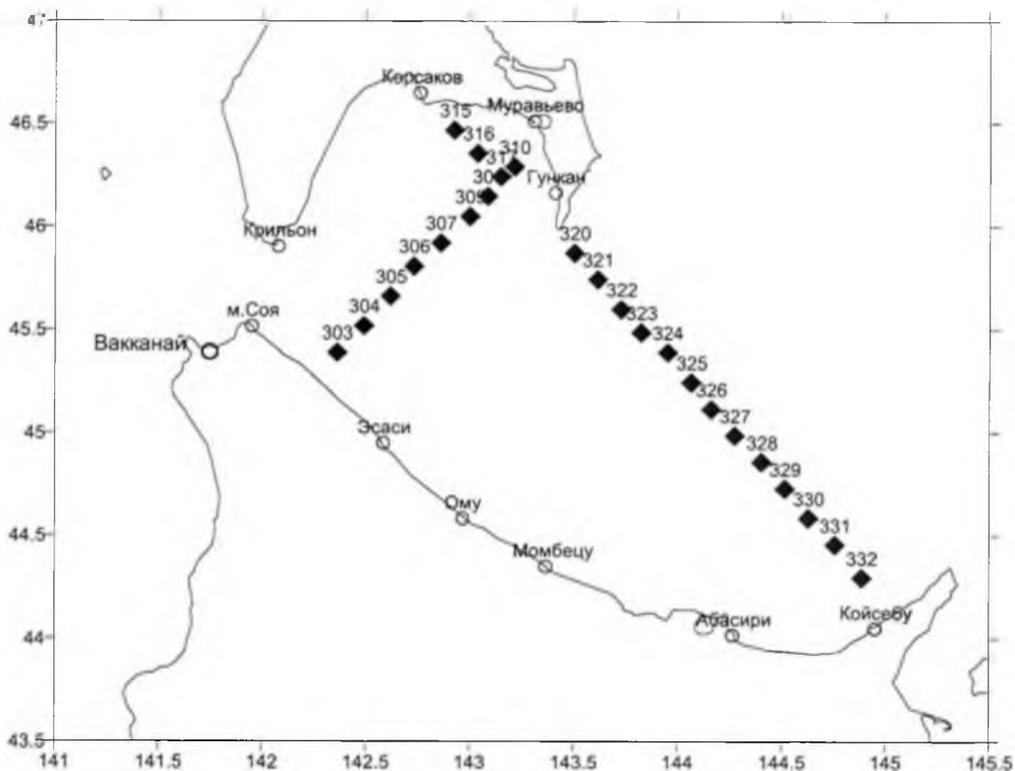


Рис. 1. Схема исследуемого района. Показаны точки подспутниковых треков, в которых анализировались колебания уровня моря на основе данных спутниковой альтиметрии

Помимо этого, альтиметрические данные позволяют вычислить с высокой точностью гармонические постоянные приливных волн в различных точках подспутникового трека и уточнить картину пространственной изменчивости характера и величины приливов, обусловленную сложной топографией исследуемого района. На существенные различия характеристик приливов у побережья Сахалина и Хоккайдо указывают аномально сильные приливные течения, достигающие в узкой части пролива Лаперуза величины 3 узла/час (Shevchenko, Kantakov, 2001).

Исходные данные

В качестве исходных данных использовались измерения альтиметра, установленного на франко-американском спутнике Topex/Poseidon. Эти данные получены от центра PO.DAAC в JPL NASA.

Для расчета уровня моря относительно отсчетного эллипсоида (модель поверхности Земли, эллипсоид вращения с параметрами: большая полуось – 7714,43 км и эксцентриситет – 0,000095) по данным спутникового альтиметра применялось следующее соотношение:

$$H_y = H_c - (H_A + C_{BT} + C_{CT} + C_{И} + C_{Э}) - H_{OB}$$

где H_y – уровень моря, H_c – высота орбиты спутника, H_A – высота, измеренная альтиметром, C_{BT} – поправка на влажную тропосферу, C_{CT} – поправка на сухую тропосферу, $C_{И}$ – поправка на ионосферу, $C_{Э}$ – электромагнитное смещение, H_{OB} – обратный барометр.

Все необходимые поправки брались стандартным образом из набора данных спутника Topex/Poseidon MGDR-B и учитывались согласно рекомендациям (Benada, 2002). Для проверки достоверности альтиметрических данных использовалась стандартная методика, описанная в указанной работе. Некоторые рекомендуемые поправки мы не вводили специально. Так, мы не использовали стандартную поправку на приливы, поскольку для такого небольшого района со сложной топографией ошибки приливной модели Global Ocean Tide могут быть весьма велики, а применяли собственный метод прямого расчета гармонических постоянных на основе данных альтиметрии (Шевченко, Романов, 2004). Из аналогичных соображений мы также не использовали модель геоида высокого разрешения, на отсчетный эллипсоид накладывались только крупномасштабные вариации силы тяжести. И не была включена поправка Mean Sea Surface, отражающая основные течения в океане, так как определение этой поверхности являлось одной из самостоятельных задач настоящей работы.

Данные наблюдений за 1993–2002 гг. формировались в виде временных рядов с дискретностью 10 суток (с пропусками в период развития в исследуемом районе ледяного покрова) в точках, которые выбирались вдоль одного восходящего и одного нисходящего треков, пересекающих острова Сахалин и Хоккайдо. Шаг вдоль трека составлял около четверти градуса. В каждой точке определялись параметры 18 приливных волн согласно набору гармоник, использовавшемуся в работе (Шевченко, Романов, 2004). Остаточные ряды, полученные путем вычитания из исходных значений предвычисленного прилива, использовались для анализа сезонных вариаций.

Приливные колебания

Приливные колебания уровня характеризуются гармоническими постоянными амплитуды и фазы основных приливных волн, которые приведены для нескольких пунктов на побережье Сахалина и Хоккайдо в таблице 1 согласно работе (Таблицы..., 1960). Величины гармонических постоянных значительно изменяются в пределах исследуемой акватории, что, очевидно, является результатом весьма сложной топографии береговой черты и наличия узкого пролива. Именно вблизи пролива, в точках м. Крильон и в особенности м. Соя, изменения амплитуд и фаз особенно велики. В работе (Odamaki, Iwamoto, 1999) было показано, что в районе пролива Соя – самого узкого места пролива Лаперуза, вблизи берегов Японии (в районе г. Вакканай), имеется амфидромия главной суточной волны K_1 (рис. 2). Как видно из сравнения рисунков, восходящий трек пересекает область, в которой проявляется влияние этой амфидромии. Поэтому было интересно сравнить гармонические постоянные, полученные для суточных волн, на различных точках этого трека.

Несмотря на некоторые сложности, обусловленные низкой частотой измерений уровня и нерегулярностью исходной информации ввиду отсутствия данных в период развития ледяного покрова, в последнее время появились модификации (Cherniawsky et al., 2001) известного алгоритма (Godin, 1972), основанного на приложении метода наименьших квадратов к анализу приливных колебаний. Аналогичная методика (Шевченко, Романов, 2004) применялась нами и в данной работе.

Результаты гармонического анализа для точек восходящего трека 303–310 представлены на рисунке 3. И если для главной полусуточной волны M_2 общий диапазон изменений составил 3 см для амплитуды и около 10° для фазы, то вариации суточных гармоник O_1 и K_1 гораздо более значительны. Причем для K_1 основные изменения фазы, достигающие 97° , происходят между первы-

ми тремя точками (303–305), для O_1 , период которой на один час больше, область значительных вариаций (общее изменение несколько меньше, чем у K_1 , около 52°) захватывает на одну точку больше. Амплитуда K_1 также возрастает очень резко, от 2,3 см у берегов Японии до 12,7 см вблизи Сахалина. Такие малые значения амплитуды и резкие изменения фазы согласуются с выводами работы (Odamaki, Iwamoto, 1999), в которой была определена амфидромия этой волны в проливе Соя. Хотя по нашим данным, более вероятным представляется ее положение в Охотском море, к востоку от м. Соя, так как амплитуда K_1 в точке 303 примерно в два раза меньше, чем вблизи мыса (см. табл. 1).

Таблица 1

Гармонические постоянные амплитуды (Н, см) и фазы (G, град.) основных суточных и полусуточных волн на побережье Сахалина и Хоккайдо, взятые из работы (Таблицы..., 1960)

Станция		M_2	S_2	K_1	O_1
Мыс Крильон	H	15,7	7,4	22,5	23
	G	200,7	236,7	74,9	51,8
Корсаков	H	20	9,5	21,9	21,8
	G	177,3	216,5	59	38,5
Муравьево	H	15,9	7,3	20,1	20,1
	G	180,6	233,6	62	43,2
Скала Гункан	H	18	10,3	21,5	23
	G	161,4	191,5	51,5	34,7
Койсебу	H	18	8	18	20
	G	162,1	207,1	56	36
Абасари	H	18	8	21	21
	G	167,5	221,5	62,7	29,7
Момбецу	H	18	8	22	23
	G	159,3	201,3	39,6	15,6
Ому	H	17	8	20	20
	G	162,1	205,1	34	10
Эсаси	H	17	8	17	17
	G	158,8	205,8	30,4	9,4
Мыс Соя	H	6	4	5	4
	G	179,1	233,1	349	337

Для сравнения, у волны O_1 амплитуды увеличиваются вдоль трека с 6,4 см до 12,6 см, что также указывает на высокую вероятность существования амфидромии, хотя и не в такой явно выраженной форме, как было показано выше. Для данной гармоники более вероятно положение амфидромии на большем удалении от трека, скорее всего – в Японском море, вблизи м. Соя, где ее амплитуда меньше, чем в точке 303. Из-за значительных межтрековых расстояний имеющихся альтиметрических данных недостаточно для точного определения положения амфидромии, а в работе (Odamaki, Iwamoto, 1999) подробный анализ этой суточной волны, к сожалению, не производился.

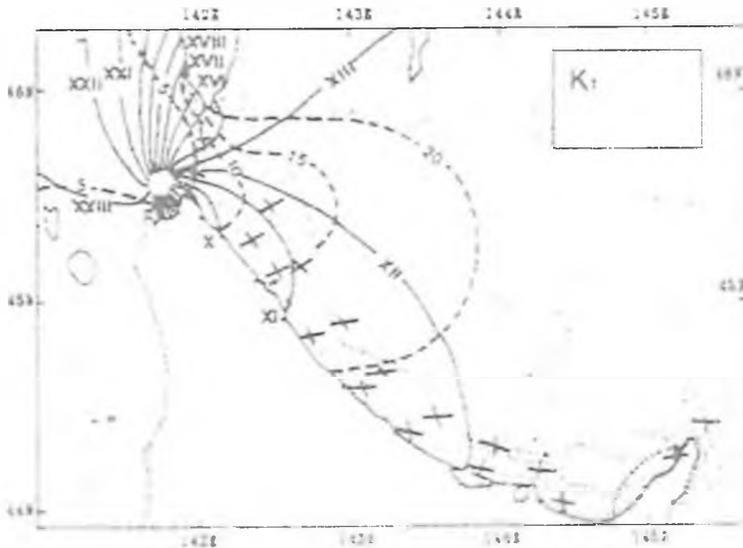


Рис. 2. Котидальная карта главной суточной волны K_1 в проливе Лаперуза из работы (Odamaki, Iwatoto, 1999). Штриховые линии – изоамплитуды в сантиметрах, сплошные – котидали в часах

Полученные результаты показывают, что полусуточные гармоники не имеют амфидромий в проливе Лаперуза, хотя и наблюдаются некоторые изменения амплитуд и фаз вдоль трека. Скорее всего, они обусловлены трансформацией волн из-за влияния сложного характера топографии береговой черты. Резкое изменение глубины и наличие отражающей береговой границы обычно приводят к довольно существенным вариациям параметров приливных волн – характерным примером являются суточные приливные волны на охотоморском побережье Хоккайдо, исследованные М. Одамаки (Odamaki, 1994).

Изменения гармонических постоянных основных приливных волн вдоль нисходящего трека (рис. 4) носят иной характер, в особенности в глубоководной части, между м. Анива и полуостровом Сиретоко. Возможно, что упомянутая выше особенность суточных волн O_1 и K_1 у берегов Хоккайдо является причиной заметного возрастания их амплитуды в пункте Койсебу, в то время как для полусуточных гармоник подобное возрастание не отмечено. В мелководной части второго трека, проходящей по акватории залива Анива и с восточной стороны Тонино-Анивского полуострова, наблюдаются некоторые изменения амплитуд и фаз всех волн, что также, вероятно, обусловлено влиянием береговой границы.

Сезонные вариации уровня моря

На рисунке 5 представлены графики годового хода на трех мареографных станциях о. Хоккайдо (среднемесячные значения уровня за период наблюдений 1975–1987 гг. любезно предоставлены профессором М. Аота) и двух станциях Сахалина за аналогичный период времени. Главное различие, которое характеризует сезонные колебания уровня у берегов России и Японии, – это наличие на станциях Вакканай, Момбецу и Абасири выраженного максимума в летнее время. На двух последних станциях, расположенных в Охотском море, существование этого максимума обусловлено транспортом теплых вод из Японского моря течением Соя.

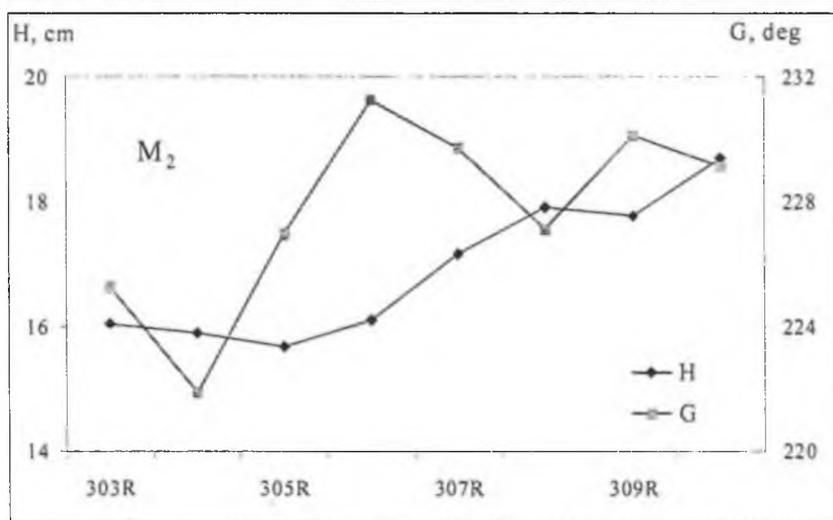
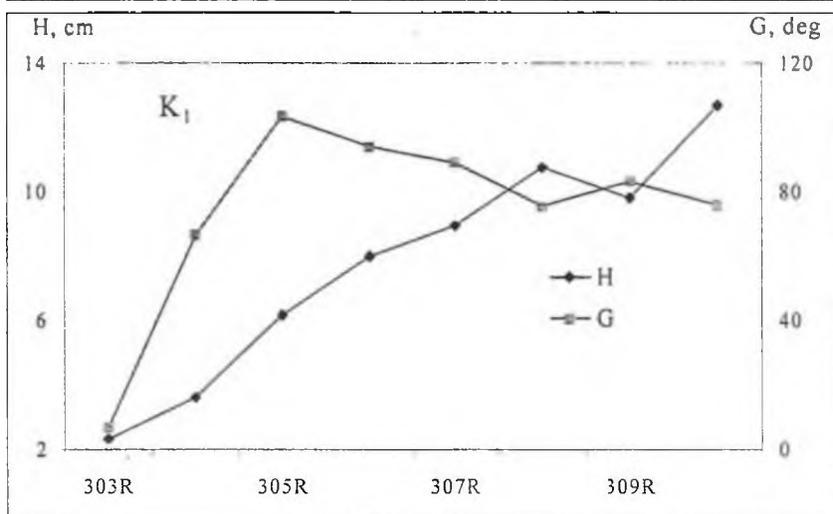
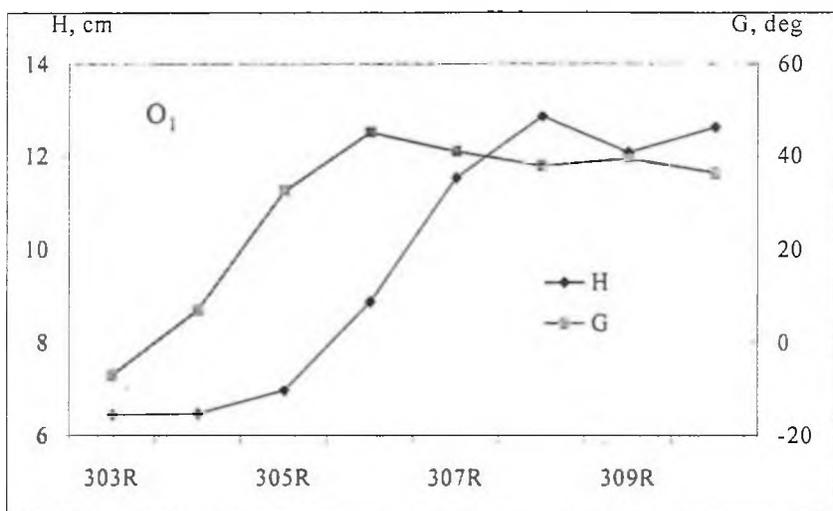


Рис. 3. Изменения амплитуд (H , см) и фаз (G , °) двух главных суточных волн O_1 и K_1 и основной полусуточной составляющей M_2 вдоль восходящего трека

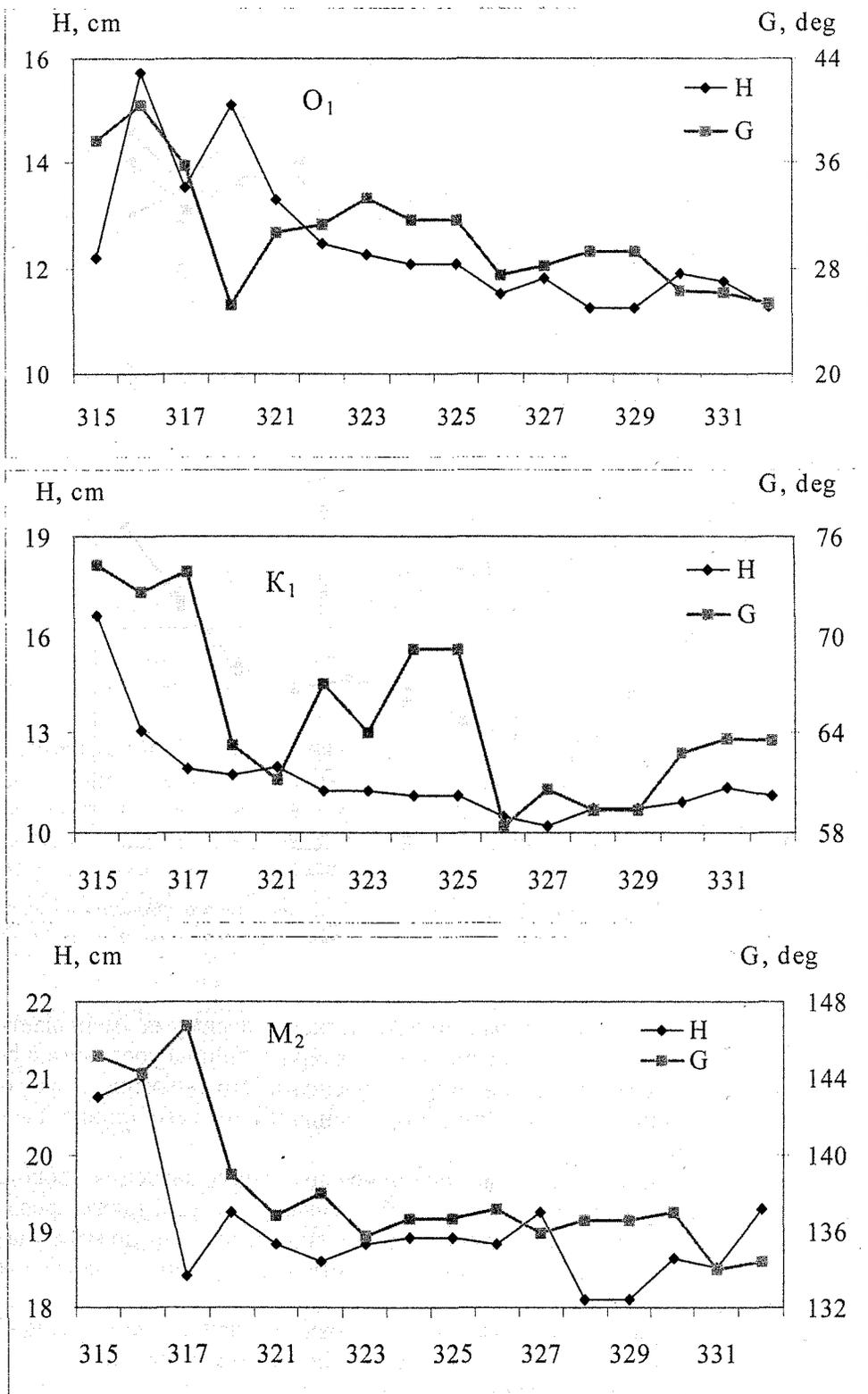


Рис. 4. Изменения амплитуд (H , см) и фаз (G , °) двух главных суточных волн O_1 и K_1 и основной полусуточной составляющей M_2 вдоль нисходящего трека

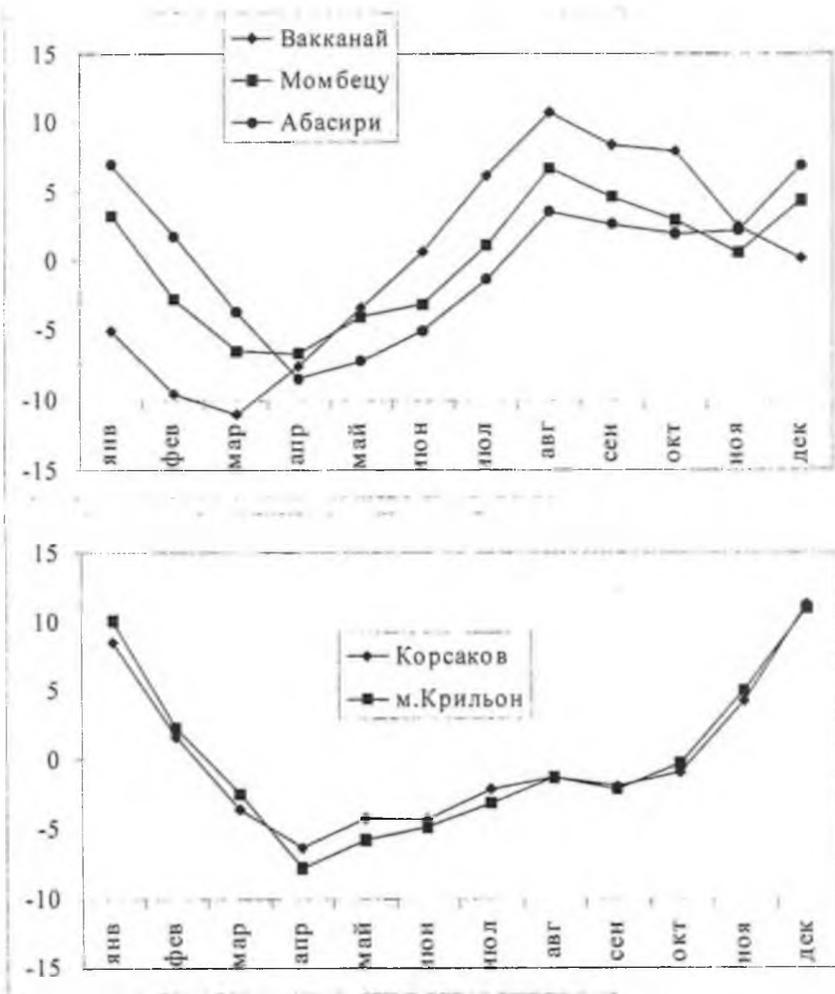


Рис. 5. Средние месячные значения уровня, отсчитанные от нулевого среднего значения, на станциях Хоккайдо (верхний рисунок) и Сахалина (нижний рисунок) за период наблюдений 1975–1987 гг.

Из рисунка видно, что степень выраженности летнего максимума уменьшается по мере удаления от пролива, и на станции Абасири величина уровня в августе на 7 см меньше чем в Японском море (Вакканай). Это свидетельствует о некотором ослаблении интенсивности этого течения по мере его проникновения в Охотское море.

У берегов Сахалина в летние месяцы отмечены низкие значения уровня, выраженный максимум приходится на декабрь–январь, который также проявляется и на японском побережье, причем его значение возрастает по мере удаления от пролива. На сахалинских станциях заметных различий в ходе уровня не обнаруживается.

Для сравнения рассмотрим годовой ход уровня по данным спутниковой альтиметрии вдоль восходящего трека (рис. 6). Для его определения остаточные ряды, полученные путем вычитания из исходных рядов предвычисленного прилива, разбивались на группы по месяцам, после чего производилось осреднение. Группы получились неравнозначными – в некоторые месяцы, в осо-

бенности в феврале–марте, количество данных в соответствующих группах было в несколько раз меньше ожидаемого. Соответственно, точность определения средних месячных значений в этих случаях была существенно ниже. Тем не менее эти величины не выпадали из общего годового хода уровня.

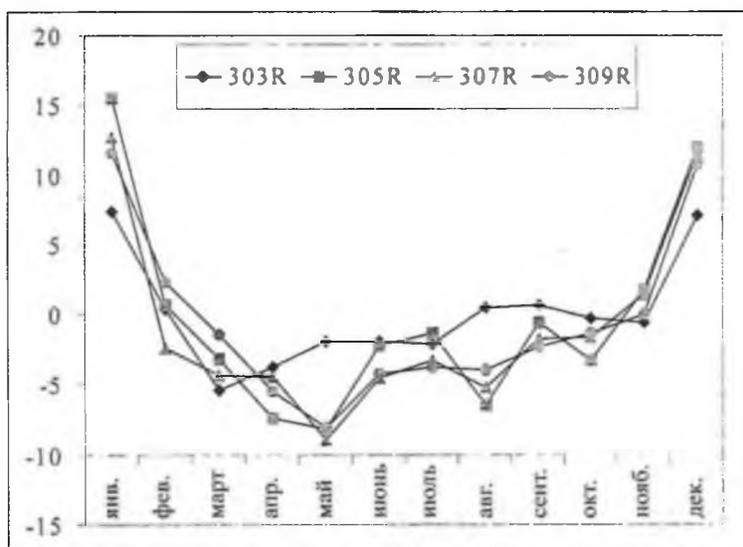


Рис. 6. Средние месячные значения уровня моря по данным спутниковой альтиметрии вдоль восходящего трека (точки взяты через одну) за период наблюдений 1993–2002 гг.

В точках 304–310 колебания идентичны и хорошо согласуются с ходом уровня на станциях м. Крильон и Корсаков, с очень резким повышением уровня в зимний период. Такой характер сезонных вариаций можно условно назвать «охотоморским типом». И только в точке 303, которая расположена ближе всего к берегу о. Хоккайдо и, следовательно, в наибольшей степени испытывает влияние теплого течения Соя, зимний максимум выражен значительно слабее, чем на остальных точках трека. При этом в этой точке обнаруживается, хотя и не очень отчетливый, максимум в летнее время. Очевидно, на основной части исследуемой акватории наблюдается характер сезонных колебаний, присущий Охотскому морю, отклонения от которого проявляются лишь в узкой полосе вблизи берегов о. Хоккайдо, где его можно отнести к «япономорскому типу» годового хода уровня.

На рисунке 7 представлены сезонные вариации уровня в нескольких точках нисходящего трека. В период развития ледяного покрова (февраль–март) здесь имеются еще более значительные, чем на восходящем треке, пропуски в альтиметрических данных, что затрудняет анализ сезонного хода в точках 320 и 328. Наиболее важными представляются различия в характере колебаний уровня в районе, прилегающем к островам Сахалин и Хоккайдо, в ноябре–декабре, а также в летние месяцы. Летом уровень вблизи побережья Японии, а также в центральной части трека, несколько выше, что, вероятно, обусловлено влиянием теплого течения Соя. Осенью картина противоположна, и уровень у берегов Сахалина значительно выше, что, скорее всего, является результатом интенсификации Восточно-Сахалинского течения в этот период, которое несет в юго-западную часть Охотского моря сравнительно теплые воды пониженной солености (Rybalko, Shevchenko, 2003; Шевченко, Частиков, 2004). И

только в январе различия несколько уменьшаются, и у берегов обоих островов наблюдается выраженный максимум уровня, характерный для береговых станций всего Охотского моря (Поезжалова, Шевченко, 1997).

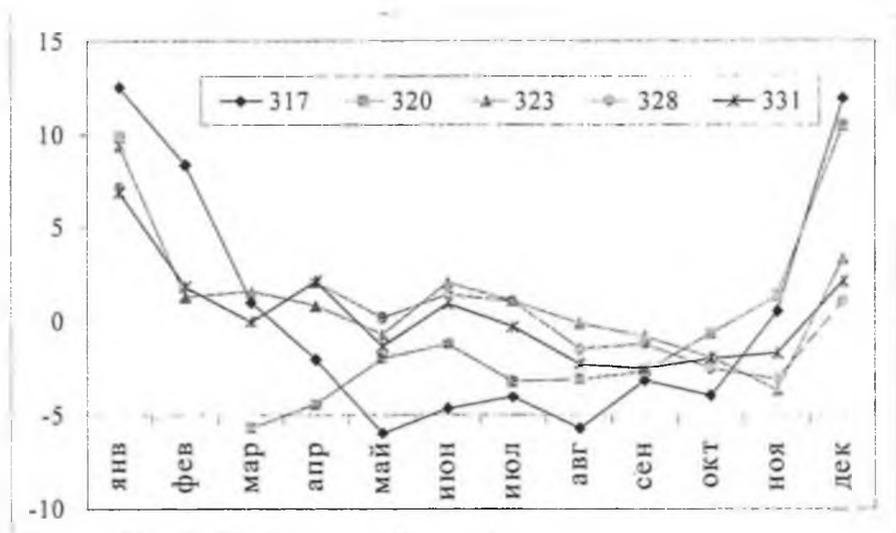


Рис. 7. Средние месячные значения уровня моря по данным спутниковой альтиметрии вдоль нисходящего трека (точки взяты через две или три) за период наблюдений 1993–2002 гг.

Рассмотрим вопрос о возможности «привязки» уровенных постов Сахалина и Хоккайдо, которая имеет первостепенное значение для расчета расхода через пролив Лаперуза (Saveliev et al., 2002). Интересно отметить, что постоянного наклона среднего уровня вдоль ни одного из двух треков обнаружить не удалось, в частности различия средних значений, рассчитанных за весь период измерений, в прибрежных точках (303 и 310, 320 и 332 соответственно) не превышают 1 см, хотя вариации вдоль нисходящего трека более значительны (табл. 2). Например, уровень в точке 328 примерно на 4 см выше, чем вблизи берега. Этот максимум, вероятно, связан с наличием здесь вихревой структуры, обусловленной меандрированием течения Соя в районе полуострова Сиретоко (Бобков, 1989).

Таблица 2

Средний уровень моря (H, см) в точках восходящего и нисходящего треков между островами Сахалин и Хоккайдо за период наблюдений 1993–2002 гг.

Точка	H, см	Точка	H, см	Точка	H, см
303	6,7	315	7,73	325	2,68
304	6,3	316	5,1	326	4,27
305	4,8	317	6,8	327	5,5
306	5,4	320	3,23	328	7,1
307	6,1	321	3,63	329	5,56
308	7,6	322	4,28	330	4,3
309	5,5	323	4,76	331	2,89
310	6,8	324	4,88	332	2,28

Однако наблюдаемые вариации среднего уровня вдоль трека могут быть связаны не только с океанографическими особенностями, наблюдаемыми в проливе Лаперуза, но также и с влиянием вариаций силы тяжести в проливе. Как уже отмечалось, мы не использовали модель геоида с разрешением из-за возможных ошибок в таком сложном районе, и разделить влияние океанологических и геодезических факторов в данном случае невозможно. Тем не менее, вне зависимости от их относительной роли, в целом незначительная величина вариаций позволяет рассматривать вопрос о привязке высотных основ Сахалина и Хоккайдо.

Удовлетворительное соответствие средних уровней в концевых точках треков означает, что величину среднего уровня на мареографных станциях Корсаков и Момбецу, расположенных ближе всего к линии восходящего трека, можно считать приблизительно одинаковой по отношению к некоторой универсальной системе отсчета. Это позволяет установить определенное соответствие между Балтийской системой высот на Сахалине и системой высот Японии (Токуо Point). Это важный момент, показывающий перспективы использования альтиметрических данных между материком и островами, даже в случае их значительного удаления.

К сожалению, отмеченное Г. Г. Якушко (ИМГиГ ДВО РАН) еще в конце семидесятых годов прошлого века при нивелировке самописцев уровня моря на Сахалине существенное расхождение между высотами среднего уровня в Балтийской системе у побережья острова и материка до настоящего времени не устранено. Данное обстоятельство не позволяет корректно оценить различия в сезонных вариациях уровня между побережьем Японии и Приморья, а оценки, сделанные в работе (Saveliev, 2003), представляются сильно завышенными. Этот вопрос требует специального исследования с привлечением данных спутниковой альтиметрии и береговых станций.

Полученная в настоящей работе привязка уровенных систем между островами позволяет сравнить разности уровня на станциях м. Крильон (средний уровень в Балтийской системе примерно на 3 см ниже, чем в Корсакове) и Вакканай, где средний уровень в Токийской системе высот примерно на 8 см выше, чем в Момбецу. Полученные результаты хорошо согласуются с приведенными в работе (Saveliev et al., 2002), различие составило около 2 см, что, очевидно, находится в пределах погрешности используемого подхода. Таким образом, независимым методом удалось подтвердить полученные в указанной работе оценки градиента уровня и, следовательно, сезонной изменчивости расхода через пролив Лаперуза. Отметим также, что оценки расхода через пролив, и в особенности характер их сезонных изменений, согласуются с оценками, полученными на основе данных инструментальных измерений течений в его узкой части (Chastikov et al., 2003). Для дальнейшего уточнения вопроса о характере сезонных вариаций уровня и их влияния на циркуляцию в исследуемом районе необходимо выполнить аналогичные исследования вдоль подспутниковых треков, пролегающих через Татарский пролив между Приморьем и Сахалином.

На рисунке 8 представлены вариации уровня вдоль восходящего трека в зимний и осенний сезоны. Интересно, что эти изменения находятся почти в противофазе – в летний период максимальные значения отмечены у берегов Японии, в области течения Соя, после чего идет резкое понижение уровня, а затем плавное его повышение с максимумом в заливе Анива и далее некоторое уменьшение вблизи побережья Сахалина. Возможно, локальный максимум в заливе обусловлен обычно наблюдающимся здесь антициклоническим рингом (Пищальник, Архипкин, 2000).

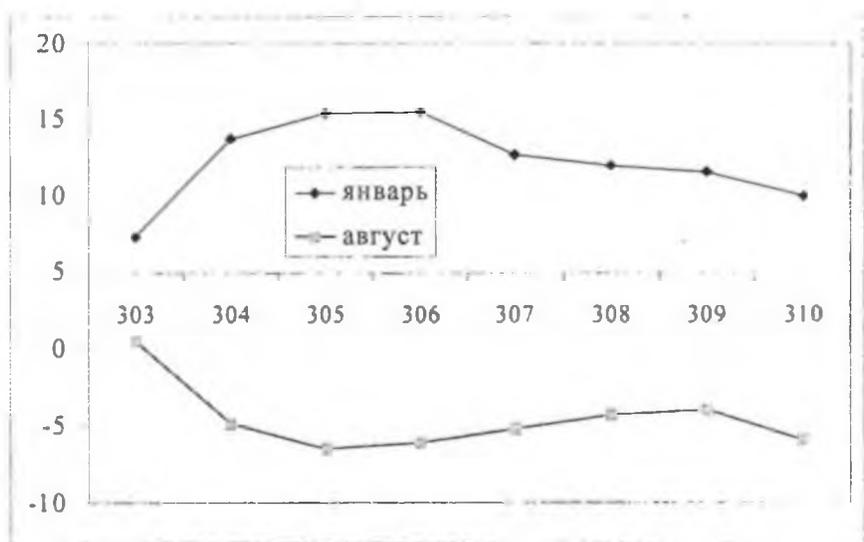


Рис. 8. Вариации уровня вдоль восходящего трека в зимний (январь) и летний (август) периоды

Зимой у берегов Хоккайдо наблюдается минимум, затем уровень довольно резко возрастает, достигая максимальных значений в точках 305–306, после чего идет плавное снижение в сторону Сахалина. Такой характер изменения довольно необычен, наличие максимума в наиболее глубоководной части акватории по линии трека трудно объяснить. Не исключено, что в зимний период антициклонический ринг смещается из залива Анива в юго-западном направлении (Пищальник, Архипкин, 2000). Наличие вихря в январе подтверждается немногочисленными в этот период времени съемками (Budaeva et al., 2004), однако его ядро располагалось примерно по центру изучаемой акватории, а не вблизи побережья Японии. Поэтому столь значительная величина градиента уровня между точками 303–304 непонятна. Слишком большие расстояния между треками спутника Topex/Poseidon не позволяют исследовать эту проблему с необходимой детальностью.

Рассмотрим межгодовые вариации уровня моря за период 1993–2002 гг., сравнивая среднемесячные значения по мареографным станциям Абасири и Момбецу (русские станции Корсаков и м. Крильон к этому времени были уже закрыты) с полученными по спутниковой альтиметрии в точках 303 и 308 (рис. 9). Выбор именно этих точек был обусловлен тем обстоятельством, что первая из них расположена ближе всего к берегу Японии, а вторая лежит в точке пересечения двух треков и ряд данных здесь в два раза больше обычного, следовательно, оценки средних месячных значений более надежные по сравнению с другими точками в данном районе.

Из рисунка видно, что сезонные вариации уровня у берегов Японии весьма сложно изменяются во времени. Так, в начале и конце интервала наблюдений колебания с годовой периодичностью выражены слабо, в частности зимний максимум практически не проявляется. Однако в середине этого интервала (1995–2000 гг.) годовой цикл, преобладающий на станциях Охотского моря (Поезжалова, Шевченко, 1997), усиливается, и его амплитуда достигает 8 см.

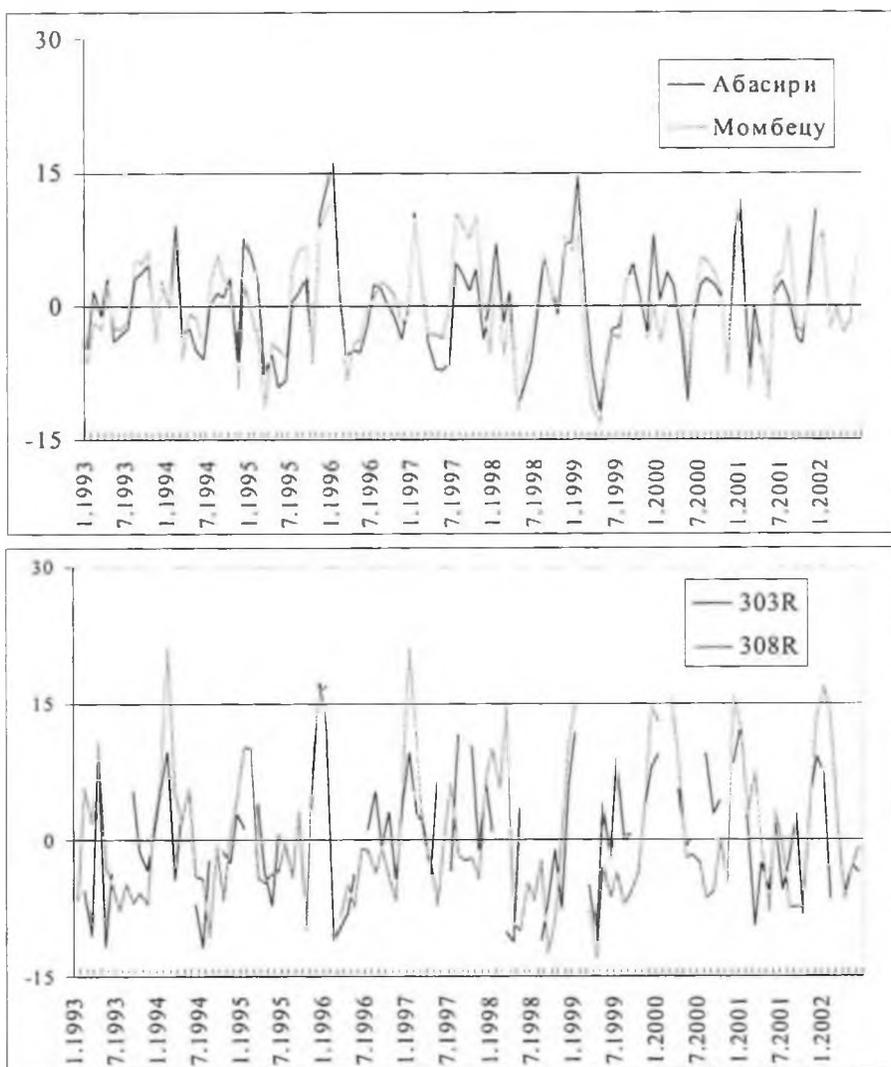


Рис. 9. Средние месячные значения уровня моря за 1993–2002 гг. на японских мареографных станциях Абасири и Момбецу (верхний рисунок) и в точках восходящего трека 303 и 308 (нижний рисунок)

По рядам средних месячных значений уровня по данным альтиметрии также просматриваются межгодовые вариации, однако годовая гармоника проявляется здесь гораздо более стабильно, в особенности в расположенной ближе к Сахалину точке 308, и зимний максимум уровня выражен более отчетливо. При этом в середине периода наблюдений, когда у побережья Японии усиливались годовые вариации, вблизи Сахалина возросла интенсивность полугодовой гармоники.

Это указывает на заметные различия в характеристиках межгодовых вариаций среднего уровня, полученных на береговых станциях Хоккайдо, и спутниковыми измерениями уровня у берегов Сахалина. Вероятно, эти различия связаны с характером этих вариаций в Охотском и Японском морях, влияние последнего прослеживается в узкой полосе теплового течения Соя и обнаруживается в данных береговых мареографов Японии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного анализа данных об уровне океана, полученных на береговых мареографных станциях южной части Сахалина и северного побережья Хоккайдо и при помощи альтиметра спутника Topex/Poseidon, удалось получить некоторые важные результаты в отношении сезонных и приливных колебаний в районе пролива Лаперуза.

1. Резкое уменьшение амплитуд и значительные сдвиги фаз основных суточных волн K_1 и O_1 в направлении берега Хоккайдо вдоль восходящего трека указывает на существование амфидромий этих приливных гармоник в районе м. Соя, что согласуется с результатами работы (Odamaki, Iwamoto, 1999). При этом, так как в точке 303 амплитуда гармоники K_1 примерно в два раза меньше, чем у м. Соя, возможно, для этой волны она находится не с япономорской стороны мыса, как указано в данной работе, а со стороны Охотского моря.

2. Сравнение средних за 1993–2002 гг. значений уровня вдоль восходящего трека указывает на приблизительно одинаковую высоту среднего уровня у берегов Сахалина и Хоккайдо, что позволяет установить соответствие между системами высот Японии и России (с достаточной степенью условности, так как оценить влияние вариаций силы тяжести в проливе мы не могли). Полученные результаты, пересчитанные к станциям м. Крильон и Вакканай, согласуются с оценками, сделанными другими методами (Saveliev et al., 2002).

3. Показано, что почти на всех точках восходящего трека характер сезонных колебаний уровня согласуется с таковыми на станциях Сахалина Корсаков и м. Крильон с хорошо выраженным максимумом в зимнее время. Отличия наблюдаются только в самой ближней к Хоккайдо точке 303, на которой зимний максимум ослаблен и проявляется летний, что характерно для станций, находящихся в зоне влияния теплого течения Соя.

4. Вдоль нисходящего трека наблюдается аналогичная зависимость, только влияние «япономорского типа» колебаний прослеживается в большинстве точек, «охотоморский тип» с выраженным зимним максимумом отмечен только непосредственно вблизи берегов Сахалина.

5. Межгодовые вариации сезонных колебаний заметно различаются по данным наблюдений на мареографных станциях Хоккайдо (характеризуются усилением годового цикла в середине периода 1993–2002 гг.) и спутниковым измерениям у берегов Сахалина, где происходит синхронное усиление полугодового обертона, а годовые колебания достаточно стабильны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бобков, А. А. Течение Соя и его ветви / А. А. Бобков // Изв. ВГО. – 1989. – Т. 121. – С. 531–535.
2. Кантаков, Г. А. Анализ неперiodических течений в проливе Лаперуза (Соя) в связи с изменениями уровня и воздействием ветра / Г. А. Кантаков, Г. В. Шевченко // Динамич. процессы на шельфе Сах. и Курил. о-вов. – Ю-Сах. : ИМГиГ ДВО РАН, 2001. – С. 62–74.
3. Пищальник, В. М. Сезонная изменчивость термохалинной структуры вод пролива Лаперуза / В. М. Пищальник, В. С. Архипкин // Вестн. МГУ, сер. 5 «География». – 2000. – № 5. – С. 43–47.
4. Поезжалова, О. С. Вариации среднего уровня Охотского моря / О. С. Поезжалова, Г. В. Шевченко // Цунами и сопутствующие явления. – Ю-Сах., 1997. – С. 131–144.
5. Таблицы приливов. Воды азиатской части СССР и прилегающих зарубежных районов. – Л. : Гидрометеиздат, 1960. – 192 с.

6. Шевченко, Г. В. Определение характеристик прилива в Охотском море по данным спутниковой альтиметрии / **Г. В. Шевченко, А. А. Романов** // Исслед. Земли из космоса. – 2004. – № 1. – С. 49–62.
7. Шевченко, Г. В. Динамические процессы в заливе Анива (о. Сахалин) по инструментальным измерениям осенью 2000 года / **Г. В. Шевченко, В. Н. Частиков** // Метеорология и гидрология. – 2004. – № 5. – С. 63–75.
8. Gradient of sea level and currents in the Strait Soya / **M. Aota, I. Tanaka, A. Nakata, H. Yagi** // 13-th International Sym. on Okhotsk Sea & Sea ice. Abstracts. – Mombetsu, Hokkaido, Japan, 1998. – P. 7–12.
9. **Benada, J. Robert**. MERGED GDR (TOPEX/POSEIDON) Generation B. Handbook Version 2, December 20, 2002.
10. Specific features of seasonal and interannual variability of water structure and circulation in Aniva Bay during 2001–2003 / **V. D. Budaeva, G. V. Shevchenko, V. G. Makarov et al.** // PICES Scientific Report. – 2004. – No. 26 – P. 55–63.
11. Long-term measurements of currents on the southwestern shelf of Sakhalin Island / **V. Chastikov, G. Kantakov, G. Shevchenko, O. Sedaeva** // The 18-th International Symposium on Okhotsk Sea & Sea Ice, 23–27 February 2003, Mombetsu, Hokkaido, Japan : Abstracts. – Mombetsu, 2003. – P. 265–270.
12. Ocean tides from the TOPEX/POSEIDON sea level data / **J. Y. Cherniawsky, M. G. G. Foreman, W. R. Crawford, R. F. Henry** // J. of atmospheric and oceanic technology. – 2001. – Vol. 18, No. 4. – P. 649–664.
13. **Godin, G.** The analysis of tides / G. Godin. – Toronto, Canada : Toronto press, 1972. – 264 p.
14. **Odamaki, M.** Tides and tidal currents along the Okhotsk Coast of Hokkaido / M. Odamaki // Journal of Oceanography. – 1994. – Vol. 50. – P. 265–279.
15. Odamaki, M. Currents and tidal observations by hydrographic Department of Marine Safety Agency, off the Okhotsk coast of Hokkaido / **M. Odamaki, K. Iwamoto** // PICES Sci. Reports. – 1999. – No. 12. – P. 149–152.
16. Rybalko, S. I. Seasonal and spatial variability of sea currents on the Sakhalin northeastern shelf / **S. I. Rybalko, G. V. Shevchenko** // Pacific Oceanography. – 2003. – Vol. 1, No. 2. – P. 168–178.
17. Saveliev, A. V. Volume transport through the La Perouse (Soya) Strait between the East Sea (Sea of Japan) and the Sea of Okhotsk / **A. V. Saveliev, M. A. Danchenkov, G. H. Hong** // Ocean and Polar Research. – 2002. – Vol. 24, No. 2. – P. 147–152.
18. **Saveliev, A. V.** Estimation of climatological slope of the Sea of Japan level and its seasonal variability / A. V. Saveliev // J. Pacific oceanography. – 2003. – Vol. 1, No. 1. – P. 23–28.
19. 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 Ice, 4–8 February 2001, Mombetsu, Hokkaido, Japan : Absrtacts. – Mombetsu, 2001. – P. 323–333.

Романов, А. А. Приливные и сезонные колебания уровня моря между островами Сахалин и Хоккайдо по данным спутниковой альтиметрии и береговых станций / А. А. Романов, О. С. Седаева, Г. В. Шевченко // 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. 271–285.

Проанализированы приливные и сезонные колебания уровня моря, полученные при помощи альтиметра, установленного на спутнике Torex/Poseidon, вдоль двух треков, пролегающих между островами Сахалин и Хоккайдо, за период 1993–2002 гг. Обнаружены резкое уменьшение амплитуд и значительные сдвиги фаз основных суточных волн K_1 и O_1 в направлении берега Хоккайдо вдоль восходящего трека, что согласуется с результатами работы (Odamaki, Iwamoto, 1999), в которой на основе анализа данных береговых станций и измерения приливных течений судовым ADCP показано существование амфидромий этих приливных гармоник в районе м. Соя. При этом так как в точке 303 амплитуда гармоники K_1 примерно в два раза меньше, чем у мыса, возможно, для этой волны она находится не с япономорской стороны м. Соя, как указано в данной работе, а со стороны Охотского моря.

Показано, что почти на всех точках восходящего трека характер сезонных колебаний уровня согласуется с таковыми на станциях Сахалина Корсаков и м. Крильон с хорошо выраженным максимумом в зимнее время. Только на самой ближней к Хоккайдо точке 303 ослаблен зимний и наблюдается летний максимумы, что характерно для станций, находящихся в зоне влияния течения Соя.

Противоположная картина наблюдается на нисходящем треке – здесь в большинстве точек наблюдается «япономорский» характер сезонных вариаций, «охотоморский» тип с выраженным зимним максимумом проявляется только в нескольких точках вблизи побережья Сахалина.

Средние многолетние значения уровня для обоих треков имеют приблизительно одинаковую высоту у берегов Сахалина и Хоккайдо, что позволяет установить соответствие между системами высот Японии и России. Полученные результаты, пересчитанные к станциям м. Крильон и Вакканай, согласуются с оценками, сделанными другими методами (Saveliev et al., 2002).

Romanov, A. A. Tidal and seasonal variations of the sea level between Hokkaido and Sakhalin Islands based on satellite altimetry and coastal tide gauge data / **A. A. Romanov, O. S. Sedaeva, G. V. Shevchenko** // 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. 271–285.

Tidal and seasonal sea level fluctuations were analyzed from Topex/Poseidon altimetry data collected during 1993–2002 along two tracks between Sakhalin and Hokkaido islands. The abrupt reduction of amplitudes and significant phase shifts of main diurnal waves K_1 and O_1 toward Hokkaido Island along ascending track were found. These results show the existence of these harmonic amphidromes near Cape Soya. At the same time, K_1 amphidromy is more probably located not from the Japan Sea side of Cape Soya, as reported by Odamaki and Iwamoto (1999), but from the Okhotsk Sea side.

The character of seasonal sea level changes is shown to be correlated with those at Korsakov and Cape Krilion coastal stations (Sakhalin Island) with the well-expressed maximum in winter period at almost all points of the ascending track. Only Point 303, which is the closest to Hokkaido, is characterized by the weakened winter and expressed summer maxima, which are common for stations located in a zone of the Soya Warm Current influence.

The opposite dependence is observed along the descending track; the influence of «Japan Sea type» variations has been observed in major points, whereas «Okhotsk Sea type» with the expressed winter maximum is recorded directly near Sakhalin coast.

Mean long-term level heights near Sakhalin and Hokkaido coasts have approximately the same values for both tracks that allow establishing conformity between the Japanese and Russian Unified Height Systems. The obtained results calculated for Cape Krilion and Wakkanai stations agree with evaluations done by the other methods (Saveliev et al., 2002).

Tabl. – 2, fig. – 9, ref. – 19.