

**Академик РАН Г.Г. Матишов, А.Н. Зуев, В.А. Голубев, В.В. Денисов**

## **К проблеме построения океанологических климатических CD-атласов (на примере морей Северо-Запада России)**

*Мурманский морской биологический институт*

Поступила в редакцию 21.12.99 г.

Описаны особенности формирования океанографической базы данных Мурманского морского биологического института, предназначенной для проведения климатических исследований по региону Баренцева, Карского, Белого морей. База данных содержит информацию, собранную мореведческими организациями России, США, Англии, Германии, Норвегии и Польши за последние 100 лет. Данные были получены ММБИ при проведении собственных экспедиций, из литературных источников, а также при обмене с другими научными организациями в России и за рубежом.

В результате специализированного контроля и исключения дубликатов из первоначального количества более чем 1000000 океанографических станций по этому региону выбрано 206300 станций (по таким параметрам, как температура и соленость), подготовленных к использованию и изданию на CD-ROM.

Моря Западной Арктики (Баренцево, Карское и Белое) занимают особое место среди морей Северного Ледовитого океана благодаря своим уникальным природным характеристикам. Проникновение теплых атлантических вод и холода из Арктического бассейна, значительный материковый сток создают здесь аномальные климатические условия, которые имеют различную форму проявления. Резкие вертикальные и горизонтальные градиенты температуры и солености вызывают повышенную динамику и приводят к повышенному энергообмену с атмосферой, определяющему климат обширного региона.

Одновременно этот район (особенно Баренцево море) является одним из богатейших промысловых районов Мирового океана. Сотни судов разных стран ведут здесь промысел ценных пород рыб и беспозвоночных. Морепродукты из Баренцева моря входят в рацион питания значительной части населения Европы и азиатских районов России. Биологическая продуктивность Баренцева моря в большой степени зависит от изменчивости притока теплых атлантических вод. В последнее десятилетие интерес к этому региону еще более возрос в связи с открытием на арктическом шельфе месторождений нефти и газа, а также в связи с проблемами радиационной безопасности. Важным этот район является и с точки зрения мореплавания, так как через незамерзающее Баренцево море осуществляются связи со всем миром и снабжение обширных труднодоступных североазиатских территорий России.

Аномальные океанологические характеристики делают этот регион природной лабораторией по изучению широкого круга вопросов о влиянии океана на климат и распределение морских биоресурсов. Такие исследования требуют серьезного информационного обеспечения, тем более что ситуация на рубеже веков не однозначна: выявленные на ограниченных выборках в этом регионе климатические тренды противоречивы. Поэтому для проведения таких исследований требуется большой объем доступных, надежных и хорошо организованных данных об атмосфере и океане.

Многие страны снаряжали экспедиции в Баренцево море с научными целями. Еще в 1837 г. экспедиция на французском судне «La Recherche» провела измерения температуры поверхности воды в районе Шпицбергена,

достигнув 79°36' с.ш. К 1870 г. эпизодические океанографические наблюдения выполнялись в Баренцевом море уже с нескольких российских судов, а начиная с 1880 г. российские военные и коммерческие суда ежегодно использовались для проведения океанографических наблюдений. В конце XIX в. начался новый этап, связанный с государственной организацией крупных морских экспедиций. К этому времени были созданы международные стандарты и утверждена первая международная схема океанографических наблюдений в Баренцевом море.

В период первой мировой войны океанографические работы в Баренцевом море были приостановлены, но начиная с 1917 г. их объем резко возрос в связи с организацией рыбного промысла и необходимостью освоения северных районов России. В этот же период начали проводиться регулярные океанографические экспедиции и в Карское море. До второй мировой войны практически все материалы океанографических наблюдений публиковались в научных отчетах и могут быть найдены в библиотеках и архивах (подробная библиография этого периода дана в «Климатическом атласе Баренцева моря» [13]).

За этот период в Баренцевом, Карском и Белом морях выполнено более чем 10000 станций. В работу вовлечено не более половины данных. Большая часть недостающих данных может быть найдена в библиотеках, но требуется трудоемкая работа по поиску и оцифровке этих материалов.

До второй мировой войны исследования в регионе проводились различными ведомствами. Созданное в 1938 г. Мурманское территориальное управление гидрометеорологической службы осуществляло мониторинг акватории Баренцева моря, а начиная с 1950-х гг. собирало и накапливало все получаемые по этой акватории океанографические данные (в том числе и от организаций других ведомств). По Белому морю такая работа проводилась совместно с Архангельским территориальным управлением гидрометеорологической службы, а по Карскому – Арктическими территориальными управлениями гидрометеорологической службы (Амдерминским и Диксонским), а также Арктическим и Антарктическим научно-исследовательским институтом (АНИИ, Санкт-Петербург). Небольшой объем наблюдений по Баренцеву морю имеется в Государственном океа-

нографическом институте (Москва). Управления гидрометеорологической службы давно и последовательно занимаются созданием региональных банков данных. Только у Мурманского территориального управления гидрометеорологической службы (МУГМС) общий объем объединенного архива оценивается более чем в 350000 океанографических станций, из которых более 85% уже занесены на технические носители. К сожалению, Роскомгидромет после 1992 г. значительно сократил собственные океанографические работы в море, но оцифровка существующих архивов данных в Мурманском управлении успешно продолжается. До последнего времени в гидрометеорологической службе обмен информацией осуществлялся только централизованно, через Центральный научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации, одновременно выполнявший роль Всемирного центра океанографических данных-В, Обнинск (ВНИИГМИ-МЦД). Значительная часть российских данных, доступных после 1955 г., хранящихся в крупных центрах сбора океанографической информации (Мировой центр данных-А по Океанографии (США), океанографические центры военно-морских сил США и Великобритании), были получены по обмену из ВНИИГМИ-МЦД.

Практически с самого начала океанографические исследования Баренцева, Карского и Белого морей проводились для нужд рыбной промышленности. В 1921 г. был создан Плавающий морской научный институт, на базе которого позднее был организован Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии (ПИНРО). В период с 1921 по 1941 г. ПИНРО было проведено более 100 рейсов и выполнено более 3000 глубоководных станций. Значительна заслуга ПИНРО в установлении системы стандартных океанографических наблюдений на Баренцевом море, проведении сезонных съемок и ежемесячных наблюдений на вековом разрезе «Кольский меридиан» (33°30' в.д.). С апреля 1934 г. до настоящего времени изучение Баренцева

моря проводилось по этой системе, благодаря ей сегодня располагаем уникальным массивом данных.

В послевоенный период огромный объем экспедиционных работ под руководством ученых ПИНРО выполнила «Севрыбпромразведка». До конца 80-х гг. ПИНРО предоставляло океанографические данные во ВНИИГМИ-МЦД и обменивалось информацией с региональными учреждениями гидрометеослужбы. Институт длительное время работал над созданием собственной базы океанографических и промысловых данных и участвовал в обмене данными с организациями аналогичного профиля за границей. Общий объем имеющейся в ПИНРО информации по предварительным оценкам превышает 250000 станций. Однако для общего доступа ПИНРО предоставляет свои данные в ограниченном объеме, главным образом только в рамках международных экспедиций.

С момента создания ММБИ (1935 г.) особенность работы института состоит в том, что исследования, по возможности, проводятся комплексно – гидробиологические наблюдения сопровождаются геофизическими (радиоактивность), океанографическими, метеорологическими, геологическими и литодинамическими. В библиотеке института собраны отчеты и монографии, содержащие результаты наблюдений в Баренцевом, Карском, Белом морях, прилегающих районах Северной Атлантики и Северного Ледовитого океана с 1898 г. (табл. 1). Общий объем этих результатов по предварительным оценкам составляет:

- не менее 30 тыс. океанографических станций;
- несколько тысяч станций наблюдений за радиационным загрязнением среды;
- порядка 25 тыс. станций гидробиологических наблюдений;
- десятки тысяч наблюдений за морскими млекопитающими, птицами, рыбами, донными животными, промысловые и другие данные.

Таблица 1

**Состояние базы данных Мурманского морского биологического института по регионам Баренцева, Карского, Белого морей и Северо-Восточной Атлантике (количество станций, числитель – всего, знаменатель – собственные данные ММБИ)**

| Состав наблюдений                          | Период наблюдений (год) | Оценка объема | Оцифровано    |
|--|-------------------------|---------------|---------------|
| Сопутствующие метеорологические наблюдения | 1898 –                  | 100000        | 10000         |
|  | по наст. время          | 10000         | 5500          |
| Физические параметры морской среды         | 1898 –                  | более 1000000 | более 1000000 |
|  | по наст. время          | 30000         | 12500         |
| Химические параметры морской среды         | 1898 –                  | 55000         | 25000         |
|  | по наст. время          | 20000         | 10000         |
| Загрязнение                                | 1984 –                  | 5500          | 2000          |
|  | по наст. время          | 3500          | 1500          |
| Загрязнение радиоактивное                  | 1988 –                  | 2000–3000     | 200           |
|  | по наст. время          | 2000–3000     | 200           |
| Планктон                                   | 1954 –                  | 50000         | 5000          |
|  | по наст. время          | 20000         | 3500          |
| Бентос                                     | 1935 –                  | 500           | 100           |
|  | по наст. время          | 300           | 100           |
| Рыбы                                       | 1953 –                  | 100           | 100           |
|  | по наст. время          | 100           | 100           |
| Птицы                                      | 1988 –                  | 10000*        | 1000*         |
|  | по наст. время          | 10000*        | 1000*         |
| Морские млекопитающие                      | 1984 –                  | 10000*        | 1000*         |
|  | по наст. время          | 10000*        | 1000*         |

\* Отдельные наблюдения.

Даже в сложных финансово-экономических условиях последних 10 лет ММБИ проводил не менее 5–6 комплексных морских экспедиций ежегодно и количество информации, полученной институтом, удваивается примерно каждые 5–6 лет. Кроме того, в архиве института по данному региону хранятся еще около 75 тыс. океанографических и гидробиологических станций, полученных по межведомственному региональному обмену, и более 1000000 станций, полученных на технических носителях в рамках международного обмена только по районам Северо-Восточной Атлантики, Баренцева, Карского и Белого морей. Всего по международному обмену получено более 6,5 млн. океанографических станций по всему Мировому океану.

Подробнее история создания базы данных ММБИ рассмотрена в ряде ранее опубликованных работ [2–4]. Долгое время данные накапливались в архиве института, в основном в виде таблиц, журналов наблюдения и бортовых книжек. Только ограниченная часть полученной информации заносилась на технические носители ЭВМ, причем работы выполнялись бессистемно, как правило, самими исследователями. Многие материалы оседали в индивидуальных информационных базах и научных архивах. Это было обусловлено отсутствием современной технологии работы с данными и, прежде всего, технологии формирования баз данных на технических носителях ЭВМ, а также недостаточным финансированием работ по формированию ведомственной информационной базы.

Для бумажных носителей информации и частных баз данных наиболее велика вероятность их утраты как по техническим причинам (из-за физического и морального старения носителей, незащищенности, отсутствия копий и т. д.), так и по причине потери личных баз с уходом или изменением научных интересов владельца. Кроме того, затруднены использование этих данных в научной работе и обмен ими между сотрудниками института и с коллегами в стране и за рубежом.

Такое положение существует не только в ММБИ, и даже не только в России. Этим было обусловлено появление международного проекта «Глобальные океанографические данные. Археология и Спасение» (GODAR), принятого к реализации на 17-й сессии Межправительственной океанографической комиссии UNESCO в марте 1993 г. в Париже [11, 12]. Куратором проекта назначен Мировой центр океанографических данных-А / Национальный центр океанографических данных США (NODC). В рамках проекта владельцы информации получают финансовую и техническую помощь для создания собственных баз океанографических и гидробиологических данных. Материалы, не имеющие ведомственных и национальных ограничений, поступали в общий фонд, предназначенный для проведения климатических исследований, и, таким образом, становились доступными международной научной обществу. Очень важным элементом работы по проекту GODAR являются разработка и стандартизация методов контроля разнообразной океанологической и гидробиологической информации, без чего невозможно создание единой базы. В работе по этому проекту ММБИ принимает активное участие в течение последних шести лет.

Первоначально информация в общий фонд принималась от участников проекта в произвольной форме (так, как она готовилась исполнителями) и с минимальными ограничениями. Однако по мере развития проекта GODAR и привлечения к нему новых участников такое решение стало серьезным препятствием. Как выяснилось, имеющиеся в

разных странах базы на технических носителях, а также собственные форматы далеко не всегда соответствуют даже минимальным требованиям по формированию базы данных [3]. Поэтому в рамках международного проекта GODAR специалисты ММБИ и NODC разработали универсальную информационную технологию для формирования и контроля базы данных наблюдений за состоянием природной среды и живыми организмами. Подробнее эта система описана в работе [1].

Главными особенностями этой реализованной на персональном компьютере технологии являются универсальность и простота работы с данными, а также их комплексный контроль. Такая технология использовалась в ММБИ для формирования базы данных судовых экспедиционных наблюдений за гидрохимическими, гидробиологическими параметрами, планктоном и состоянием химического, нефтяного и радиоактивного загрязнения Баренцева и Карского морей. NODC использовал эту методику при формировании базы океанографических данных в экваториальной части Тихого океана по информации, предоставленной экваторскими, австралийскими и французскими участниками международного эксперимента «El-Ninjo» в 1962–1963 гг. Во всех случаях технология показала достаточную гибкость при настройке на новые виды информации, устойчивость, надежность и удобство в работе. Сейчас ведется большая и длительная работа по конвертированию всей базы данных ММБИ в единый формат.

Одна из главных задач, без решения которой невозможно проводить широкомасштабные климатические исследования, – это обеспечение свободного доступа к создаваемой базе данных всех исследователей. Наиболее эффективным способом такого доступа, который представляют современные технологии, является тиражирование информации на лазерных дисках.

Первый опыт создания многодисциплинарного массива – это подготовленный к изданию в США лазерный диск «ММБИ BioBase, 1999». Была впервые практически реализована разработанная универсальная технология формирования гидробиологических баз данных, когда в едином визуальном доступном и понятном для любого пользователя формате разнородные данные объединялись в единый массив. На диске помещены около 3000 станций из архивов ММБИ и литературных источников за 1919–1999 гг. по Баренцеву, Карскому и Белому морям, содержащих информацию о планктоне, бентосе, результаты непрерывной регистрации концентрации хлорофилла и сопутствующие им океанографические разовые и серийные станции. Кроме этого, занесены программные средства для формирования комплексной базы данных и контроля ее качества вместе со справочной информацией, а именно: списки видов фито- и зоопланктона, альбом фотографий доминирующих видов, контуры побережья Баренцева, Карского и Белого морей, которые использовались при контроле данных, карты распределения наблюдений по видам, периодам и многое другое.

Такие базы данных позволяют выполнять непосредственное сопоставление климатических изменений среды и состояния биоты. Однако конвертирование и контроль огромного многодисциплинарного массива представляют собой очень сложную, трудоемкую и долговременную работу. Поэтому наряду с подготовкой к изданию полного научного архива ММБИ ведутся работы по изданию тематических архивов и атласов.

Первый такой опыт – разработка и выпуск ММБИ и NODC лазерного диска «Климатический атлас Баренцева моря, 1898–1993, Диск 1, Версия апрель 1998 г.» [13].

Этот компакт-диск содержит профили температуры, солености и концентрации растворенного кислорода за период 1898–1993 гг. На диске помещена информация, полученная при помощи всех видов приборов, которыми велись океанографические наблюдения в этот период. Данные выбраны в официальных границах Баренцева моря и северной части Горла Белого моря. Процедура обработки и состав данных описаны в отчете, который содержится на диске, а также прилагается к CD.

На диске собраны данные 75 тыс. океанографических станций. На всех станциях проводились наблюдения за температурой воды, на 52 тыс. станций имеются наблюдения за соленостью. На более чем 3 тыс. станций, кроме того, дополнительно измерено содержание кислорода в морской воде. Однако в отдельные годы различные районы освещены наблюдениями очень неравномерно. Для того чтобы дать исследователям возможность выбора периода исследований, в Атлас помещены карты распределения наблюдений за каждый месяц этого периода.

Автоматизированный комплекс программ, использованный для обработки и контроля данных CD-ROM, в основном соответствует процедурам, принятым Международной океанографической комиссией UNESCO [5, 14]. Однако значительная вертикальная изменчивость гидрологических параметров в Баренцевом море стала причиной принятия более строгих по сравнению со стандартными ограничений при вертикальной интерполяции [13]. При контроле выполняются проверка правильности форматов данных, последовательного возрастания горизонтов наблюдений, расчет вертикальной плотностной устойчивости вод [5]. Данные сортируются по времени, и исключаются дубликаты станций. Устраняются также значения параметров, выходящие за пределы 3 $\sigma$ . Расчеты выполняются отдельно для каждого месяца и горизонта наблюдения.

В Атласе приводятся карты объективного анализа полей температуры и солености на стандартных горизонтах.

Процедура объективного анализа данных, использованная в этой работе для построения таких карт, близка схеме расчета пространственного распределения данных и построения карт [12]. Существенные дополнения алгоритма связаны с необходимостью учета пространственной неоднородности океанографических полей Баренцева моря. Выбранные параметры анализа данных позволили полностью формализовать процедуру построения климатических полей. Все построенные карты приводятся без экспертной правки, включая прибрежную зону летом.

Временные серии и помесичные карты показывают периоды в базе данных, наименее обеспеченные наблюдениями. Но для Баренцева моря в это время наблюдения все же проводились, и их результаты были опубликованы в открытой печати. Поэтому такие периоды должны рассматриваться как ориентиры и заполняться в первую очередь при дальнейшем формировании базы данных.

Несмотря на имеющиеся пропуски в данных, можно проследить определенную цикличность в межгодовой изменчивости температуры и солености на разрезе по «Кольскому меридиану», что отмечалось в работах многих исследователей. Естественно, что межгодовые климатические изменения не могут быть ниже погрешности измерений. Следовательно, по этим графикам можно сформулировать требования к точности измерений (в первую очередь солености), а соответствующие критерии предполагается использовать при разработке методов контроля качества данных и их отбора для расчета климатических характеристик.

Поскольку лазерный диск содержит все программы для расчетов и необходимые данные, то полученные климатические характеристики воспроизводимы каждым пользователем CD-ROM. Исследователь может выполнить выборку данных и их анализ для произвольного горизонта, периода и района наблюдений. Это является принципиальным основным отличием настоящей работы от предыдущих работ подобного типа, помимо того что по Баренцеву морю таких работ не было вообще.

Таблица 2

Источники получения данных

| № п/п | Код | Источник данных (полное и сокращенное название)  | Период наблюдений |
|-------|-----|--|-------------------|
| 1     | U   | Национальный центр океанографических данных – Мировой центр данных-A (NODC):<br>а) данные, собранные ранее при подготовке CD-ROM: «Climatic atlas of the Barents Sea 1998». (Matishov G. et al., 1998) (CL. Atlas)<br>б) CD-ROM: World Ocean Data Base Atlas-1998, Volume 1, 3 (WA-1998)                   | 1898–1996         |
| 2     | M   | Данные из научного архива Мурманского морского биологического института (ММБИ):<br>а) данные, собранные ранее при подготовке CD-ROM: «Climatic atlas of the Barents Sea 1998». (Matishov G. et al., 1998) (CL. Atlas)<br>б) новые данные, подготовленные ММБИ в рамках международного проекта GODAR (ММБИ) | 1903–1997         |
| 3*    | C   | Служба навигации военно-морского флота США (US Navy)   | 1901–1996         |
| 4*    | K   | Служба навигации военно-морского флота Англии (UK Navy)  | 1900–1996         |
| 5*    | D   | Институт полярных и морских исследований Альфреда Вегенера, Германия (AWI)   | 1987–1998         |
| 6*    | P   | Институт океанологии Польской академии наук (IOPAN)  | 1988–1997         |
| 7*    | E   | Совместная Русско-Американская рабочая группа по исследованию окружающей среды (EWG)   | 1989–1995         |
| 8*    | I   | CD-ROM: Eastern Arctic Ice, Ocean and Atmosphere Data, Volume 1, 1991 (CEAREX)   | 1905–1989         |
| 9*    | F   | Служба навигации военно-морского флота Норвегии (N Navy)   | 1992–1998         |
| 10*   | N   | Норвежский полярный институт (NPI)   | 1959–1995         |
| 11*   | B   | Данные автоматических дрейфующих буев SALARGOS Службы навигации военно-морского флота США (ARGOS)  | 1988–1992         |

\* Данные получены от администрации ACSYS-проекта.

В 1999 г. ММБИ совместно с администрацией международного проекта «Исследование климатической системы Арктики» (ACSYS) разработали новый лазерный диск «BarKode-1999» [10]. Используемая информационная технология является развитием методики, которую применяли при подготовке «Климатического атласа Баренцева моря» [13]. Собранная при формировании этого атласа информация полностью включена в результирующую базу данных. Кроме того, были использованы данные для Баренцева, Карского и Белого морей, полученные из других источников и предоставленные администрацией проекта ACSYS.

Мореведческие организации, представившие океанографические данные в этом диске, перечислены в табл. 2. Кроме того, данные NODC и ММБИ, собранные ранее при формировании «Климатического атласа Баренцева моря» [13], были пополнены информацией, полученной с CD-ROM «World Ocean Data Base Atlas-1998» [8].

Всего из источников поступления информации по районам Баренцева, Карского и Белого морей для первичной обработки было выбрано более 1000000 океанографических станций за период с 1898 по 1998 г. (табл. 3). После объединения всех данных, проведения контроля качества и устранения дубликатов осталось около 200 тыс. станций (рис. 1), которые помещены на CD-ROM.

Таблица 3

Количество океанологических станций, полученное из разных источников

| № п/п | Источник |                     | Количество станций в процессе контроля |                |                         | Количество станций после исключения дубликатов |            |        |             |        |
|-------|----------|---------------------|--|----------------|-------------------------|--|------------|--------|-------------|--------|
|       | Код      | Наименование        | Всего выбранное                        | Внутри региона | После контроля качества | Собственных (ММБИ)                             | Российских | Других | Неизвестных | Всего  |
| 1     | U        | CL. Atlas           | 458334                                 |                |                         |  |            |        |             |        |
|       |          | WA-1998             | 192101                                 |                |                         |  |            |        |             |        |
| 2     | M        | Всего NODC          | 650435                                 | 404979         | 3222001                 | 3357   | 41571      | 48684  | 1577        | 95189  |
|       |          | CL. Atlas 1988–1999 | 101957                                 |                |                         |  |            |        |             |        |
|       |          | Всего ММБИ          | 105556                                 | 93996          | 68792                   | 6384   | 22130      | 59     |             | 22189  |
| 3     | C        | US Navy             | 63343                                  | 61774          | 53806                   | 42045  |            |        |             | 42045  |
| 4     | K        | UK Navy             | 43066                                  | 43038          | 34814                   | 5431   | 3450       | 8272   | 53          | 17206  |
| 5     | D        | AWI                 | 342                                    | 327            | 205                     | 205  |            |        |             | 205    |
| 6     | P        | IOPAN               | 604                                    | 585            | 448                     | 406  |            |        |             | 406    |
| 7     | E        | EWG                 | 863                                    | 471            | 287                     |  | 232        |        |             | 232    |
| 8     | I        | CEAREX              | 3281                                   | 2245           | 2009                    | –  | –          | 396    | 158         | 555    |
| 9     | F        | N Navy              | 536                                    | 508            | 309                     | 309  | –          | –      | –           | 309    |
| 10    | N        | NPI                 | 7031                                   | 6528           | 3386                    | 952  | 2304       | 19     | 61          | 3336   |
| 11    | B        | ARGOS               | 172717                                 | 24693          | 24628                   | 24628  | –          | –      | –           | 24628  |
|       |          | Всего               | 1047774                                | 639144         | 510885                  | 83717  | 69687      | 57430  | 1849        | 206300 |

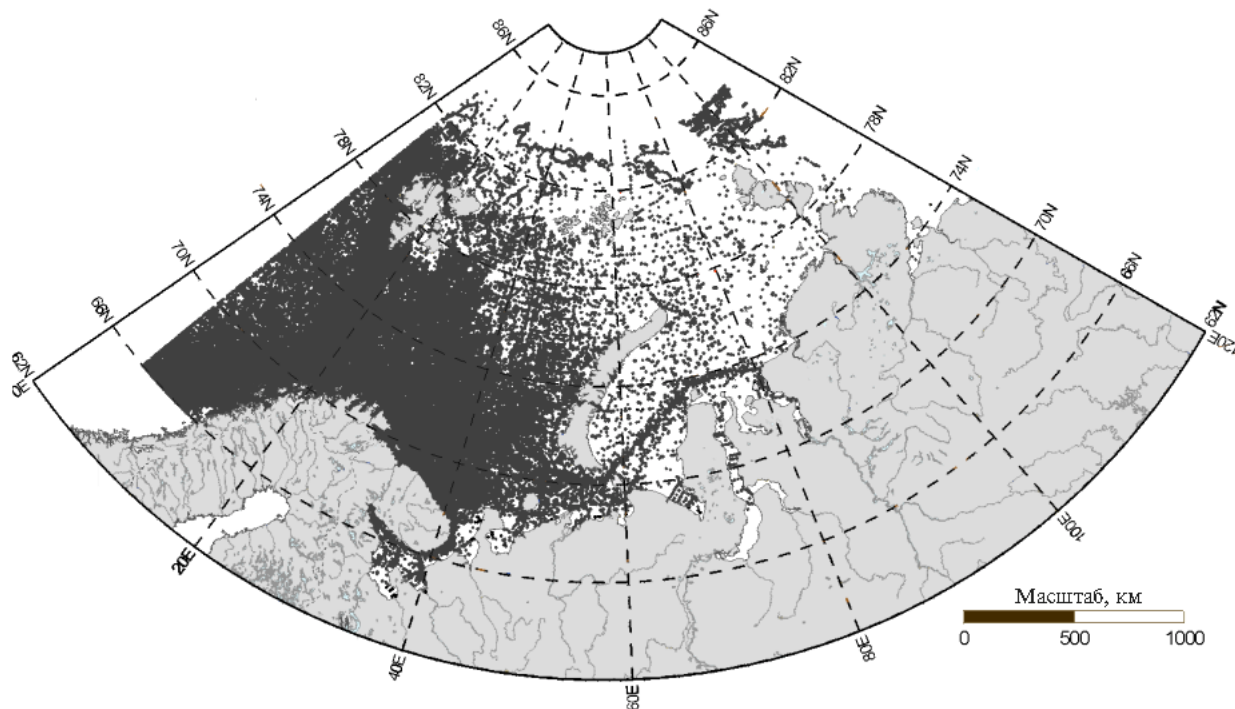


Рис. 1. Распределение 206300 океанографических станций базы данных ММБИ

Существенные усовершенствования методики формирования этой базы данных по сравнению с технологией, использованной при формировании «Климатического атласа...», касаются следующих моментов:

а) для каждой океанографической станции сохраняется призначная часть, позволяющая установить источник получения данных (а в некоторых случаях страну и наблюдательскую платформу) и, кроме того, результаты тестирования и корректировки данных на различных этапах обработки;

б) при контроле попадания станций на берег использовались наиболее точные контуры берега, полученные с CD-ROM [6]. На этом этапе было забраковано 450 станций (около 1% от общего количества) из-за того, что они находятся на расстоянии более 5 км от линии берега в глубь суши;

в) кроме того, проверялись глубины станции (и/или последнего горизонта) с использованием сеточной базы данных по рельефу дна океанов и морей 5'×5' US NODC [7]. В качестве допустимой ошибки была принята величина 12,5% от максимальной глубины в районе выполнения станции (для глубин более 25 м). Из-за ошибок в глубинах было забраковано почти 19% (около 120 тыс.) станций.

Всего после контроля и исключения ошибочных станций к дальнейшей обработке было принято около 0,5 млн. станций, т. е. примерно половина от исходного массива (см. табл. 3).

Существующая система международного сбора и обмена информацией предполагает многократное включение одних и тех же данных в массивы, полученные из различных источников. Кроме того, даже в данных одного источника заведомо возможно дублирование. Так, при подготовке CD-ROM «Climatic atlas of the Barents Sea 1998: temperature, salinity, oxygen» [13] были использованы архивы и информационные продукты NODC, а затем в работу был включен вновь вышедший CD-ROM «World Ocean Data Base Atlas-1998», который представляет собой пополненную, но не полностью идентичную версию информационной базы, подготовленной ранее.

Дело осложняется тем, что в разных форматах и базах одна и та же информация может храниться в различной форме, с различными потерями и иметь разное качество. Например, в некоторых информационных базах отсутствуют сведения о времени выполнения океанографических станций. В других опущена информация метеорологических и гидрохимических наблюдений. В третьих географические координаты заданы не в градусах, минутах и секундах, а в градусах с точностью до сотых, что приводит к дополнительным ошибкам, связанным с округлением значений координат.

Изложенные выше причины вынуждают выполнять экстенсивный поиск и исключение дубликатов станций на заключительной стадии работ, после выполнения основных процедур контроля качества, что вызывает дополнительную трудоемкость. Однако такой подход позволяет отобрать наиболее полную и корректную информацию, что и является главной целью работы.

Из полумиллиона океанографических станций, прошедших контроль, после исключения дубликатов для окончательной обработки принято около 200 тыс. станций (см. табл. 3). Сохранение в записи океанографической станции кода источника, кода страны и судна, на котором проводятся наблюдения, позволяет сделать и более подробный анализ принадлежности данных и, в частности, выделить долю российских данных.

В табл. 3 для каждого источника данных кроме количества собственных станций подсчитано количество станций, выполненных российскими судами, судами третьих стран и судами, принадлежность которых не определена. При этом часть проанализированных баз данных содержит только собственные данные (ММБИ, US Navy, US Navy, Norway Navy, AWI, IOPAN, EWG, ARGOS), а в других базах данных (NODC, UK Navy, NPI) большая часть данных получена из других стран.

Общая структура информационной базы по источникам получения информации приведена на рис. 2. При построении этой диаграммы все источники, имеющие вес менее 0,5%, были просуммированы. Из полученных от NODC 95 тыс. океанографических станций (46% от общего количества данных, прошедших полный контроль), 27% найдены только в NODC и отсутствуют в других источниках. Из 22 тыс. станций, включенных в информационную базу от ММБИ, уникальными являются только 3% станций. Из этих же таблиц следует, что использование «CD-ROM: Eastern Arctic Ice, Ocean and Atmosphere Data, 1991» [9] не добавило новой информации в результирующую базу данных.

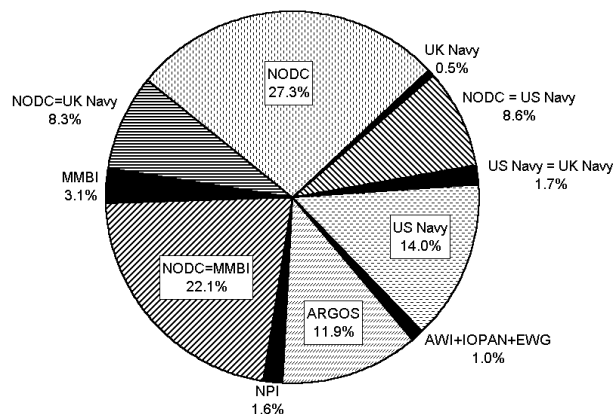


Рис. 2. Источники информации, использованные при формировании базы данных, процент относительного общего количества (206300) океанографических станций; «=» – источники данных для совпадающих станций; «+» – объединенные источники

Распределение данных (см. рис. 1) указывает, что Баренцево, Карское и Белое моря являются наиболее изучаемыми районами Арктики. Даже с учетом многократного дублирования объем доступных российских данных по рассматриваемому региону из всех возможных источников можно оценить величиной более 500000 океанографических станций. В базе данных ММБИ и на диске «VarCode-1999» собрано только около 70 тыс. российских океанографических станций. Это позволяет считать сделанную работу только одним из первых этапов на многотрудном пути создания полной базы данных по Баренцеву, Карскому и Белому морям. Тем не менее собранная информация обеспечивает приемлемую основу для проведения исследований изменения климата и биоты региона Западной Арктики за последние 100 лет.

1. Зуев А.Н., Голубев В.А. Электронные климатические атласы морской среды и биоты // Современные технологии и прогноз в полярной океанологии и биологии. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1999. С. 7–27.
2. Матишов Г.Г., Адров Н.М., Зуев А.Н., Петров В.С. Анализ результатов комплексных океанографических исследований Баренцева моря (На примере экспедиции БАРЕКС-1984) // Эко-

- системы пелагиали морей Западной Арктики. Апатиты: Изд. КНЦ РАН, 1996. С. 12–36.
3. Матишов Г.Г., Денисов В.В., Зуев А.Н., Голубев В.А., Адоров Н.М., Левитус С., Смоляр И. Климатический атлас Баренцева моря // Доклады РАН. 1999. Т. 366. № 5. С. 692–694.
  4. Матишов Г.Г., Зуев А.Н., Денисенко С.Г., Матишов Д.Г., Зензеров В.С. Murmansk Marine Biological Institute bio-oceanological data Western Arctic Seas // Availability of Arctic Environmental Data in Russia. М., 1995. P. 17–23.
  5. UNESCO. Processing of Oceanographic Station Data, Imprimerie des Presses Universitaires de France, Vendome, 1991. 138 p.
  6. GEBCO 97. General Bathymetric Chart of the Oceans, 1997. Edition of the IOC/IHO, British Oceanographic Data Centre. Version 1997, February - CD-ROM.
  7. TerrarianBase. TerrarianBase, World Digital Terrain Data, National Geophysical Center USA, Release 1.1, 1995 - CD-ROM.
  8. World Ocean Data Base Atlas-1998. Volume 1,3. National Oceanic and Atmospheric Administration, National Oceanographic Data Center, Ocean Climate Laboratory, Silver Spring, MD 20910 - CD-ROM.
  9. Eastern Arctic Ice, Ocean and Atmosphere Data, Volume 1, 1991. National Snow and Ice Data Center. CIRES-1. University of Colorado, USA - CD-ROM.
  10. Golubev V., Zuyev A., Oelke C. The database formation under the ACSYS project: Barents and Kara seas Oceanographic Data Base (BarCode). Murmansk Marine Biological Institute (Russia), the International ACSYS Project Office (Norway). Tromso, 1999. P. 222.
  11. Levitus S., Gelfeld R.D. Oceanographic data archaeology project receives international support. Earth System Monitor. 1993. V. 3. N 3. P. 1, 2.
  12. Levitus S., et al. Results of the NODC Oceanographic Data Archaeology and Rescue Projects // Key to Oceanographic Records Documentation N 19 (S. Levitus, R. Gelfeld, T. Boyer, and D. Johnson). NODC, Washington, D.C. 1994. 73 p.
  13. Matishov G., Zuyev A., Golubev V., Adrov N., Slobodin V., Levitus S., Smolyar I. Climatic atlas of the Barents sea 1998: temperature, salinity, oxygen. Murmansk Marine Biological Institute (Russia), National Oceanographic Data Center Ocean Climate Laboratory (USA). Washington, 1998. 122 p.
  14. Reiniger R.F. and Ross C.P.. A method of interpolation with application to oceanographic data // Deep-Sea Res. 1968. N 9. P. 185–193.

**G.G. Matishov, A.N. Zuyev, V.A. Golubev, V.V. Denisov. To the problem of creation of the oceanographic climatic CD-atlases (by an example of the North-West Russia seas)**

In this work the features of formation of oceanographic database at the Murmansk Marine Biological Institute are discussed. The database is intended for the climate study in the region of Barents, Kara, White seas. The database contains information assembled by marine organizations in Russia, USA, England, Germany, Norway, and Poland for the last 100 years. The data were received from different sources: expeditions, publications, as well as due to exchange with some scientific organizations in Russia and abroad.

As the result of the specialized control procedure and discarding duplicates, only 206300 oceanographic stations (from more than 1000000) were chosen and included in CD-ROM.