

ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ВОД В РОССИЙСКОМ СЕКТОРЕ АРКТИЧЕСКОГО БАССЕЙНА В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД 2010 г.

науч. сотр. И.А.ГАНГНУС¹, канд. геогр. наук Л.А.ДУХОВА¹,
мл. науч. сотр. Е.В.БЛОШКИНА²

¹ ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии», Москва, gangnus@inbox.ru

² ГИЦ РФ Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург, bloshkina@aari.ru

Статья содержит результаты гидрохимических исследований, выполненных в ходе экспедиции «Шельф-2010» на борту НЭС «Академик Федоров» в августе–сентябре 2010 г. На акватории российского сектора Арктического бассейна было выполнено 30 океанографических станций и отобрано 135 проб с поверхности океана. Измерялось содержание растворенного кислорода, кремния, минерального и органического фосфора, нитратного, нитритного, аммонийного и органического азота. На большей части акватории общее содержание минерального азота на поверхности имеет крайне низкие значения, часто близкие к аналитическому нулю, что говорит о лимитировании процессов первичного продуцирования азотом, а не фосфором и кремнием. Область максимальных значений содержания кремния (8–11 мМ) и минерального фосфора (0,7–0,9 мМ) в поверхностном слое наблюдается над хребтом Менделеева и распространяется над восточным склоном хребта Ломоносова, расширяясь к северу над всей приполюсной частью хребта Ломоносова и проникая в Евразийский суббассейн в районе Северного полюса. Такое повышение содержания минеральных форм биогенных элементов обусловлено подпиткой биогенными элементами из слоя тихоокеанских вод. Область максимальных концентраций нитратов (1,6–2,0 мМ) на поверхности смещена к западу относительно аналогичной для кремния и фосфатов и в целом по своему расположению соответствует фронтальной зоне кремниевой кислоты и фосфатов. Воды тихоокеанского происхождения, характеризующиеся высокими концентрациями биогенных элементов и низким содержанием кислорода, наблюдаются в слое 30–150 м вплоть до Северного полюса. Увеличение содержания биогенных элементов на поверхности в приполярной области и над хребтом Менделеева может быть вызвано подъемом этих вод и их перемешиванием с вышележащей поверхностной арктической водной массой.

Ключевые слова: Арктический бассейн, биогенные элементы, растворенный кислород, тихоокеанские воды.

ВВЕДЕНИЕ

Изменения глобальной климатической системы особенно сказываются на высокоширотных экосистемах, являющихся уязвимыми для воздействия внешних факторов. Эти изменения приводят к сокращению площади ледяного покрова и к увеличению влияния атлантических и тихоокеанских вод на Арктический бассейн, что в свою очередь ведет к перестройке структуры водной толщи и изменению интенсивности гидрохимических и гидробиологических процессов.

Большая переслоенность вод разного генезиса в Арктическом бассейне, связанная с процессами поступления вод из Атлантического и Тихого океанов, хорошо прослеживается по гидрохимическим характеристикам, таким как растворенный кислород и биогенные элементы. В комплексе с данными по температуре и солености они служат дополнительными показателями распространения проникающих в Арктический бассейн водных масс, процессов их трансформации и позволяют

уточнить положение, границы, место и время их происхождения. Кроме того, биогенные элементы (азот, фосфор, кремний) являются минеральной базой для процессов первичного продуцирования, а растворенный кислород, поступающий в морскую воду из атмосферы и в результате фотосинтеза, расходуется при деструкции органического вещества, обусловленной микробиологическими процессами. Таким образом, пространственно-временная изменчивость содержания биогенных элементов и растворенного кислорода в результате продукционно-деструкционных процессов, а также процессов диффузии, адвекции и вертикального перемешивания в значительной степени отражает изменения, происходящие в экосистеме Арктического бассейна, в масштабе от сезонных до многолетних.

Несмотря на высокий интерес, проявляемый в настоящее время к Арктическому бассейну, качественных данных по гидрохимическому режиму вод этого региона накоплено недостаточно для получения полного представления о гидрохимическом режиме вод этого региона.

Относительно регулярные гидрохимические измерения в водах Северного Ледовитого океана (СЛО) начались в послевоенные годы, и к 70-м годам прошлого века было собрано достаточно данных для того, чтобы составить общее представление о структуре вод Арктического бассейна. Результаты и обобщения этих исследований опубликованы в работах [Беляков, Русанов, 1971; Русанов и др., 1979]. На основе этих данных В.П.Русановым была предпринята попытка классификации водных масс Арктического бассейна, выделены около 20 различных типов водных масс в составе четырех основных структурных зон (поверхностная, промежуточная, атлантическая и придонная) и 8 типов структур вод (сочетание водных масс по вертикали) [Русанов, 1985б].

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В ходе экспедиции «Шельф-2010» по определению и обоснованию внешней границы континентального шельфа Российской Федерации в СЛО в период с 28 июля по 14 октября 2010 г. на НЭС «Академик Федоров» были выполнены океанологические работы, включавшие расширенный комплекс измерений гидрохимических параметров. Эти работы явились продолжением исследований, проведенных в экспедициях «Арктика-2007» и «Арктика-2008» в период МПГ 2007/08.

Район работ охватывал практически всю акваторию российского сектора Арктического бассейна между хребтами Ломоносова и Менделеева, включая части акваторий над котловинами Амундсена и Канадской. В экспедиции было вы-

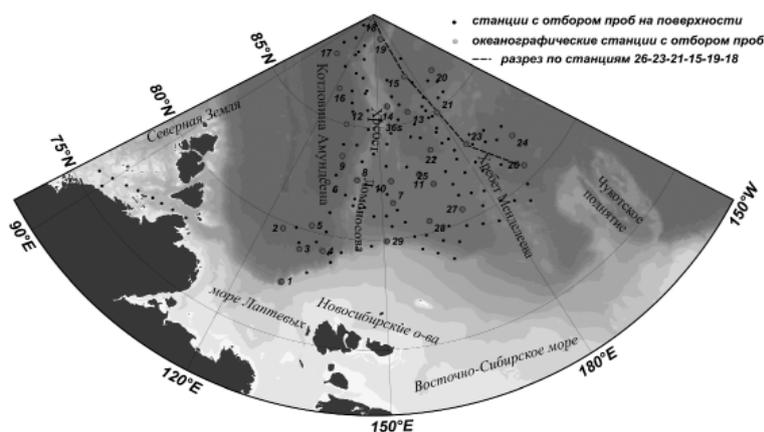


Рис. 1. Схема выполненных станций

полнено 30 гидрологических станций, в том числе одна глубоководная (4240 м), расположенная в точке географического Северного полюса. Кроме того, по пути следования судна с поверхности океана было отобрано 135 проб воды для гидрохимического анализа (рис. 1).

Зондирования выполнялись с помощью судового гидрологического зонда *Sea Bird* с кассетой из 24 батометров Нискина (объем 5 л) для взятия проб воды на гидрохимический анализ. Отбор проб воды проводился от поверхности до дна.

Определения гидрохимических параметров включали в себя измерение содержания растворенного кислорода, кремнекислоты, минерального и органического фосфора, минеральных (нитратной, нитритной, аммонийной) и органических форм азота. При отборе проб и определении минерального фосфора, аммонийного азота, органических форм азота и фосфора использовались методические рекомендации и стандартные реактивы, принятые в морской химии [Руководство, 2003]. Содержание растворенного кислорода измерялось йодометрическим методом Винклера с помощью электронной бюретки. Определение растворенного кремния, нитритного, нитратного, а также валового азота проводили на проточном автоанализаторе фирмы «*Bran-Luebbe*» (Германия) по стандартным методикам, модифицированным применительно к данной аппаратуре.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Общая характеристика изменчивости гидрохимических характеристик. По особенностям вертикального распределения гидрохимических характеристик весь Арктический бассейн можно разделить на подрайоны, где заметнее всего проявляется влияние вод различного происхождения – речных, тихоокеанских, атлантических. Наиболее существенная пространственная изменчивость гидрохимических характеристик прослеживается в поверхностном и промежуточном слоях. Самым информативным показателем этих вод является содержание растворенного кремния, которое изменялось от крайне низких значений (0,3 мкМ, ст. 2) в поверхностном слое до весьма значительных величин (39,8 мкМ, ст. 26) в слое тихоокеанских вод.

Западнее хребта Ломоносова, на акватории Евразийского суббассейна вне зоны влияния речных и тихоокеанских вод (ст. 9, 12, 16) наблюдается постепенный рост содержания растворенной кремнекислоты с глубиной. В слое атлантических вод (200–1200 м) оно варьируется от 3,8 до 7,3 мкМ. Изредка в этом слое наблюдаются локальные экстремумы (как, например, на ст. 12 на глубинах 300–400 м), связанные, вероятно, с присутствием более молодой модификации атлантических вод с низким содержанием биогенных элементов и высоким содержанием кислорода (рис 2б). В слое от 1200 до 2000 м содержание кремния возрастает до величин 10,5–11,2 мкМ и глубже, в придонных водах, практически не меняется.

Акватория, примыкающая к континентальному склону Евразии, находится под влиянием речного стока (ст. 1, 3, 4, 5), проявляющимся в увеличении содержания кремния на поверхности до 10 мкМ и уменьшении на глубинах 50–75 м до величин около 3 мкМ. В придонном слое концентрация растворенного кремния постепенное возрастает, что характерно для гидрохимической структуры вод Евразийского суббассейна (рис. 2а).

На станциях Евразийского суббассейна, расположенных ближе к Северному полюсу (ст. 17, 18), в промежуточном и поверхностном слоях содержание кремния повышается в результате проникновения сюда вод тихоокеанского происхождения, характеризующихся повышенными концентрациями биогенных элементов, особенно кремнекислоты, и низким содержанием растворенного кислорода. На станции 18, расположенной вблизи Северного полюса, наблюдаются два максимума кремния на горизонтах 50 м (14,35 мкМ) и 100 м (8,17 мкМ). Наличие этих двух максимумов,

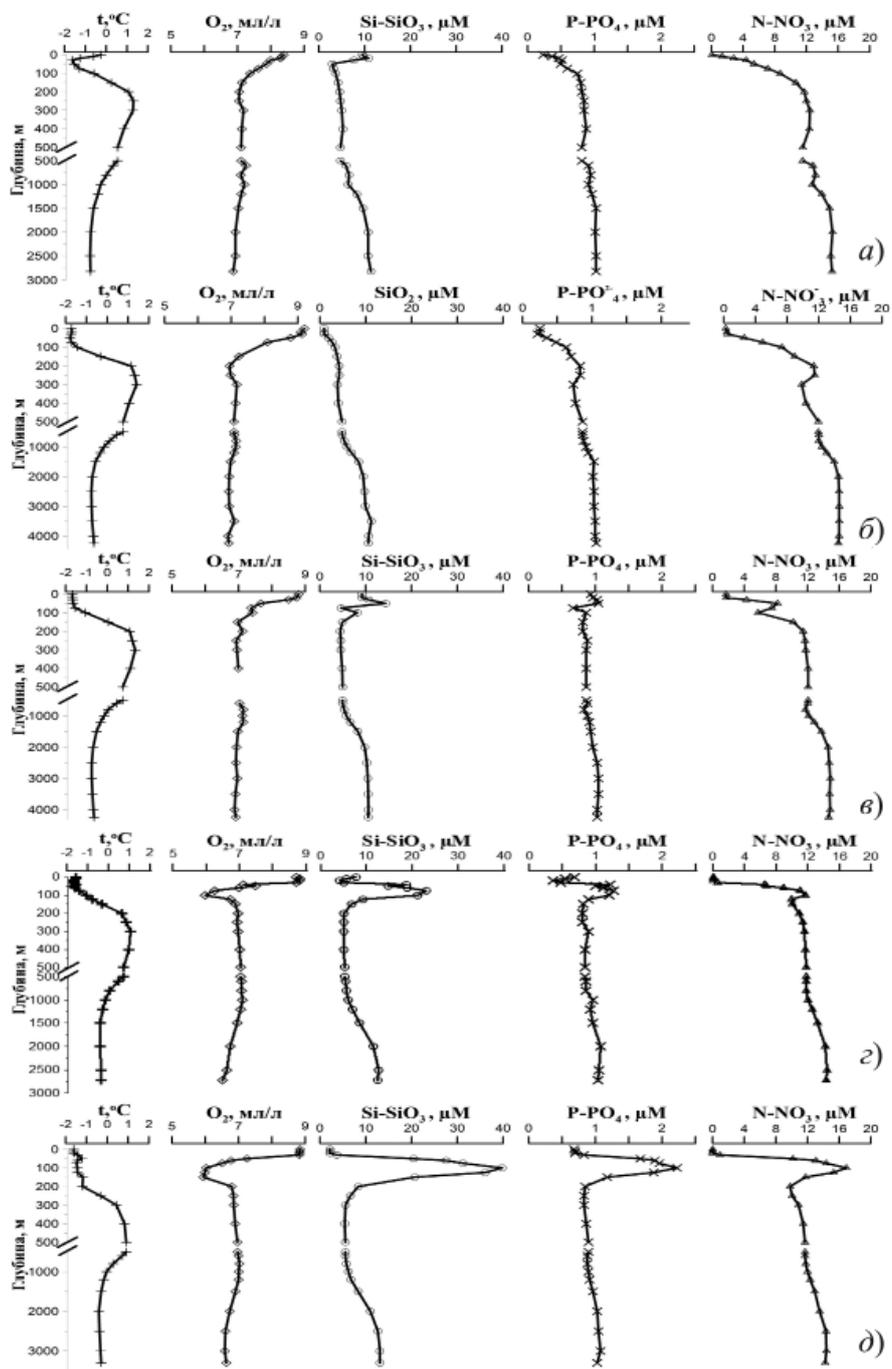


Рис. 2. Вертикальное распределение температуры ($^\circ\text{C}$), растворенного кислорода (мл/л), кремния (μM), минерального фосфора (μM) и нитратного азота (μM) на станциях 4 (а), 12 (б), 18 (в), 27 (г), 26 (д)

скорее всего, вызвано внедрением в слой тихоокеанских вод промежуточных вод Евразийского суббассейна, обедненных биогенными элементами (рис. 2в).

К востоку от хребта Ломоносова содержание кремниевой кислоты в придонном слое характеризуется более высокими концентрациями по сравнению с Евразийским суббассейном (12,06–12,70 μM). В котловине Макарова (ст. 15, 20), где глубины превышают 4000 м, в нижней части этого слоя отмечалось незначительное понижение концентраций кремния до 11,55–12,04 μM . В слое от 30 до 150 м влияние тихоокеанских вод на отдельных станциях усиливалось.

Восточнее хребта Менделеева (ст. 24, 26) толщина слоя тихоокеанских вод увеличивается и превышает 150 м (рис. 2д). На придонных горизонтах на этих станциях содержание кремния также достигает своего максимума для придонных вод всей исследуемой акватории (более 13 μM). В слое атлантических вод содержание кремния на станциях восточнее хребта Ломоносова остается в том же диапазоне, что и на станциях Евразийского суббассейна.

Минеральный азот представлен тремя формами: нитратным, нитритным и аммонийным азотом. Содержание нитритов в среднем было ниже 0,05 μM . Заметное повышение содержания нитритов до 0,12–0,19 μM фиксируется почти на всех станциях в подповерхностном слое (горизонты 20–30 м), что отмечалось и в более ранних исследованиях и связано с накоплением и окислением здесь органических остатков [Русанов и др., 1979].

Содержание аммонийного азота также крайне невелико и составляет в среднем менее 0,5 μM , что находится на границе предела чувствительности метода. Максимальные значения аммонийного азота отмечались в поверхностном слое и достигали величин более 1,1 μM (ст. 22).

Минеральный азот более чем на 90 % был представлен азотом нитратов. Исключение составляли поверхностные горизонты, где содержание нитратного азота снижалось до аналитического нуля. Максимальных значений нитраты достигали в слое тихоокеанских вод (16,92 μM на ст. 26) и в придонном слое (до 15,60 μM).

Вертикальное распределение нитратов на большинстве станций, где отсутствует влияние тихоокеанских вод, характеризуется постепенным увеличением их концентрации от поверхности до глубин 200–250 м. Достигая в слое атлантических вод (200–800 м) величин 11,3–12,7 μM , содержание нитратов почти не меняется до глубин около 800 м, после чего рост с глубиной продолжается, увеличиваясь в придонном слое (ниже 2000 м) до величин 12,8–13,6 μM . На тех станциях, где фиксировалось влияние тихоокеанских вод, в слое этих вод наблюдается существенное увеличение содержания нитратов до 8,2 (ст. 18)–16,9 μM (ст. 26).

Содержание *минерального фосфора* на исследуемой акватории изменялось от 0,15 на поверхности до 2,22 μM в слое тихоокеанских вод (ст. 26). Вертикальное распределение фосфатов в целом повторяет распределение нитратов – резкий рост до глубин 200–250 м (до 0,8–0,9 μM), снижение градиентов в слое атлантических вод, дальнейшее повышение к глубине 2000 м, однородное распределение в придонном слое (1,0–1,1 μM).

В придонных водах Евразийского и Амеразийского суббассейнов существенных различий не обнаруживается, что расходится с утверждениями, приведенными в [Русанов, 1985а], о разнице в содержании фосфатов в придонных водах этих суббассейнов более чем на 0,3 μM .

Общие закономерности распределения *растворенного кислорода*, характерные для летнего периода, – максимум в поверхностном слое, резкое снижение в пикноклине и незначительное уменьшение его содержания ко дну. В слое тихоокеанских вод наблюдается значительный минимум растворенного кислорода (менее 6 мл/л, 70 % насыщения). Максимальные значения (более 9 мл/л, 109 % насыщения) отмечались в поверхностном слое в западной части акватории. Под

слоем атлантических вод, на горизонтах 1000–1200 м, иногда наблюдался незначительный локальный максимум растворенного кислорода, связанный, вероятно, с поступлением на эти горизонты более молодых вод [Русанов, 1979].

В направлении с запада на восток обнаруживается уменьшение содержания растворенного кислорода в слое атлантических и придонных вод, связанное с расходом кислорода на окислительные процессы при увеличении возраста вод. Было обнаружено различие в 0,4 мл/л в содержании растворенного кислорода в придонных водах Евразийского и Амеразийского суббассейнов, о чем уже упоминалось в работе [Русанов, 1979]. Причиной этого является более слабая аэрация придонных вод Амеразийского суббассейна, а также расход кислорода на окисление большого количества органического материала, попадающего на дно из слоя тихоокеанских вод. Характер вертикального распределения растворенного кислорода на отдельных станциях, выполненных в летние сезоны 2005, 2007, 2008 гг., практически не менялся. Выделяются лишь расхождения в пределах 0,1–0,3 мл/л на горизонтах, расположенных, в основном, к поверхностному слою и струе атлантических вод, что связано с межгодовыми и сезонными колебаниями в температурном режиме поверхностных и атлантических вод. В придонном слое котловин Макарова и Подводников в 2010 г. отмечалось повышение содержания растворенного кислорода в среднем на 0,1 мл/л по сравнению с 2007 и 2008 гг.

Изменчивость гидрохимических параметров на поверхности. В результате регулярного отбора проб воды с поверхности по ходу движения судна была получена достаточно детальная картина распределения гидрохимических характеристик на поверхности океана в районе исследований.

В распределении кремниевой кислоты на поверхности можно выделить 3 области, где ее концентрации превышают 5 μM . Наибольшие значения (8–11 μM) наблюдаются в южной части исследуемой акватории и обусловлены поступлением поверхностных вод моря Лаптевых, формирующихся под воздействием речного стока (рис. 3а). Другая обширная область высокого содержания кремния занимает акваторию над хребтом Менделеева, котловиной Подводников и расширяется к северу над всей приполюсной частью хребта Ломоносова, распространяясь на часть

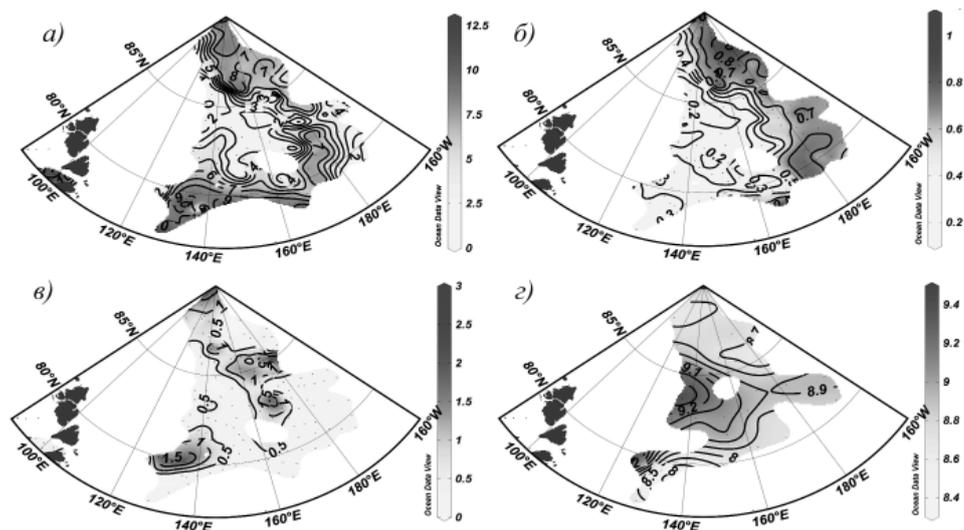


Рис. 3. Распределение на поверхности кремниевой кислоты (μM) (а), минерального фосфора (μM) (б), азота нитратов (μM) (в) и растворенного кислорода (мл/л) (з)

Евразийского суббассейна. Над южной частью хребта Менделеева до 83° с.ш. также наблюдается область высокого содержания растворенного кремния. Повышение концентраций кремнекислоты над хребтами и поднятиями обусловлено подъемом атлантических вод и как результат этого – вышележащих тихоокеанских вод, что приводит к их взаимодействию с поверхностными арктическими водными массами и обогащению биогенными элементами поверхностного слоя.

В центральной части исследуемой акватории прослеживается обширная область пониженных значений содержания кремния. Эта область охватывает большую часть котловины Подводников и распространяется на северо-запад, пересекая хребет Ломоносова. Содержание кремния здесь снижается до величин менее 1 мМ. Эта область совпадает с зоной повышенной солености на поверхности и максимума растворенного кислорода. Поверхностные воды с такими характеристиками формируются под влиянием вод атлантического происхождения и относятся к Евразийской группе поверхностных водных масс [Русанов, 1985б; Никифоров, Шпайхер, 1980]. Восточнее хребта Менделеева, над Канадской котловиной, также прослеживается область низких значений кремния, однако недостаточное количество станций не позволяет сделать выводы об обширности этой области.

Распределение минерального фосфора частично повторяет картину распределения кремния (рис. 3б). Так, область относительно высокого содержания фосфатов в приполярной области и над южной частью хребта Менделеева практически идентична аналогичной по кремнию. Концентрации минерального фосфора достигают здесь величин 0,7–0,9 мМ. Однако в юго-западной части исследуемой акватории, в зоне влияния речных вод, концентрации минерального фосфора не увеличиваются. Это говорит о том, что поступление речных вод в Арктический бассейн не оказывает непосредственного влияния на распределение минерального фосфора. В поверхностном слое, в зоне влияния водных масс атлантического происхождения содержание фосфатов также невелико. Восточнее хребта Менделеева, в отличие от кремния, содержание фосфатов не уменьшается.

Средние концентрации кремния и минерального фосфора в поверхностном слое, наблюдавшиеся в экспедиции 2010 г., значительно, а иногда в несколько раз ниже значений, приведенных в работах Русанова [Русанов, 1985а; Русанов, 1985б]. Эти расхождения могут быть связаны как с включением Русановым данных по зимнему сезону при расчете средних многолетних величин, так и с межгодовой изменчивостью, обусловленной увеличением объема обедненных биогенными элементами вод атлантического происхождения, поступающих в Арктический бассейн, в результате этого уменьшением площади ледового покрова и как следствие – увеличением фотосинтетической активности.

Общие закономерности распределения нитратов на поверхности значительно отличаются от распределения кремния и минерального фосфора. Выделяются две области повышенного содержания нитратов (рис. 3в). Первая, наиболее обширная, имеет квазимеридиональное направление и распространяется от континентального склона Евразии в сторону Северного полюса, над восточной частью котловины Подводников, приполюсной частью хребта Ломоносова и прилегающей к нему восточной частью котловины Амундсена. Максимальные значения на поверхности достигают величин 1,6–2,0 мМ.

Вторая область, относительно небольшая, расположена в южной части котловины Амундсена, примыкая к хребту Ломоносова. Здесь нитраты достигают значений 1,9 мМ. Следует отметить, что область максимальных концентраций нитратов смещена к западу относительно аналогичной для кремния и фосфатов и примерно соответствует по своему положению фронтальной зоне в распределении кремнекислоты и фосфатов. Факт этого несовпадения является одним из наиболее интересных результатов экспедиции, однако его причины пока не ясны. На большей

же части акватории общее содержание минерального азота имеет крайне низкие значения, часто близкие к аналитическому нулю, что говорит о лимитировании процессов первичного продуцирования именно азотом, а не фосфором.

Область максимальных концентраций растворенного кислорода, обусловленная влиянием атлантических вод (рис. 3з), прослеживается в центральной части исследуемой акватории. Содержание кислорода здесь достигало 9,4 мл/л (109 % насыщения). В районе материкового склона моря Лаптевых (ст. 1, 3, 4) наблюдалось пониженное содержание кислорода 8,4–8,6 мл/л (менее 100 % насыщения), что совпадало с расположением зоны более теплых и распресненных по сравнению с прилежащими областями поверхностных вод, формирующихся под влиянием материкового стока.

Распространение тихоокеанских вод. Тихоокеанские водные массы формируются в процессе поступления обогащенных биогенными элементами вод из Тихого океана через Берингов пролив и их дальнейшего продвижения через Чукотское море. В фитопланктоне Берингова моря преобладают диатомовые, поэтому выделяются эти воды в большей степени по содержанию кремния. Поступающие из Чукотского моря в Арктический бассейн воды имеют различные гидрохимические характеристики в летний и зимний периоды. В летних водах, более легких, чем зимние, и расположенных выше, содержание кремния меньше [Русанов, 1979]. Отмечается также, что «подпитывание» обоих слоев носит пульсирующий характер: летом прекращается подпитывание зимних вод, зимой – летних [Никифров, Шпайхер, 1980]. Интересной особенностью тихоокеанских водных масс является их сильная устойчивость к трансформации. При толщине слоя в несколько десятков метров и горизонтальном ареале распространения в 1000–2000 км соотношение между толщиной слоя и его длиной такое же, как для листа папиросной бумаги [Никифров, Шпайхер, 1980]. Зимняя прослойка тихоокеанских вод может формироваться не только в Чукотском море, но и на шельфе Восточно-Сибирского моря и моря Бофорта [Беляков, Русанов, 1971].

В данной экспедиции присутствие тихоокеанских вод в Арктическом бассейне было выявлено на 10 станциях. Сведения о характеристиках тихоокеанских вод приведены в табл. 1.

Наиболее интересно вертикальное распределение тихоокеанских вод на квазимеридиональном разрезе через Арктический бассейн от Чукотского поднятия до Северного полюса, включающем ст. 26, 23, 21, 15, 19, 18 (рис. 4). Как видно на разрезе, ядро тихоокеанских вод поднимается со 100 м до 40 м по мере удаления от Берингова пролива от станции 26 (80,6° с.ш.) до станции 19 (88,9° с.ш.) при продвижении на север. Толщина слоя этих вод уменьшается более чем в 2 раза, а содержание биогенных элементов в ядре падает незначительно (с 39,8 до 34,7 мМ по кремнию, с 2,22 до 0,8 мМ по минеральному фосфору, с 16,90 до 16,54 мМ по нитратам). В промежутке между этими станциями (26 и 19) в ядре тихоокеанских вод заметно понижение содержания биогенных элементов. Это подтверждает тот факт, что тихоокеанские воды при благоприятных условиях (отсутствии процессов вертикального перемешивания) могут сохранять свои свойства на достаточном удалении от источника формирования. Кроме того, воды тихоокеанского происхождения распространяются не единым потоком, а, скорее всего, отдельными струями.

Как видно из табл. 1, на отдельных станциях глубины минимума кислорода и максимума биогенных элементов не совпадают. Слабее всего этот экстремум выражается по нитратам. На некоторых станциях содержание нитратов в тихоокеанских водах не было выражено в виде экстремума. Такие различия могут быть вызваны большей дифференциацией тихоокеанских вод летнего и зимнего происхождения. Значения условной плотности для ядра этих вод изменяются в пределах 26,49–26,85. Исключение составляет лишь станция 27, где наблюдаются 2 максимума – на 40 м и на 75 м.

Таблица 1

Характеристики тихоокеанских вод на станциях в Арктическом бассейне

Номер станции	Глубина залегания ядра, м	Диапазон глубин, м	T, °C	S, psu	σ_0	O ₂ , мл/л	Si-SiO ₃ , μ M	P-PO ₄ , μ M	N-NO ₃ , μ M
26	100	30–200	-1,44	32,93	26,489	6,03 5,94 (минимум на 150 м)	39,8	2,22	16,9
24	100	50–150	-1,42	32,93	26,489	6,18 6,05 (минимум на 150 м)	34	2,09	16,17
27	40	40–125	-1,59	32,12	25,837	7,09	18,72	1,21	6,5 (максимум не выражен)
То же	75	То же	-1,39	33,65	27,075	6,24 5,95 (минимум на 100 м)	23,05	1,26	11,02 (максимум на 100 м – 11,7)
23	60	30–100	-1,54	33,09	26,618	6,37	27,67	1,54	12,05
21	40	30–100	-1,55	33,18	26,692	6,85 6,77 (минимум на 75 м)	22,43	1,27	10,51
14	30	20–50	-1,56	33,25	26,754	6,93	16,33	1,01	8,26 (максимум не выражен)
15	50	30–75	-1,56	30,88	26,616	6,44	26,41	1,56	11,18
20	50	30–75	-1,56	33,37	26,848	6,94	14,4	0,93	8,10
19	40	20–75	-1,48	32,95	26,504	6,30 7,10 (минимум на 50 м)	34,71	2,08	16,54
18	50	30–100	-1,65	33,15	26,673	7,67 7,37 (минимум на 75 м)	14,35	1,05	8,21

Тихоокеанские воды различного территориального происхождения зафиксированы на станции 27 (рис. 2з), расположенной вблизи Восточно-Сибирского моря. Здесь наблюдаются два локальных максимума содержания кремния и фосфатов – на горизонтах 40 и 75 м. В распределении растворенного кислорода также наблюдаются два минимума, но нижний расположен на глубине 100 м. В распределении нитратов прослеживается только один локальный максимум – на глубине 100 м. Вероятно, на горизонте 40 м расположена летняя модификация тихоокеанских вод, сформированная в Чукотском море, о чем свидетельствуют невысокие концентрации биогенных элементов, а также плотность, наиболее соответствующая этим водам. Второй максимум (75 м), по всей видимости, относится к той разновидности тихоокеанских вод, которая формируется на шельфе Восточно-Сибирского моря и отличается более высокой соленостью.

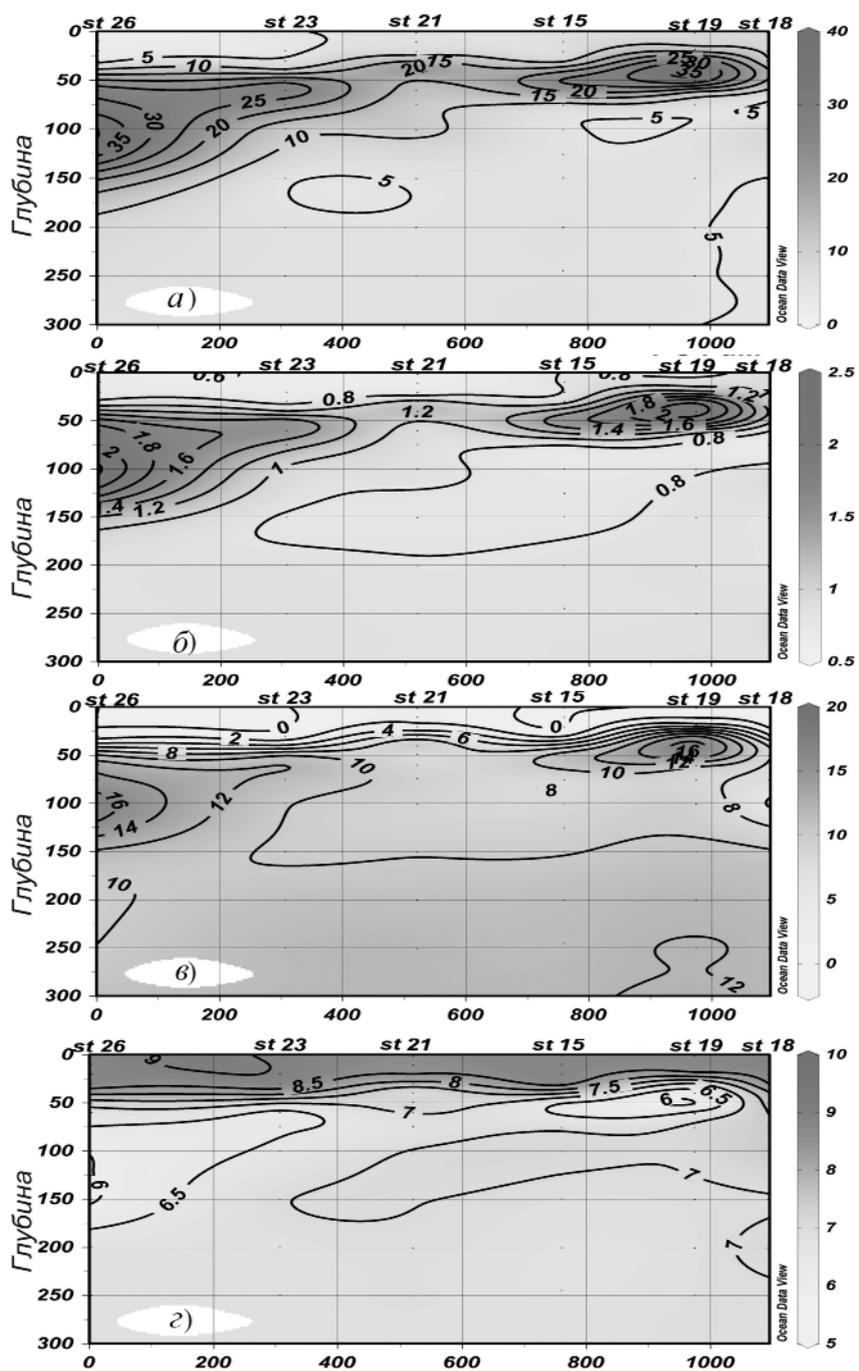


Рис. 4. Вертикальное распределение кремнекислоты (а), минерального фосфора (б), азота нитратов (в) и растворенного кислорода (г) в верхней части квазимеридионального разреза от Чукотского поднятия до Северного полюса

ВЫВОДЫ

В слое атлантических вод в направлении с запада на восток наблюдается уменьшение содержания кислорода, при этом содержание минеральных форм биогенных элементов практически не меняется, а в придонных водах прослеживается тенденция уменьшения содержания растворенного кислорода и увеличения содержания только кремниескислоты.

Область максимальных значений содержания кремния и минерального фосфора в поверхностном слое прослеживается над хребтом Менделеева и распространяется над восточным склоном хребта Ломоносова, расширяясь к северу над всей приполюсной частью хребта Ломоносова и проникая в Евразийский суббассейн в районе Северного полюса. Повышение концентраций минеральных форм биогенных элементов здесь происходит в результате процессов диффузии и перемешивания со слоем вод тихоокеанского происхождения.

Область максимальных концентраций нитратов на поверхности смещена к западу относительно аналогичной для кремния и фосфатов и по своему положению соответствует фронтальной зоне кремниескислоты и фосфатов.

На большей части акватории общее содержание минерального азота на поверхности имеет крайне низкие значения, часто близкие к аналитическому нулю, что говорит о лимитировании процессов первичного продуцирования азотом, а не фосфором.

Присутствие тихоокеанских вод на исследуемой акватории прослеживается на отдельных станциях восточнее хребта Ломоносова и на одной станции западнее — в районе Северного полюса. Равномерной картины распределения тихоокеанских вод не отмечается, они распространяются отдельными струями и могут сохранять свои свойства на достаточном удалении от источника формирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Беляков Л.Н., Русанов В.П.* Распределение тихоокеанских вод в Арктическом бассейне по данным определений биогенных элементов // Проблемы Арктики и Антарктики. 1971. Вып. 38. С. 112–115.
2. *Мусина А.А.* Гидрохимическая характеристика Арктического бассейна // Тр. ААНИИ. 1960. Т. 218. С. 5–64.
3. *Никифоров Е.Г., Шнайхер А.О.* Закономерности формирования крупномасштабных колебаний гидрологического режима Северного Ледовитого океана. Л.: Гидрометеиздат, 1980. 269 с.
4. Руководство по химическому анализу морских и пресных вод при экологическом мониторинге рыбохозяйственных водоемов и перспективных для промысла районов Мирового океана М.: Изд-во ВНИРО, 2003. 202 с.
5. *Русанов В.П., Яковлев Н.И., Буйневич А.Г.* Гидрохимический режим Северного Ледовитого океана // Тр. ААНИИ. 1979. Т. 365. 144 с.
6. *Русанов В.П.* Основные черты химии вод // География Мирового океана: Северный Ледовитый и Южный океаны. Л.: Наука, 1985. С. 88–101.
7. *Русанов В.П.* Классификация вод Арктического бассейна по гидрохимическим признакам // Тр. ААНИИ. 1985. Т. 368. С. 5–20.

I.A.GANGNUS, L.A.DUHOVA, E.V.BLOSHKINA

HYDROCHEMICAL STRUCTURE OF RUSSIAN PART OF ARCTIC BASIN DURING THE SUMMER, 2010

The article contains the results of hydrochemical measurements obtained during the Russian «Shelf-2010» expedition on board of R/V «Akademic Fedorov» in August-September of 2010. 30 full oceanographic stations and 135 samplings from sea surface were performed during the expedition. The

content of dissolved oxygen, silicate, mineral and organic phosphorus, nitrate, nitrite, ammonium and organic nitrogen were measured in samplings. The low concentrations of mineral nitrogen, observed for major part of Arctic surface water, indicate that the primary production is limited by nitrogen and not by phosphorus and silicate. The region with high concentration of silicate (8–11 μM) and mineral phosphorus (0,7–0,9 μM) in surface layer were traced over the Mendeleev Ridge and proceeds over east slope of Lomonosov Ridge, extending to the north over all polar part of it, and continues in the Eurasian basin near the North Pole. Area of the maximum nitrates concentration (1,6–2,0 μM) doesn't agree with area of high phosphorus and silicate and it is relatively displaced to the west. The waters of Pacific origin characterized by high nutrients and low dissolved oxygen on the depth 30–150 m are traced up to the North Pole area. The upwelling of this waters and their mixing with surface waters might cause the rise of nutrients concentration in photic layer of the North Pole area and over the Mendeleev Ridge.

Keywords: Arctic Basin, nutrients, dissolved oxygen, waters of Pacific origin.