

крейсера 2 ранга «Разбойник», скончавшегося от чахотки в 1895 году. Последний раз ее посещали моряки крейсера «Варяг» в 1916 году. Спустя столетие захоронение было приведено в порядок силами экипажа и экспедиции «Адмирала Владимирского» и взято под опеку представителями Посольства России на Сейшелах. В ряде портов были проведены встречи с соотечественниками, для которых посещение судна под флагом Гидрографической службы ВМФ России стало волнующей встречей с Родиной.

В портах захода проходил интенсивный обмен опытом и информацией с представителями иностранных флотов. Они посещали судно, знакомились с его устройством, оборудованием и историей, достижениями российской гидрографии. В Луанде (столице Республики Ангола) судно посетили 24 курсанта-гидрографа Военно-морской школы ВМС Анголы. Их сопровождал адмирал Лоуренсо — начальник Департамента гидрографии ВМС и три курсовых офицера. Для ангольских курсантов были проведены практические занятия по производству гидрологических и гидрометеорологических измерений, в том числе показана постановка разовой дрейфующей океанографической станции.

Информация о походе публиковалась на страницах журнала «Морской сборник» — официального издания Военно-морского флота России (автор, в качестве специального

корреспондента, представлял его на борту судна), на сайте Русского географического общества (rgo.ru), в соответствии с полученным от руководства Штаб-квартиры РГО в Санкт-Петербурге экспедиционным заданием. По итогам похода автором совместно с А.М. Васильевым, участником похода, фотографом, председателем правления общественной организации «Морской Арт Клуб», руководителем международного фестиваля «Россия Морская» (мероприятия которого проходили на борту судна), подготовлена книга-альбом «Адмирал Владимирский». Поход к берегам Антарктиды 2015–2016», в которой приведена подробная хроника похода, история судна, материалы по истории стран заходов, открытия и исследования Антарктиды, сопровождающиеся художественными фотографиями и мультимедиа-приложением.

Антарктический поход ОИС «Адмирал Владимирский» отчетливо показал, что российский флот вновь вышел на просторы Мирового океана и способен решать поставленные задачи в любой его точке. Хочется надеяться, что впереди у судна и его моряков немало новых и интересных задач.

Н.А. Кузнецов,

участник похода ОИС «Адмирал Владимирский».

Фото предоставлены автором

СЕЗОННЫЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ И ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ РАБОТЫ НА СТАНЦИИ НОВОЛАЗАРЕВСКАЯ В ПЕРИОД 61-й РОССИЙСКОЙ АНТАРКТИЧЕСКОЙ ЭКСПЕДИЦИИ

Сотрудница Тихоокеанского океанологического института ДВО РАН (ТОИ ДВО РАН) Т.А. Михайлик приняла участие в летнем сезоне 61-й Российской антарктической экспедиции (РАЭ) с программой мониторинга озер оазиса Ширмахера (научный руководитель программы — канд. геогр. наук, доц. И.В. Федорова). Основной целью программы полевых работ было получение новых данных об особенностях формирования и современного состояния водных экосистем оазиса Ширмахера в условиях меняющегося климата, изменения характера оледенения и антропогенного влияния. Работы продолжили начатые еще в 2006 году гидроэкологические наблюдения на водоемах оазиса в рамках государственной программы РФ «Охрана окружающей среды» подпрограммы «Организация и обеспечение работ и научных исследований в Антарктике».

Станция Новолазаревская (70° 46' ю.ш., 11° 50' в.д.) расположена на юго-восточной оконечности оазиса Ширмахера (Земля Королевы Мод, Восточная Антарктида), примерно в 80 км от берега Южного океана (моря Лазарева). К северу от станции простирается шельфовый ледник со слабоволнистой поверхностью, заканчивающийся ледниковым куполом. С юга подходит склон материкового ледникового щита, который уже на расстоянии 50 км от оазиса достигает высоты 1000 м. Длина оазиса составляет около 17 км, он вытянут узкой полосой шириной до трех километров в направлении с запада-северо-запада на восток-юго-восток и имеет площадь порядка 30 км². Рельеф оазиса представлен мелкосопочником с абсолютными отметками до 228 км над уровнем моря^{1,2}.

¹ Короткевич Е.С. Полярные пустыни. Л.: Гидрометеиздат, 1972. 420 с.

² Симонов И.М. Оазисы восточной Антарктиды. Л.: Гидрометеиздат, 1971. 176 с.

Межсopочные понижения, углубленные ледниковой эрозией, частично заняты тальми водами. Озера соединяются между собой руслами временных водотоков, появляющихся в летние месяцы². В середине лета, в период интенсивного таяния снежников и ледникового склона, примыкающего к оазису Ширмахера, площадь некоторых озер значительно увеличивается. Появляются многочисленные озера, площадь которых составляет несколько десятков квадратных метров. Однако в последние десятилетия отмечается иссушение оазиса и уменьшение площади снежников, питающих гидрографическую сеть оазиса. Всего озер в оазисе насчитывается до 180².

Работы выполнялись с периодом с 3 декабря 2015 года по 22 февраля 2016 года. По прибытии на станцию Новолазаревская были выполнены ознакомительные пешие маршруты, в ходе которых определялись объекты исследования (в основном это гидрографическая сеть эпিশельфового оз. Привальное), целостность ранее установленных водомерных рек. Были возобновлены водомерные и гидрометрические измерения (скорости течения и расчет расходов воды) на озерах Верхнее, Смирнова и Глубокое, а также на ручьях, вытекающих из оз. Станционное, оз. Поморника и оз. Глубокое. Состояние ледового и снежного покрова в районах работ наблюдалось визуально. Гидрохимические исследования велись практически на всех озерах оазиса, начиная от озер на восточной оконечности оазиса до оз. Зигзаг на западной его части. Добираться до удаленных озер без привлечения транспортных средств было самым сложным испытанием: в течение всего сезона приходилось организовывать пешие маршруты по 20–40 км ежедневно с целью отбора проб воды для дальнейших исследований. Благодаря доброжелательному отношению и помощи начальника станции и полярников, участников 60-й

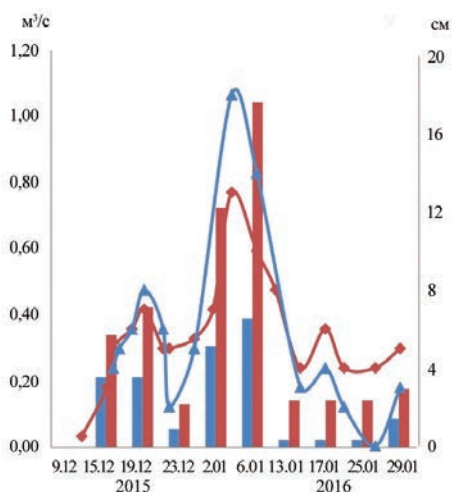


Рис. 1. Измеренные уровень воды (см) на озерах Поморника (красная линия) и Смирнова (синяя линия), а также расходы воды ($\text{m}^3/\text{с}$) на ручьях, вытекающих из оз. Поморника (красные столбики) и оз. Смирнова (синие столбики).

РАЭ и сезонников 61-й РАЭ, было исследовано 87 озер, отобрано порядка 227 проб воды и снега и пройдено в маршрутах порядка 650 км.

Гидрологические наблюдения. На временных водотоках гидрографической сети оз. Привальное проводились наблюдения за уровнем воды на речном водомерном посту и за скоростями течения в различные фазы водного режима (периоды таяния ледника и снежников в летний период). Измерения скоростей течения выполнялись при помощи гидрометрической вертушки ГР-21М в соответствии с «Наставлением гидрометеорологическим станциям и постам» (1975). Период активного таяния льда и снега наблюдался с середины декабря 2015 года по конец января 2016 года. Измерение расходов воды на водотоках проводилось в период с 7 декабря 2015 года по 22 февраля 2016 года, значения расходов в графической форме представлены на рис. 1. Как показали наблюдения за изменением уровня воды в ручьях, максимальный сток наблюдался в начале января (1–6 января 2016 года), после чего начался постепенный спад. Отмечались периоды небольших кратковременных подъемов и спадов уровня воды, что напрямую связано с температурным режимом. Расход воды на водотоке из оз. Смирнова достиг $0,39 \text{ m}^3/\text{с}$, из оз. Поморника — $1,04 \text{ m}^3/\text{с}$. Уровень воды за период наблюдений в ручьях увеличился на 18 см и 13 см соответственно.

В летний сезон 2015–2016 годов на озерах в районе ст. Новолазаревская произошли наблюдаемые практически каждый год прорывы воды на трех озерах. Озеро Ледяное прорвало первым 6 января 2016 года — водные массы водопадом перетекли в нижележащее озеро (озеро без названия с координатами $70^\circ 46' 41,5'' \text{ ю.ш.}, 11^\circ 50' 15,9'' \text{ в.д.}$), и далее из него вода

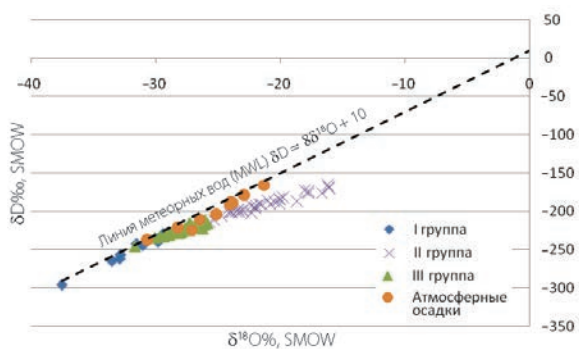


Рис. 2. Изотопный состав кислорода и водорода рассматриваемых озер оазиса Ширмахера.

сильным потоком через снежник ушла в оз. Станционное. Одновременно с этим произошел прорыв оз. Станционное и далее, водопадом, в эпишельфовое оз. Привальное. Оз. Глубокое прорвалось в ночь с 1 на 2 февраля 2016 года. До этого шло накопление воды в озере — уровень воды поднялся более чем на 1 м. После прорыва уровень воды упал на 98 см буквально за несколько часов.

В течение сезона отмечено, что все эпишельфовые озера (рис. 4) оазиса не оттаяли, ото льда частично освободилась южная, примыкающая к мелкосопочнику, часть водоемов. Большинство внутренних озер оазиса освобождаются ото льда только на 50–100 %.

Гидрохимические исследования за исследуемый период (декабрь 2015 года — январь 2016 года) проводились на 87 водоемах оазиса. Отобрана 21 проба воды для дальнейшего анализа на содержание биогенных веществ и 50 проб для проведения полного гидрохимического анализа, 27 проб на содержание зоопланктона, 109 проб на измерение изотопного состава воды ($\delta^{18}\text{O}$, δD) и 10 проб снега. В ряде озер для проведения работ выполнялось бурение поверхностного льда с помощью кольцевого ручного бура. Гидрохимические экспресс-анализы выполнены во всех водоемах при помощи портативного прибора YSI Professional Plus с поверхности водоемов и включали в себя измерение температуры воды, водородного показателя pH, электропроводности, минерализации, содержания растворенного кислорода. Измерения изотопного состава воды далее были выполнены в лаборатории гидрохимии ТОИ ДВО РАН с помощью лазерного анализатора Picarro L-2130-i. В качестве стандарта использовались стандарты МАГАТЭ VSMOW-2, GISP и SLAP. Воспроизводимость измерений, определенная путем повторного измерения проб, оказалась равной $0,05 \text{ ‰}$ для $\delta^{18}\text{O}$ и $0,5 \text{ ‰}$ для δD .

По изотопному составу воды все озера оазиса могут быть разделены на четыре группы (I, II, III, IV) (рис. 2). I группа — озера южной части оазиса, которые питаются преимущественно тальми ледниковыми водами и имеют сток. II группа — небольшие бессточные водоемы с ограниченным питанием, располагающиеся в центре и на севере оазиса, на водораздельных пространствах. Водоемы III группы имеют смешанное снежно-ледниковое питание и сток в летний период года. IV группа представлена глубокими эпишельфовыми озерами.

Гидрохимические параметры озер имеют довольно большой диапазон и изменяются в течение всего летнего сезона с момента покрытия льдом и до окончания таяния. В таблице приведены минимальные, максимальные и средние значения некоторых гидрохимических показателей для каждой из четырех групп рассматриваемых озер оазиса Ширмахера.

Таким образом, на основании полученных в летний сезон 61-й РАЭ данных и ранее опубликованных исследований³ можно охарактеризовать полученные группы озер.

В первую (I) группу входят сточные озера южной части оазиса, питающиеся преимущественно тальми ледниковыми водами. Воды данной группы озер значительно обогащены легкими изотопами, характеризуются значениями $\delta\text{D} = -227,4 \dots -295,9 \text{ ‰}$ и $\delta^{18}\text{O} = -28,9 \dots -37,5 \text{ ‰}$. Для них характерны низкие температуры и самая низкая минерализация по сравнению с другими группами озер (см. табл.). Содержание растворенного кислорода в среднем не отличается от III и

³ Федорова И.В., Веркулич С.Р., Потапова Т.М., Четверова А.А. Оценка послеледникового развития озер оазиса Ширмахера (Восточная Антарктида) на основе гидролого-геохимических и палеогеографических исследований // Вклад России в МПГ 2007/2008. Полярная криосфера воды и суши / Под ред. В.М. Котлякова. М.: СПб.: ООО «Паулсен», 2011. С. 242–251.

Таблица

Гидрохимические параметры озера оазиса Ширмахера по данным, полученным в летний сезон 61-й РАЭ

Характеристика	I группа	II группа	III группа	IV группа
Температура воды, °С	0,1–4,3 1,7	1,5–15,8 7,3	0,3–10,8 5,4	0,1–2,0 0,8
Растворенный кислород, мг/л	8,44–12,63 10,64	7,52–12,42 9,98	8,12–12,82 10,65	9,63–13,04 10,81
Минерализация, мг/л	3,9–20,8 10,7	15,6–962 159,92	7,15–87,75 20,38	39,0–91,0 61,24
Водородный показатель, pH	4,15–6,19 5,36	4,99–7,67 6,68	3,88–7,0 5,61	4,31–6,64 5,43
Хлорофилл «а», мкг/л	0,1–0,47 0,3	0,12–1,65 0,74	0,19–1,23 0,35	–
Взвешенное вещество, мг/л	0,27–1,93 0,98	0,31–5,13 1,6	0,15–3,3 1,6	0,4–7,06 2,92

Примечание. В числителе указан диапазон значений, в знаменателе – среднее значение, «–» – нет данных

IV группы. Также для данной группы озера наблюдаются самые низкие значения хлорофилла «а» и взвешенного вещества.

Вторую (II) отчетливую группу составляют небольшие бессточные водоемы с ограниченным водным питанием, расположенные в центре оазиса на водораздельных пространствах и в северной части. Озера данной группы из-за своих небольших размеров хорошо прогреваются в летнее время, и содержание кислорода в них ниже, чем в озерах других групп, а минерализация отдельных озера этой группы возрастает в летний сезон до 960 мг/л, в связи с разбавлением солей, находящихся на дне озерных ванн¹.

Концентрации хлорофилла «а» и взвешенного вещества в данной группе выше, чем в I и III группах озера. Значения pH данной группы характеризует водоемы как нейтральные и слабощелочные. В летнее время поверхность оазиса, благодаря сильному поглощению солнечной энергии темной поверхностью озерного дна и незначительным альбедо, получает солнечного тепла в 3 раза больше, чем окружающая снежно-ледяная поверхность. Скальная поверхность оазиса иногда нагревается до +26 °С, а температура приземного слоя воздуха повышается до +5 °С. Относительная влажность воздуха в среднем за год не превышает 52 %. При таких условиях происходит сильное испарение с поверхности озера, что подтверждается отклонением изотопного состава вод

данной группы от линии метеорных вод (см. рис. 2). Воды второй группы озера значительно обогащены тяжелыми изотопами, характеризуются значениями $\delta D = -166,01... -213,98$ ‰ и $\delta^{18}O = -16,17... -25,69$ ‰.

Промежуточные гидрохимические характеристики имеют озера третьей группы (III) со смешанным снежно-ледниковым питанием, летним стоком и слабой минерализацией. В зависимости от размера и глубины в летний период озера этой группыгреваются от +0,3 °С до +10,8 °С. Воды данной группы характеризуются значениями $\delta D = -211,63... -245,72$ ‰ и $\delta^{18}O = -26,07... -31,65$ ‰.

Четвертую, малочисленную, группу (IV) составляют глубокие эпишельфовые озера, которые не оттаивают круглый год (летом бывают только закраины у берегов). Для озера этой группы характерны низкие температуры воды, повышенное содержание кислорода, небольшая минерализация до 100 мг/л. Содержание взвешенного вещества в эпишельфовых водоемах выше по сравнению с озерами других групп, т.к. они являются приемными водоемами стекающих с поверхности оазиса ручьев и временных водотоков, которые приносят с собой взвешенные частицы. Воды данной группы характеризуются значениями изотопов воды $\delta D = -224,46... -250,51$ ‰ и $\delta^{18}O = -28,48... -31,73$ ‰.

Таким образом, в период летнего сезона 2015/16 годов был продолжен мониторинг гидрологических и гидрохимических показателей водотоков и озера оазиса Ширмахера. Получены новые сведения по содержанию хлорофилла «а» и изотопному составу вод. Сравнивая новые результаты, полученные в период работы 61-й РАЭ, с результатами предыдущих исследований, можно отметить схожие значения по многим показателям. Однако в другие летние сезоны³ были отмечены более высокие значения водородного показателя и содержания растворенного кислорода. Скорее всего, это связано с точностью приборов и метеорологическими показателями данного сезона. Дальнейшие анализы содержания биогенных элементов и ионного состава вод, которые планируется сделать, дадут более четкую картину возможных изменений в экосистемах озера оазиса Ширмахера.

Т.А. Михайлик (ТОИ ДВО РАН),
И.В. Фёдорова (ААНИИ).
Фото Т.А. Михайлик.

Рис. 4. Эпишельфовое озеро Ожидания.

