

от базы АТ достиг непроходимого, «матерого» припая толщиной 200–230 см, покрытого полуметровым слоем плотно сбитого снега, и зарубился в него.

Данный остаточный однолетний припай, окаймлявший полосой шириной до 3 миль все побережье бухты Белая, обязан своей «ненормально» увеличенной толщиной и прочностью специфичному внутриводному ледообразованию, обусловленному подледниковым стоком в море пресных вод эпишельфовых озер оазиса Ширмахера. Здесь, согласно исследованиям Н.В. Черепанова и А.М. Козловского в 16-й САЭ, наблюдается самая эффективная разновидность внутриводного льда в виде почти пресных пластин размером 30–50 мм. Аналогичные неестественно повышенные толщины до 250 см, казалось бы, ординарного припая регистрировались также в вершине залива Ленинградский в ноябре 1960 г. начальником станции Лазарев Л.И. Дубровиним.

Кстати, в месте стоянки АТ оказались безуспешными попытки отобрать пробы воды во всех пробуренных кольцевым буром пяти лунках. Пробоотборник не мог проникнуть сквозь толщу ледяных пластин, которые скопились под припаем и всплывали в лунках.

Необходимо также отметить исключительную продолжительность штормов в период операции 2014 г. Эти неблагоприятные погодные условия были связаны с резкой активизацией в Антарктике (после необычного летнего затишья) циклонической деятельности, развивавшейся по форме высокоширотной зональности. Ветры

до 40 м/с, сопровождавшиеся метелью, буквально не давали возможности отдышаться-осмотреться, что крайне затрудняло ледовое судовождение из-за отсутствия визуальной видимости и делало невозможным проведение столь остро необходимой вертолетной разведки.

В период относительного ветрового затишья 30–31 марта удалось обнаружить спуск-снежник с ледникового барьера и обустроить трассу к нему от АТ по припаю и далее по леднику к береговой базе общей протяженностью около 10 км. Вновь вмешавшаяся непогода отдала начало выгрузки по ледовой дороге до 3 апреля. В период с 3 по 6 апреля на берег только наземным транспортом было перевезено свыше 400 т стационарного дизельного топлива и 70 т иных грузов. Остальное пришлось доставлять вертолетами.

Таким образом, для выгрузки в полном объеме генерального груза на станции Новолазаревская силами двух судов усиленного ледового класса, мощность энергетических установок которых составляет 16 МВт, потребовался без малого месяц. Сложившаяся здесь экстраординарная ледовая ситуация явилась следствием развития в Южном океане в новом тысячелетии тенденции ухудшения ледовых условий. Успешное выполнение в этих условиях масштабных морских операций требует от их участников знания богатейшего практического опыта, накопленного в предыдущих экспедициях, и его творческого, инициативного использования.

А.И. Коротков, С.В. Кашин (АНИИ)

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В 59-Й РОССИЙСКОЙ АНТАРКТИЧЕСКОЙ ЭКСПЕДИЦИИ

Сотрудники Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН зав. лабораторией И.А. Немировская, В.А. Артемьев, А.А. Недоспасов и З.Ю. Реджепова приняли участие в 59-й РАЭ (2-й рейс НЭС «Академик Трёшников»). Цель исследований, как и в предыдущих экспедициях, — изучение осадочного вещества (природного и антропогенного) в системе атмосфера–океан–лед–антарктический материк.

Это судно мы совершенно не знали, только слышали много отрицательных отзывов. Действительно с большим трудом мы вместе с гидрхимическим отрядом разместились в лаборатории. Сама лаборатория состоит из двух довольно больших комнат, но без единого иллюминатора, с одной раковиной и очень маленьким вытяжным шкафом. Все столы заняты приборами и компьютерами к ним, но только некоторые из них используются и прошли проверку фир-

мы Shimadzu (все приборы этой фирмы, и о них можно мечтать даже в береговой лаборатории). Однако доброжелательное отношение руководства экспедиции и хорошее взаимодействие с экипажем помогли нам преодолеть трудности и собрать полноценный материал.

Несмотря на то, что основой рейса были логистические операции, мы сделали пять разрезов в поверхност-

ных водах, пробную станцию до глубины 4400 м (район прохода «Кейн»), отобрали керны припайного и озерного льда и пробы почв в районах антарктических станций РФ. К сожалению, мы не смогли определить концентрацию углеводов (УВ), как это делали обычно в лаборатории на борту НЭС «Академик Федоров», и концентрации фитопигментов. Поэтому основные выводы будут сделаны после обработки проб в береговых лабораториях.

Однако мы смогли на приборе ПУМ-А, создан-

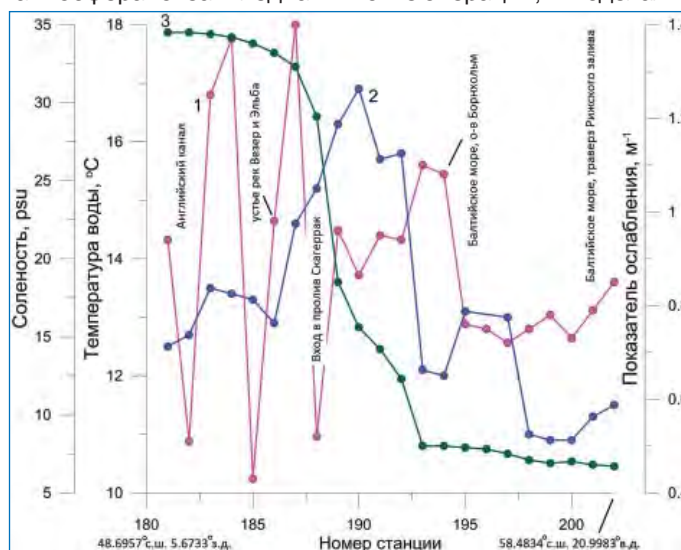


Рис. 1. Изменение показателя ослабления света (1), температуры (2) и солености (3) в поверхностных водах на разрезе пролив Ла-Манш – Балтийское море.

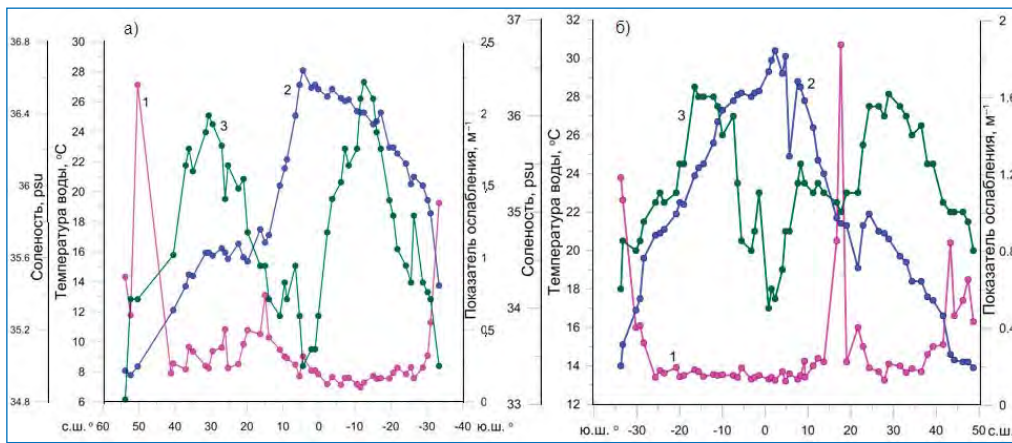


Рис. 2. Изменение показателя ослабления света (1), температуры (2) и солёности (3) в поверхностных водах на разрезах порт Бременхафен – порт Кейптаун в марте (а) и порт Кейптаун – порт Бременхафен в мае (б) 2014 г.

ном в лаборатории оптики океана Института океанологии РАН, по показателю ослабления света (S) определить содержание взвеси, так как для различных районов Мирового океана была выявлена корреляция между величиной S и массовой концентрации взвеси, поэтому оптические данные можно использовать для оперативной оценки ее концентрации. В частности, как показала обработка проб в лабораторных условиях, для всего массива данных значение коэффициента корреляции (r) составило 0,88, а на разрезе пролив Ла-Манш–Балтийское море — 0,87. Границы фронтов уточняли по значениям температуры поверхностного слоя океана (ТПО) и солёности. Судовая метеостанция «Мах»-90 регистрировала ТПО в зависимости от координат каждую минуту. На рис. 1–3 приведены значения ТПО в момент отбора проб.

По маршруту движения судна работы охватывали районы как потенциально загрязненные (на европейском шельфе), так и акватории Южного океана, где доминируют природные процессы формирования поверхностных вод.

Наиболее динамично значения S изменялись в суходонном районе Северного моря, где было множество нефтяных вышек, и в устьевых областях рек Балтики (с 1,40 до 0,43 m^{-1} в среднем 0,88 m^{-1} , квадратичное отклонение — $\sigma = 0,45$). Повышенные значения показателя ослабления света установлены в проливе Ла-Манш:

2,20 m^{-1} в феврале и 1,40 m^{-1} в мае. Температура поверхностной воды и солёность изменялись синхронно и не коррелировали со значениями показателя ослабления света (рис. 1).

При выходе из пролива Ла-Манш в Атлантический океан количество взвеси уменьшалось более чем в 8 раз и оставалось довольно постоянным, вплоть до Канарского апвеллинга (рис. 2). При средней величине показателя ослабления света 0,30 m^{-1} , величина σ составила всего 0,07 m^{-1} . В мае количество взвеси возросло и оказалось в среднем на 0,10 m^{-1} выше, чем в феврале.

Содержание УВ (показателя нефтяного загрязнения морских вод) в Северном и Балтийском морях соответствовало фоновым концентрациям в шельфовых акваториях — 22 мкг/л и было ниже ПДК для нефтяных углеводородов — 50 мкг/л. Только при подходе к Канарским о-вам в феврале на двух станциях возле берегов Европы содержание УВ достигло высоких концентраций: 76–91 мкг/л, то есть превысило ПДК в 1,5–1,8 раз. Кроме того доля УВ в составе липидов в этом районе увеличилась по сравнению с фоном практически в 2 раза (с 32 до 64 %). Все это может свидетельствовать о локальном нефтяном загрязнении.

В Южном океане исследования были начаты практически сразу после выхода судна из порта Кейптаун (рис. 3а), что совпало с северной границей течения ФТАг (фронт течения Агульяс) — 35° 17' ю.ш., которое

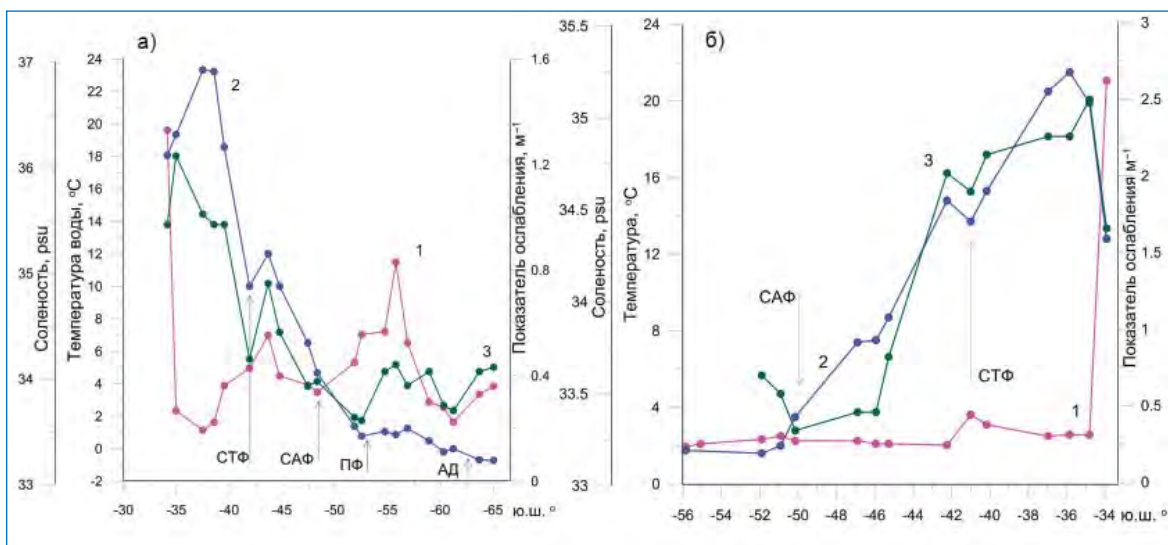


Рис. 3. Распределение показателя ослабления света (1), температуры (2) и солёности (3) в поверхностных водах Южного океана на субмеридиональных разрезах от порта Кейптаун до моря Лазарева в марте (а) и от станции Прогресс до порта Кейптаун в апреле (б) 2014 г.

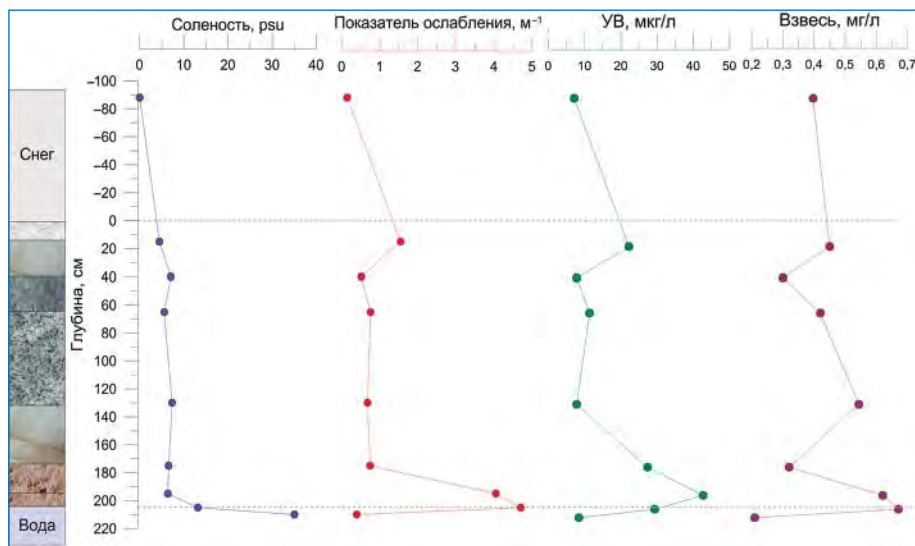


Рис. 4. Распределение солености и показателя ослабления света, взвеси и углеводов в снежно-ледяном покрове припайного льда моря Лазарева.

дами (в среднем в 2 и 10 раз соответственно), то в 2014 г. значения S оказались довольно постоянными и изменялись от 0,18 до 0,42, при средней $0,29 \text{ м}^{-1}$, $\sigma = 0,16$, $\underline{n} = 13$. Поверхностная температура уменьшалась от 0,9 до $-0,6$. Максимальное значение S установлено при минимальной температуре воды.

Изучение снежно-ледяного покрова на припайных льдах. В районе ледового барьера в море Лазарева и в бухте Тала залива Прюдс моря Содружества были отобраны пробы снега и льда. Содержание взвеси в снегу зависит от того, насколько прибрежные холмы закрыты снегом, поэтому ее концентрации оказались в исследуемых районах низкими — $0,140 \text{ м}^{-1}$. Распреде-

принесит теплые воды из северных районов Индийского океана. Южной границей течения считается субтропический фронт (СТФ). В начале разреза значения показателя ослабления света изменялись в противофазе с температурой. Если между распределением солености и температурой в поверхностных водах наблюдалась жесткая зависимость ($r = 0,89$), то между значениями показателя ослабления света, температурой и соленостью эти зависимости отсутствовали: $r_{(T-C)} = -0,25$, $r_{(S-C)} = 0,12$. Поступление к поверхности более холодных вод, богатых биогенами, приводит к увеличению их продуктивности, росту биогенной взвеси и, как следствие, величины S . По мере пересечения течений, значения показателя ослабления света колебались в интервале 0,19–0,57 и в среднем составили $0,38 \text{ м}^{-1}$. По сравнению с февралем–мартом 2010 и 2012 гг. значения S (в среднем $0,44 \text{ м}^{-1}$) уменьшились и изменялись в меньшем интервале, что обусловлено изменчивостью продуктивности поверхностных вод. Если не учитывать экстремальные величины, то в среднем в марте величина S была в 1,4 раза выше, чем в апреле (рис. 3б). Снижение продуктивности поверхностных вод при переходе от лета к зиме приводит к уменьшению биогенной взвеси и, как следствие, значений S в южной части разрезов. Однако, если в 2012 г. при подходе к заливу Прюдс наблюдалось резкое увеличение значений S и хлорофилла «а», по сравнению с более северными мезотрофными во-

дами значений S , взвеси, солености в толще льда в этих двух районах было идентичным. По длине кернов припайного льда происходило неравномерное увеличение концентраций к нижнему слою, образованному конжеляционным непрозрачным кремовым льдом, содержащим однородные органические включения. Послойное образование льда приводит к неравномерному изменению не только солей в нем, но и количества взвеси (рис. 4). В поверхностном слое льда значение показателя ослабления света ($0,28 \text{ м}^{-1}$) было минимальным. Лед горизонтов 30–80, 80–130 и 130–180 см полупрозрачный, местами матовый, имел слоистую структуру с включениями сферических пузырьков воздуха 0,5–1,0 мм. Для этих слоев значения S ($0,55 \text{ м}^{-1}$) оказались в 2 раза выше по сравнению с верхним горизонтом, а в нижнем слое льда по сравнению с подледной водой различались в 11 раз (рис. 4). Такое поведение показателя ослабления света, скорее всего, обусловлено резким возрастанием взвеси биогенного происхождения на границе лед–вода.

При меньшей толщине льда в бухте Тала (80 см) значения S изменялись от $0,14 \text{ м}^{-1}$ в верхнем слое 0–20 см до $1,38 \text{ м}^{-1}$ в слое льда 60–80 см и степень концентрирования взвеси между льдом и подледной водой уменьшалась до 6. На границе лед–вода происходит как механическое концентрирование взвеси, так и фотосинтез водорослей внутри льда, способствующий ее образованию. Толщина льда, топография и морфологические особенности рельефа подледной поверхности, а также подледные течения являются основными факторами, регулирующими распределение взвеси и органических соединений во взвеси.

На материке Антарктида исследование снежно-ледяного покрова и почв были проведены в районе станций Новолазаревская, Дружная-4 и Прогресс и на озерах в акватории этих станций. В снегу, так же как на припайном льду, содержание взвеси оказалось довольно низким. Увеличение концентраций было отмечено в районах ДЭС станций Новолазаревская и Дружная-4.

Многолетние наблюдения за снежно-ледяным покровом, а также водой и почвой, проведенные в районе оз. Степед (район российской станции Прогресс и китайской станции Зонгшан), показали значительную изменчивость концентраций изучаемых соединений и взвеси

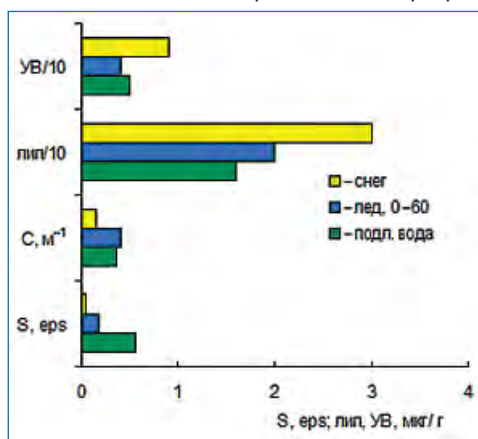


Рис. 5. Изменение углеводов, липидов, показателя ослабления света и солености в снежно-ледяном покрове о. Степед в марте 2014 г.

от года к году. Наиболее высокие величины в снегу для значений S были установлены в 2008 г. – $4,72 \text{ м}^{-1}$. Затем происходило последовательное уменьшение их содержания с минимумом в марте 2014 г. – $0,16 \text{ м}^{-1}$. В 2008 г. лед и вода озера пахли сероводородом и были насыщены водорослями, то есть произошло эвтрофирование экосистемы озера. Однако уже в 2010 г. экосистема озера восстановилась и в его водах запах сероводорода отсутствовал. В 2014 г. содержание взвеси и УВ в снежно-ледяном покрове озера было довольно низким $0,45 \text{ мг/л}$ и $8,00 \text{ мкг/л}$ соответственно (рис. 5). Однако черный осадок из озера, состоящий из детрита и остатков водорослей, пах сероводородом. В придонном слое также был обнаружен сероводород ($0,6 \text{ мл/л}$ по данным гидрохимического отряда). Эпишельфовое оз. Степед образовано благодаря таянию ледников и заплеску соленых вод во время шторма. Интенсивное поступление морских вод способствует восстановлению его экосистемы. Это явление характерно для многих озер, имеющих временную связь с морем. Поэтому эвтрофирование озера может быть вызвано не только антропогенной нагрузкой, но и естественными природными процессами, обусловленными взаимодействием вод озера с морем.

Таким образом, на основании оптических данных и полученных уже сейчас в береговой лаборатории можно заключить, что условия образования снежно-ледяного покрова в значительной степени определяют распределение в нем не только физических, криобиологических, но и геохимических параметров, таких как взвесь. Использование в дополнение к гидрофизическим геохимического подхода позволяет существенно расширить понимание процессов, происходящих в поверхностном слое вод. На пробной станции значения показателя ослабления света морской водой оказались более чувствительным критерием близости дна по сравнению с гидрологическими параметрами. На примере эпишельфового оз. Степед показано, что при низких антарктических температурах происходит достаточно быстрая трансформация взвеси и органических соединений во взвеси. Их уровни обусловлены не только загрязнением, поступающим со станций, но и взаимодействием вод озера с морем.

Надеемся, что в дальнейшем мы сможем освоить больше приборов на борту НЭС «Академик Трёшников» и основные данные получить во время экспедиции.

И.А. Немировская, В.А. Артемьев, З.Ю. Реджепова, А.А. Недоспасов (ИО РАН им. П.П. Ширшова)

ЗАГАДОЧНАЯ КОТЛОВИНА НА ЯМАЛЕ (ПРОДОЛЖЕНИЕ)

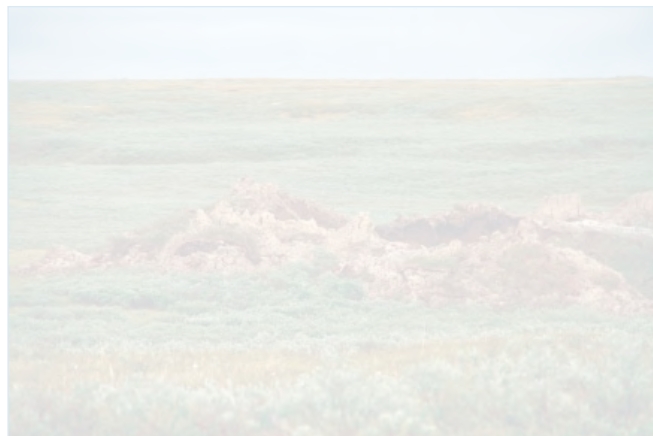
На Ямале ведущие ученые провели комплексное обследование воронки газового выброса

При содействии НП «Российский Центр освоения Арктики», департамента по науке и инновациям, департамента международных и внешнеэкономических связей Ямало-Ненецкого автономного округа завершилась третья экспедиция к ямальской воронке, расположенной на полуострове Ямал вблизи поймы реки Морды-Яха. Впервые с момента ее обнаружения ученым удалось обследовать внутреннюю часть кратера, взять пробы грунта и льда для проведения химического и изотопного анализов, первичных криолитологических исследований.

Как рассказал директор Российского Центра освоения Арктики Владимир Пушкарев, во время первых двух

приездов на воронку, состоявшихся в июле и августе, постоянные обрушения внутренних стен мешали провести полноценные исследования и взять пробы. Ученые констатировали, что с момента обнаружения воронки газового выброса ее контуры заметно изменились. Только 8 ноября, когда все основательно подмерзло, исследователи смогли совершить полноценный спуск.

В рабочую группу по изучению природного явления вошли ученые Института криосферы Земли Сибирского отделения РАН, Института проблем нефти и газа РАН, Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН, Российского государственного университета нефти и газа



Окрестности загадочной котловины.



Главный научный сотрудник Института криосферы Земли Сибирского отделения РАН Марина Лейбман проводит первые наблюдения в окрестностях котловины.