

УДК 639.2.05:004.085(265.5)(084.4)

**Информационное обеспечение комплексных исследований
водных биоресурсов Северо-Западной Пацифики**
Часть 3
ГИС, атласы, справочники, новые перспективы

I.B. Волвенко

Тихоокеанский научно-исследовательский рыбохозяйственный центр (ФГБНУ «ТИНРО-Центр», г. Владивосток)
E-mail: volvenko@tinro.ru

В третьей, заключительной части статьи, начало которой опубликовано в 156-м, а продолжение в настоящем томе «Трудов ВНИРО», обсуждаются созданные в ходе реализации Концепции информационного обеспечения биоресурсных и экосистемных исследований Северо-Западной Пацифики базы знаний двух типов — ГИС и электронные справочные системы, способы применения в теории и на практике сделанных на их основе атласов и табличных справочников, а также пример синтеза информации из нескольких баз данных и баз знаний для ресурсно-экономических исследований. В одном из примеров даны оценки суммарных запасов и стоимости биоресурсов пелагиали и бентали западной части Берингова моря, показаны особенности их эксплуатации рыбаками на протяжении последних тридцати лет. Оказывается, что современный промысел абсолютно не соответствует принципам рационального природопользования. Просто каждый ловит то, что выгодно, и там, где удобно. В результате селективность вылова очень велика в отношении малого числа видов, большая часть биоресурсов явно недоиспользуется, а промысловая нагрузка на экосистему распределяется по акватории чрезвычайно неравномерно. Далее рассказано о создании в ТИНРО-Центре новой большой базы данных сетного зоопланктона (кормовой базы макрофауны) Северной Пацифики. Сейчас она содержит информацию 25517 планктонных станций, выполненных в 1984—2013 гг. в 235 рейсах в Чукотском, Беринговом, Охотском, Японском морях и в открытых водах Тихого океана, с данными более чем о 214 видах зоопланктона. Наконец кратко рассмотрены ближайшие задачи и дальнейшие перспективы реализации Концепции информационного обеспечения биоресурсных и экосистемных исследований Северо-Западной Пацифики.

Ключевые слова: информационное обеспечение, водные биоресурсы, экосистемный подход, Северо-Западная Пацифика, базы данных, базы знаний, автоматизированные рабочие места, ГИС, атласы, справочники.

ВВЕДЕНИЕ

Настоящее сообщение является окончанием серии статей [Волвенко, 2015 а, 2015 б]. Введение, материалы и методы, а также расшифровка сокращений даны в первой части [Волвенко, 2015 а].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

ГИС и атласы. В практике рыбохозяйственных исследований с 1950—1960-х гг. почти в обязательном порядке была подготовка промыслово-биологических описаний, пособий для рыбаков, наставлений и планшетов, в которых показывалось или описывалось распределение скоплений различных гидробионтов, в том числе промысловых. Это был один из способов передачи рыбакам результатов изучения тех или иных промысловых объектов, остаётся он таковым и по сей день. Большая их часть очень быстро выходила из употребления, так как их информация носит в основном оперативный характер из-за нехватки количественных данных и коротких рядов наблюдений, в них обычно отражались ситуации, характерные только для ограниченных периодов и локальных районов, поэтому они не давали представления о меняющейся сырьевой базе рыболовства. Помимо этого, время от времени появлялись атласы, в которых в более генерализованной форме представлялось распределение промысловых объектов, а также физико-географические и гидробиологические условия их обитания. По ряду причин такие атласы также «не прижились» и в основном быстро исчезли из поля зрения пользователей как из научной, так и промысловой среды [Атлас..., 2003; Шунтов, 2005; Шунтов, Волвенко, 2005].

Ситуация принципиально изменилась в 2000-х гг. благодаря созданию обширных БД с материалами комплексных экспедиций, о которых было сказано в предыдущих частях статьи, а также развитию компьютерных технологий. В соответствии с планами реализации КИО к 2004 г. в лаборатории прикладной биоценологии были созданы ГИС¹ с данными о про-

странственно-временном распределении обилия лососей, а потом и всей траловой макрофауны пелагиали Берингова [Volvenko, 2005 д; Волвенко, 2011 а], Охотского [Volvenko, 2003 а, 2003 б, 2003 д; Волвенко, 2011 б], Японского [Volvenko, 2004 а; Волвенко, 2011 г] морей и СЭТО [Volvenko, 2005 с; Волвенко, 2011 в]. Большая её часть [Волвенко, 2015 б. Табл. 2] — это нектон² — пелагические рыбы и круглоротые, кальмары, каракатицы и пелагические осьминоги, креветки и шrimсы, встречающиеся в уловах разноглубинных тралов при выполнении пелагических траловых станций. Кроме того, в толще воды периодически поднимаются многие демерсальные рыбы и придонные беспозвоночные, особенно в тёмное время суток. Данные по ним также включены в ГИС нектона, поскольку эти представители макрофауны составляют временный, но существенный элемент биотических группировок пелагиали.

Картографической основой для подготовки ГИС послужили цифровые карты, созданные в Тихоокеанском институте географии ДВО РАН по данным листов отечественной карты № 60091 и 60092 масштаба 1:5000000. Из них взяты береговая линия и изобаты 100, 200 и 500 м. Положение береговой линии на некоторых участках скорректировано по данным NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration, U.S. Department of Commerce), доступным в Интернете³. Для расчётов обилия гидробионтов использованы отборные данные научно-исследовательских и научно-промышленных рейсов, в ходе которых сделано хотя бы одно полноценное пелагическое траление на акватории постоянного мониторинга ВБР. Таковыми не считались траления: 1) аварийные; 2) технические, или настроечные; 3) чисто про-

система», который означает компьютеризованную систему сбора, проверки, интеграции, хранения, анализа и моделирования географической информации, относящейся к некоторой части земной поверхности и используемую для управления ею [ДеМес, 1999].

² Нектон — совокупность активно плавающих пелагических животных, способных противостоять течению и преодолевать значительные расстояния [Биологический..., 1989].

³ На сайте <http://rimmer.ngdc.noaa.gov/mgg/coast/get-coast.html>.

¹ ГИС — общепринятое сокращение термина «географическая информационная (или геоинформационная)

мысовые; 4) продолжавшиеся более 3,5 ч либо не более 10 мин (если в последнем случае трал поднимали на борт без улова), а также 5) выполненные в эпипелагиали (горизонт хода верхней подборы — до 200 м) со скоростью менее 3 узлов. По учётным траловым станциям подсчитано обилие каждого вида (а для массовых видов — обилие различных размерно-возрастных групп) гидробионтов, встречавшихся в уловах разноглубинных тралов по вышеописанным методикам. Эти данные сгруппированы по сезонам, многолетним периодам, слоям воды (вся пелагиаль, верхняя эпипелагиаль, эпипелагиаль, мезопелагиаль) и осреднены по одноградусным трапециям. Эти трапеции и объём исходного материала для ГИС показаны на рисунке [Волвенко, 2015 б. Рис. 11].

Таким образом, в ГИС реализован растровый, или квантовый, метод отображения данных. Он не даёт информации о местоположении точек отбора проб и скрывает детали точного пространственного положения границ распространения и количественного развития того или иного явления. Вместе с тем, квантование даёт обобщённую картину (взгляд «с высоты птичьего полета», с самолета или из космоса) — позволяет игнорировать мелкие, не имеющие ценности топографические флюктуации и сглаживает некоторые артефакты сбора исходных данных. Оно обеспечивает сопоставимость значений, описывающих стандартные полигоны осреднения для исследования пространственного распределения различных явлений и/или одного и того же, но за разные интервалы времени, облегчая тем самым пространственно-временной анализ акватории. Немаловажно и то, что квантовые ячейки легко связываются с базой данных, и то, что многие логические и математические функции легко выполняются на растровой структуре данных [ДеМерс, 1999].

Многие сотни карт, заложенные в ГИС, уже сами по себе дают возможность оценить пространственно-временную динамику любого из ВБР пелагиали. Кроме того, ГИС позволяет выполнять разнообразные вычисления на базе содержащихся в ней данных. В том числе рассчитывать одно- и многовидовые флюктуации пространственного распределения гидробионтов — сезонные и многолетние. В этом

собственно и заключается разница между системой компьютерной картографии (программой для создания карт из графических примитивов) и ГИС с её аналитическими возможностями. Эти возможности проиллюстрированы в нескольких публикациях [см. напр.: Волвенко, 2003 б, 2004 а, 2004 б; Volvenko, 2003 а, 2003 д, 2004 д].

Из этих ГИС отобраны примерно по 1000 наиболее интересных и показательных карт для каждого из четырёх водоёмов — Берингова, Охотского, Японского морей и СЗТО, которые опубликованы в виде четырёх атласов [Атлас..., 2003, 2004, 2005, 2006] (рис. 1).

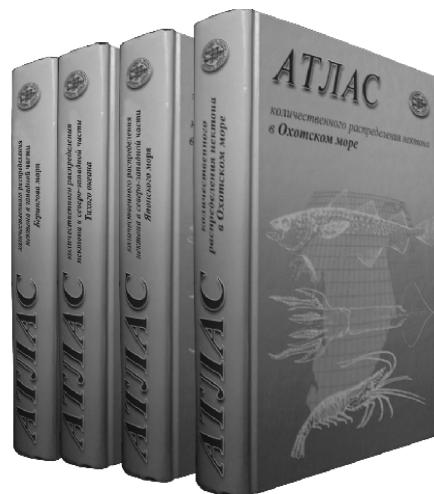
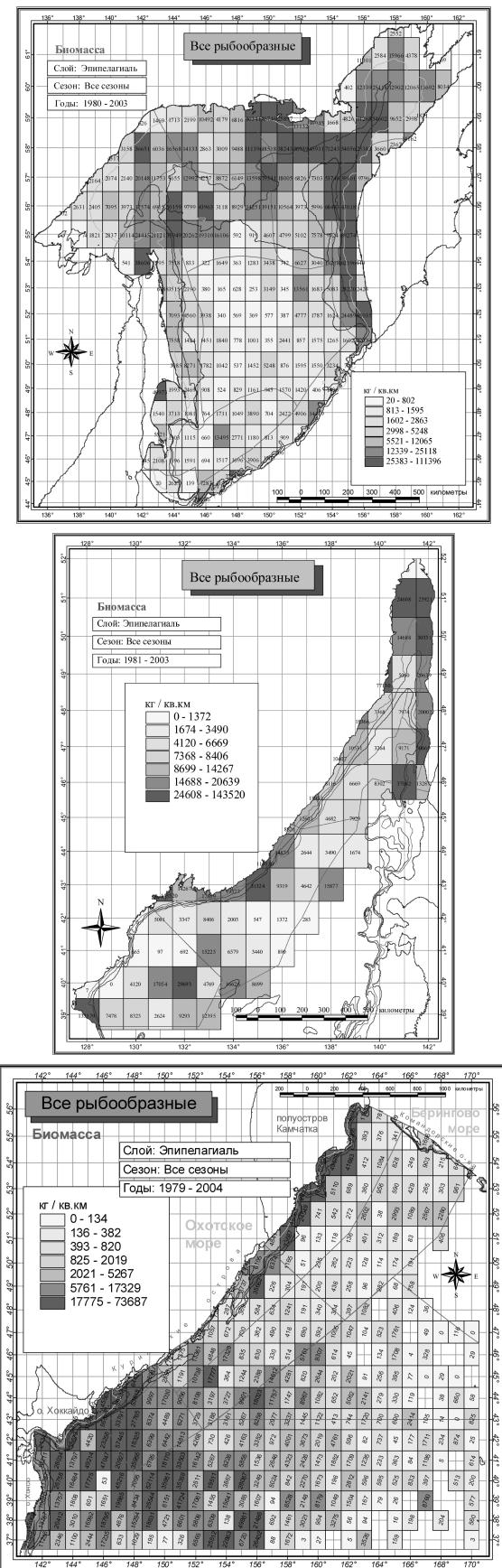


Рис. 1. Серия атласов количественного распределения нектона

Все атласы по нектону совершенно однотипны. Основное внимание в них, конечно, уделяется промысловым видам: минтай, сельдь, сардина-иваси, сайра, анчоус, горбуша, кета, нерка, мойва, тихookeанский кальмар, кальмар Бартрама и др. Много карт посвящено и видам, которые в ближайшие годы могут впервые войти в состав сырьевой базы рыболовства. В первую очередь это мелкие мезопелагические рыбы, как, например, светящиеся анчоусы, мавролик и серебрянка. Их общая биомасса в российской экономической зоне составляет несколько десятков миллионов тонн. В Южно-Курильском океаническом районе и в глубоководных котловинах Охотского моря они образуют повышенные концентрации. В атласах присутствуют и непромыственные виды, даже редкие



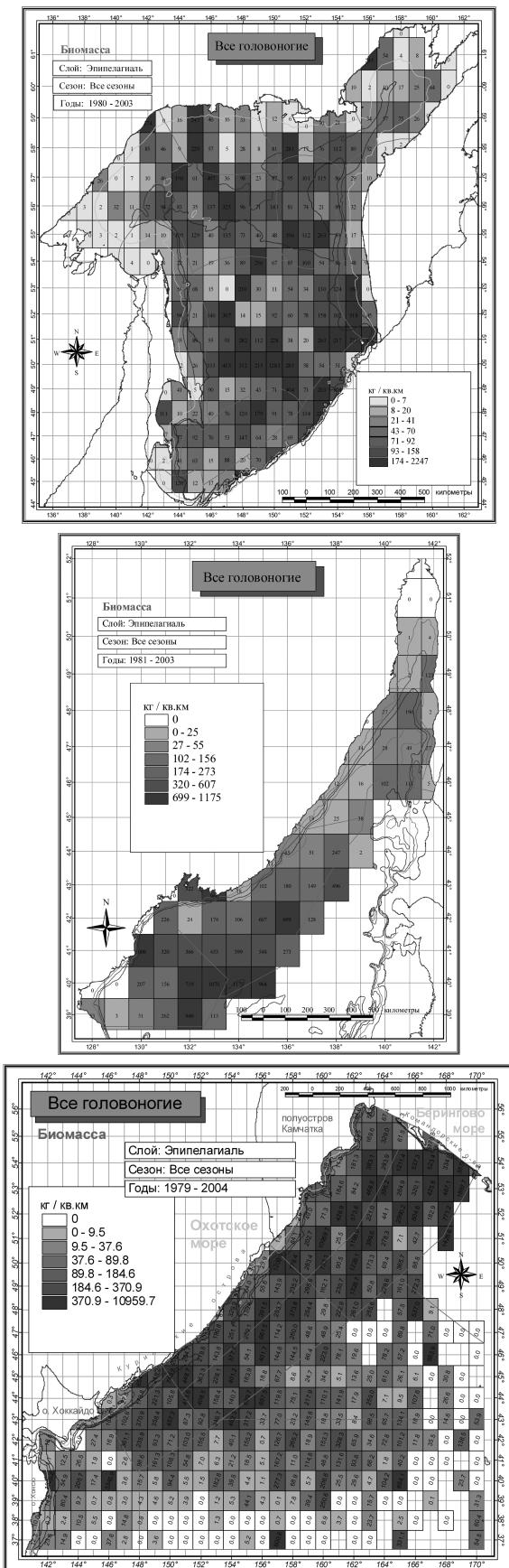
и экзотические. Они интересны как индикаторы определённых явлений, например тёплых или холодных вод и течений. Часть карт во всех атласах посвящена, кроме отдельных видов, ещё и целым группам, например лососям и мезопелагическим рыбам. Для общей ориентации в размещении зон с повышенной рыбопродуктивностью представляет интерес серия обобщающих карт для всех рыб и всех кальмаров. По части видов (минтай, сельдь, лососи) отдельно даются карты по молоди и крупным особям [Шунтов, Волвенко, 2005].

Благодаря этим атласам вышеописанные ГИС стали известны за рубежом, хотя из-за недопонимания они пока остались недооценёнными: в одной из сравнительных публикаций по ГИС Северо-Западной Пацифики [National..., 2005] научный уровень разработок Института океанологии, Тихоокеанского института географии ДВО РАН и СахНИРО оценивается как «высокий», Института биологии моря ДВО РАН — как «оригинальный», а ТИНРО-Центра — как «средний».

Атласы могут применяться в сугубо прикладных целях, даже на рыболовных судах. Из-за генерализованности представления в них информации они не могут рассматривать как оперативное пособие. Однако ориентирующую и даже справочную роль для капитанов на промысле или управляющих рыбных организаций они могут иметь. Равным образом это относится и к научным работникам — биологам, географам и океанологам, занимающимся изучением морской и океанической биоты. В связи с этим рассмотрим некоторые примеры, описанные в специальной статье [Шунтов, 2005].

Атласные карты, подобные приведённым на рис. 2 и 3 (с учётом вертикальных зон, сезонов, периодов лет), несомненно окажутся полезными при выявлении общих закономерностей пространственного распределения в морях и океане рыбопродуктивности и биоты в целом. Количественная информация по флюктуирующими видам в многолетнем аспекте (рис. 4) должна

Рис. 2. Суммарная биомасса всех рыбообразных по среднемноголетним данным в эпипелагии Охотского моря (1980–2003 гг.), северо-западной части Японского моря (1981–2003 гг.) и северо-западной части Тихого океана (1979–2004 гг.)



помочь в изучении волн жизни. В данном конкретном случае речь идёт только о сардине-ива-си, являющейся в определённом смысле зага-дочным видом. Когда в 1970-х гг. началась оче-редная вспышка её численности, весь опыт и навыки, накопленные в 1930-е гг., в том числе опыт поиска её скоплений в России, были полу-ностью забыты, и всё пришлось постигать сна-чала. Через какое-то время (в 2014 г. уже от-мечались промысловые заходы в южно-ку-рильский район) иваши возобновят массовые миграции в российские воды. Сезонные карты атласа по этому виду, построенные по такому же типу как на рис. 4, сыграют при возобнов-лении промысла свою ориентирующую роль. То же можно сказать и о скумбрии. При аутэко-логическом изучении данные по количествен-ному сезонному распределению имеют большое значение в познании каждого вида, особенно активных мигрантов. Для примера осреднённые за большой промежуток лет такие данные при-ведены на рис. 5–7. БД и ГИС позволяют полу-чать аналогичную информацию за отдельные годы и по внутрисезонной изменчивости. До-полнительного комментария заслуживает рис. 5, на котором показано сезонное перераспреде-ление сельди в Охотском море. В течение мно-гих лет промысел нагульной сельди вёлся в ос-новном в Притауйском районе. Сюда сельдь «подводилась» и на схемах миграций, по-строенных сельдевыми специалистами. Только в результа-те широких комплексных экосистем-ных съёмок было показано, что зачастую не меньшее значение для нагула сельди имеет рай-он между северным побережьем Сахалина, банками Кашеварова и Ионы [Melnikov, Lobo-да, 2004]. В некоторые годы концентрации сельди здесь бывают мощнее, чем в Притауй-ском районе. В последние годы они стали осваиваться промыслом [Шунтов, 2005]. При изучении трофических отношений в морских со-обществах, помимо данных о составе и вели-чине рационов, большое значение имеет степень наложения областей и участков распреде-

Рис. 3. Суммарная биомасса всех головоногих по среднемноголетним данным в эпипелагии Охотского моря (1980–2003 гг.), северо-западной части Японского моря (1981–2003 г.) и северо-западной части Тихого океана (1979–2004 г.).

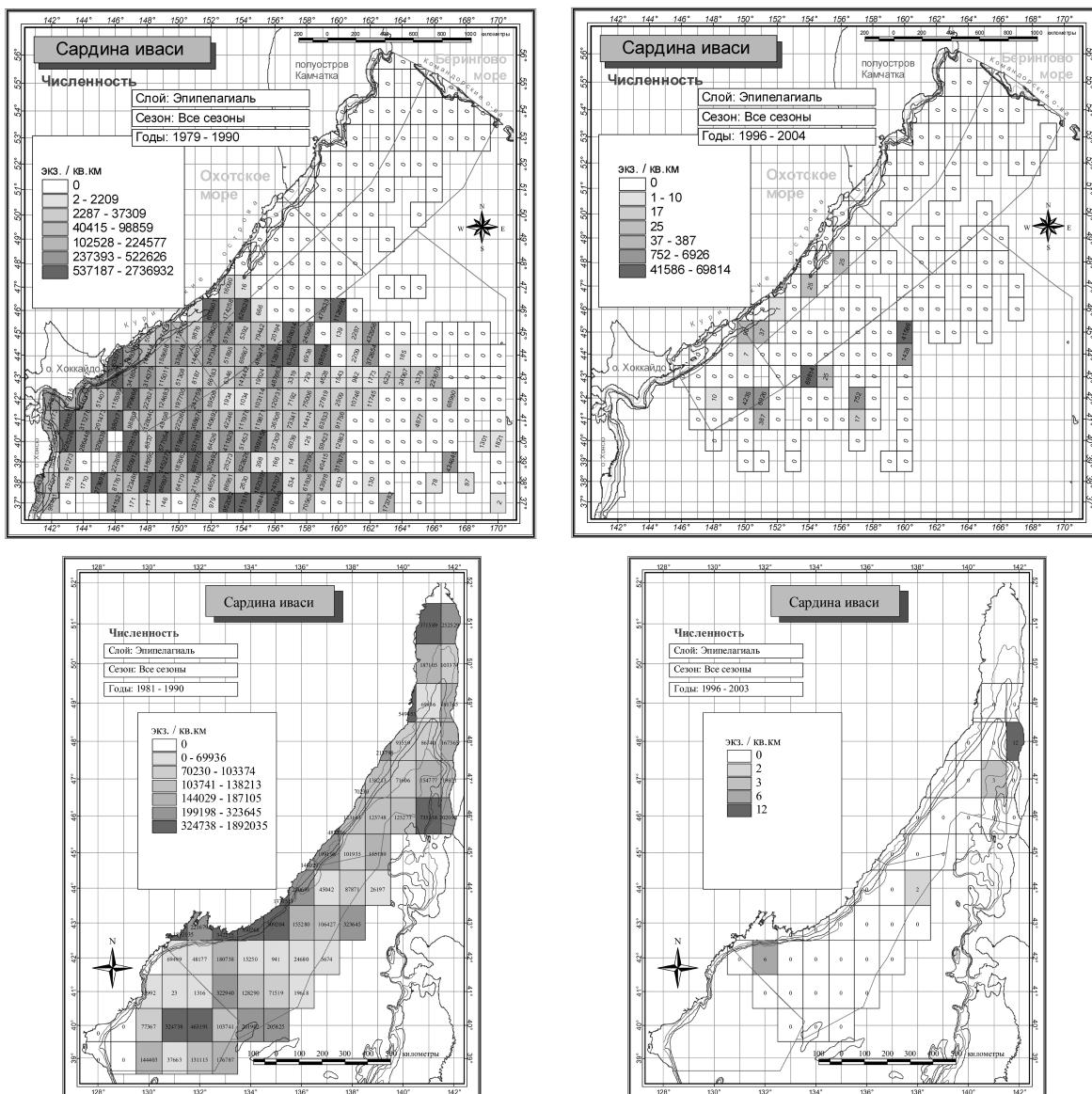


Рис. 4. Численность сардины-иваси (*Sardinops melanostictus*) по среднемноголетним данным в эпипелагиали северо-западной части Тихого океана (1979–1990, 1996–2004 гг.) и северо-западной части Японского моря (1981–1990, 1996–2003 гг.)

ления разных видов, в том числе хищников и их жертв [Шунтов, 2005]. В этом отношении интересны прикурильские воды, через которые проходят миграционные волны субтропических рыб и тихоокеанских лососей, привлекающие внимание различных хищников.

В качестве примера здесь приводится количественное распределение только четырёх видов — трёх активных хищных рыб и гигантского кальмара (рис. 8). Не вдаваясь сейчас в детали, обратим внимание только на два момента. Сельдевую акулу в Тихом океане иногда

называют лососёвой. Она действительно в большом количестве потребляет лососей [Nagasawa, 1998]. Однако если сравнить её распределение (на рис. 8) с распределением лососей, например кеты (могно и других лососей), на рис. 7, то видно, что следует говорить лишь о частичном наложении их областей. Зато мезопелагические хищники — алепизавр и особенно кинжалозуб буквально перекрывают миграционные пути лососей перед проливами в Охотское море. В экспедициях ТИНРО с начала 1990-х гг. во всех уловах следы нападения кин-

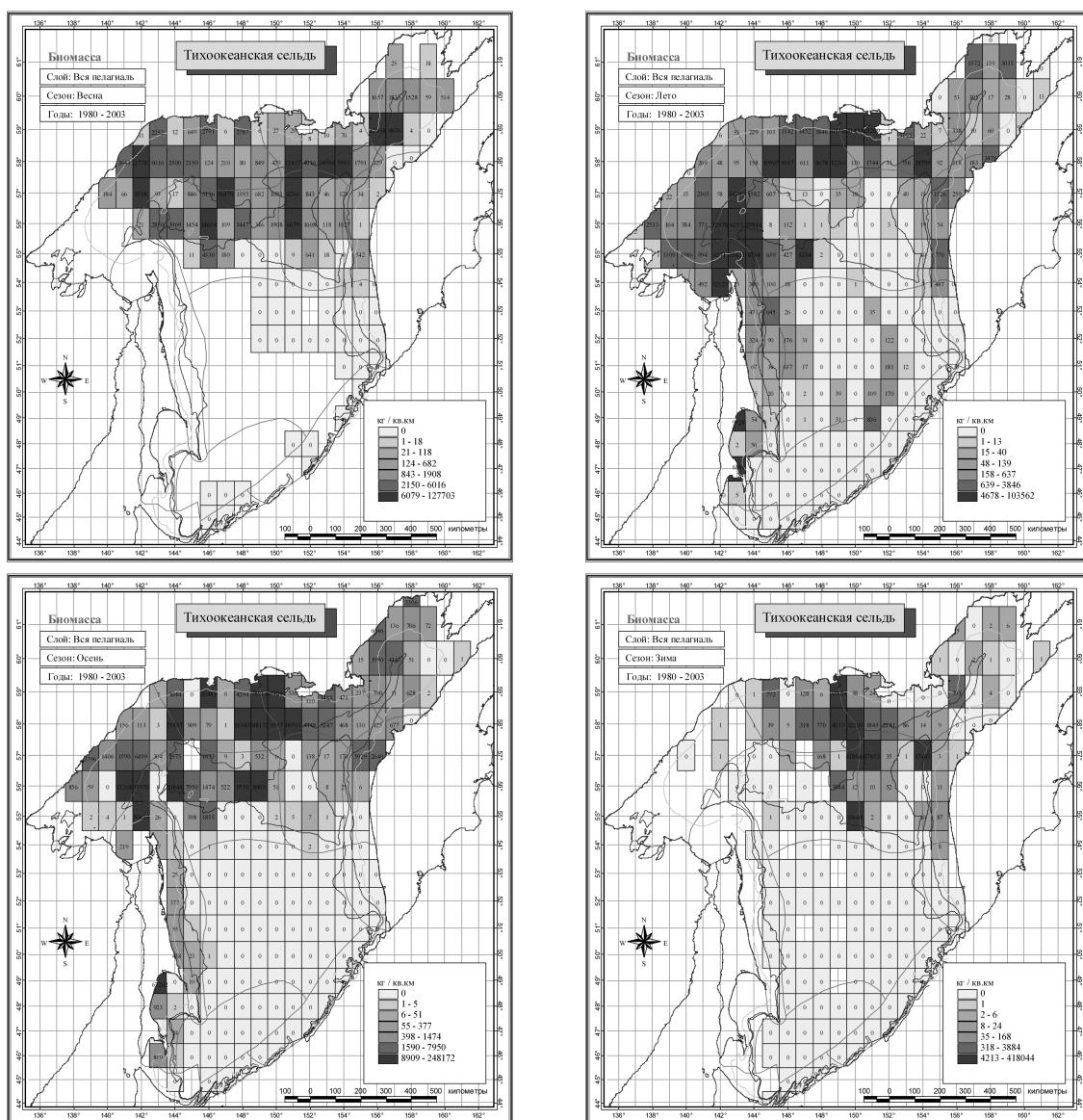


Рис. 5. Биомасса тихоокеанской сельди *Clupea pallasi* в пелагиали Охотского моря в различные сезоны 1980–2003 гг.

жалозуба и алепизавра на теле лососей фиксируются в обязательном порядке, при этом число выживших рыб со следами укусов обычно находится в пределах 1–5% [Шунтов, Темных, 2005 а, 2005 б]. Гигантский кальмар широко распространён в открытых океанических водах (рис. 8). До последнего времени считалось, что он приурочен к зоне материкового склона [Шунтов, 2005].

Проделанная за эти годы работа имеет самостоятельную ценность. Вместе с тем её можно рассматривать как подготовительную к созданию ГИС совершенно нового типа — гораз-

до большей не только количественно, но и качественно. В отличие от прежних она должна описывать состояние и пространственно-временную динамику не отдельных биологических ресурсов, а целостных биоценотических комплексов на всей обследованной акватории.

В 2006 г. для создания ГИС интегральных характеристик макрофауны пелагиали Северо-Западной Пацифики [Волвенко, 2007] массив данных был дополнен материалами последующих траловых съёмок, вплоть до конца 2005 г., подвергнут ещё ряду проверок и исправлений. В итоге в БД пелагической макрофауны оказа-

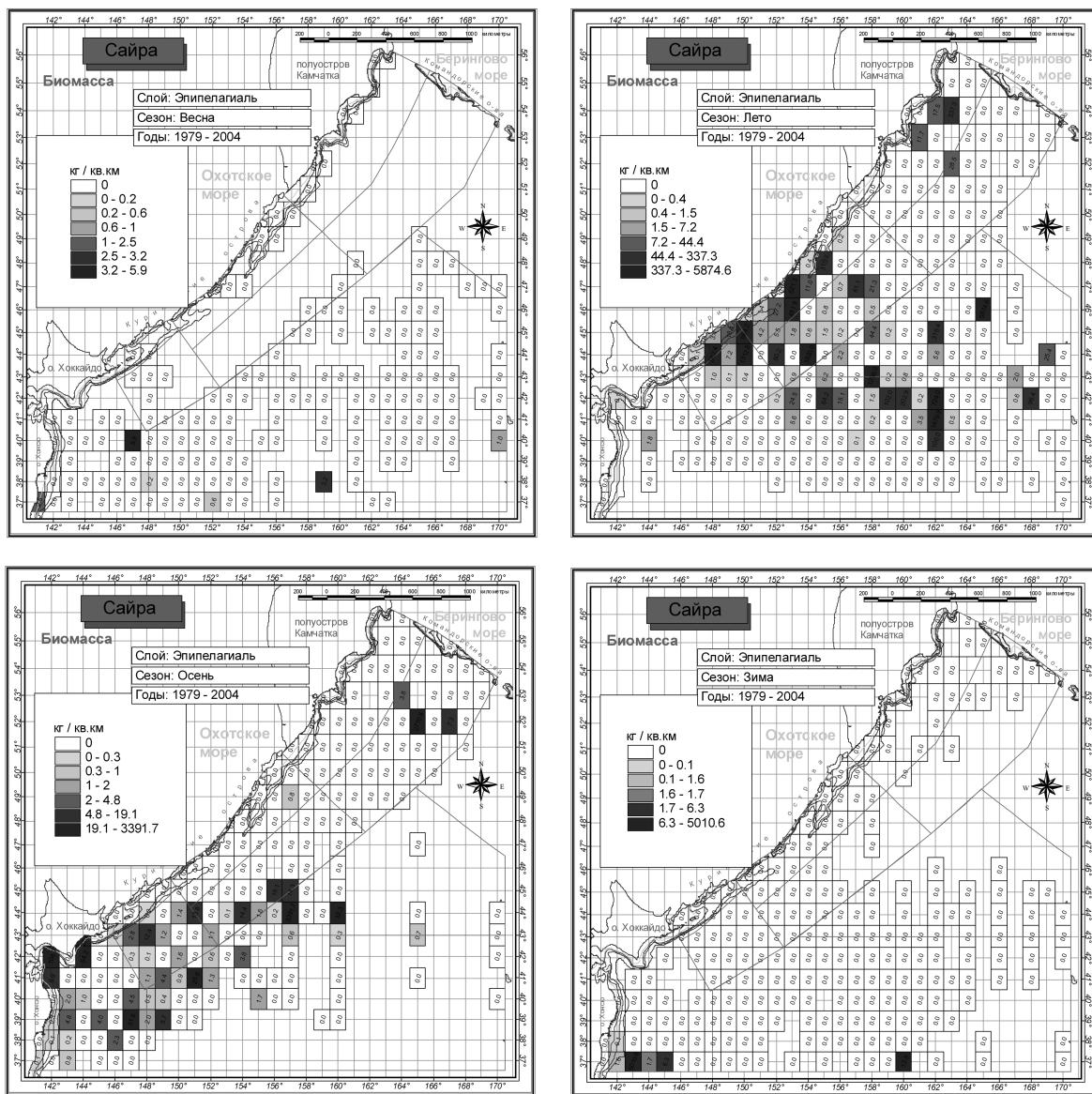


Рис. 6. Биомасса сайры *Cololabis saira* в эпипелагиали северо-западной части Тихого океана в различные сезоны 1979–2004 гг.

лись материалы 19436 траловых станций, выполненных с 24 декабря 1979 г. по 30 ноября 2005 г. в северо-западной части Тихого океана и трёх сопредельных морях, тщательно отобранные и многократно выверенные в процессе подготовки пяти ГИС [Волченко, 2003 б, 2004 а, 2005, 2007], одиннадцати монографий [Иванов, Суханов, 2002; Атлас..., 2003, 2004, 2005, 2006; Нектон..., 2003, 2004, 2005, 2006; Шунтов, Темных, 2008; Суханов, Иванов, 2009], двух диссертаций [Волченко, 2009; Кулик, 2009] и большого количества научных статей.

Последняя из упомянутых ГИС содержит более 21,5 тыс. карт и позволяет анализировать пространственно-временную динамику состояния биоценотических систем различного ранга почти по трёмстам интегральным характеристикам на акватории площадью свыше 6 млн км². Для отображения данных такого масштаба потребовалось создать новую картографическую основу и подобрать новую географическую проекцию. Дело в том, что *равноугольная проекция Меркатора*, в которой сделаны карты морей для атласов, не годится для адекватного отображения обширных акваторий из-за воз-

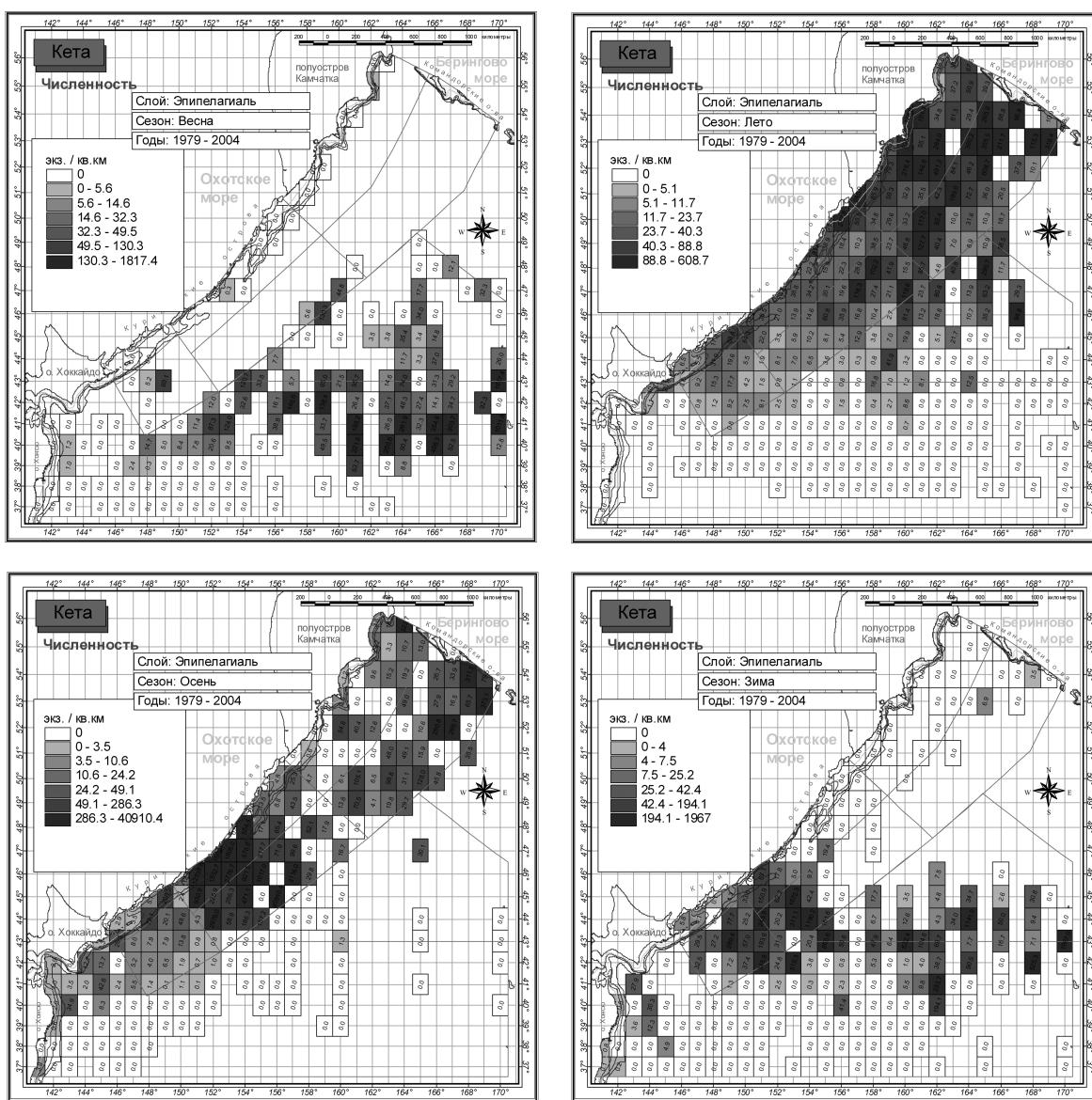


Рис. 7. Численность кеты *Oncorhynchus keta* в эпипелагиали северо-западной части Тихого океана в различные сезоны 1979–2004 гг.

растущих искажений по направлению к полярным регионам. Например, при представлении мира в этой проекции Гренландия кажется больше Южной Америки, хотя, в реальности, составляет только 1/8 её площади. На карте дальневосточных морей и сопредельных вод Тихого океана, созданной согласно проекции Меркатора, кажется, что площади одноградусных трапеций возрастают в направлении с юга на север [Волвенко, 2007], хотя на самом деле всё происходит наоборот. Такие карты с неизбежностью искажают масштабы распространения определённых явлений по акватории в це-

лом и особенно сильно широтные (вдольмеридиональные) градиенты картируемых величин. Поэтому для создания тематических и демонстрационных карт распределения явления рекомендуется [см. напр.: Картографические..., 1994; Map projections..., 1994] использовать равновеликие проекции.

Среди них была выбрана плоскостная перспективная проекция, которая создаёт иллюзию трёхмерного глобуса. Искажения размеров и площадей вблизи границ проекции кажутся нашему глазу более реалистичными, чем искажения в любой другой проекции. Общий эффект

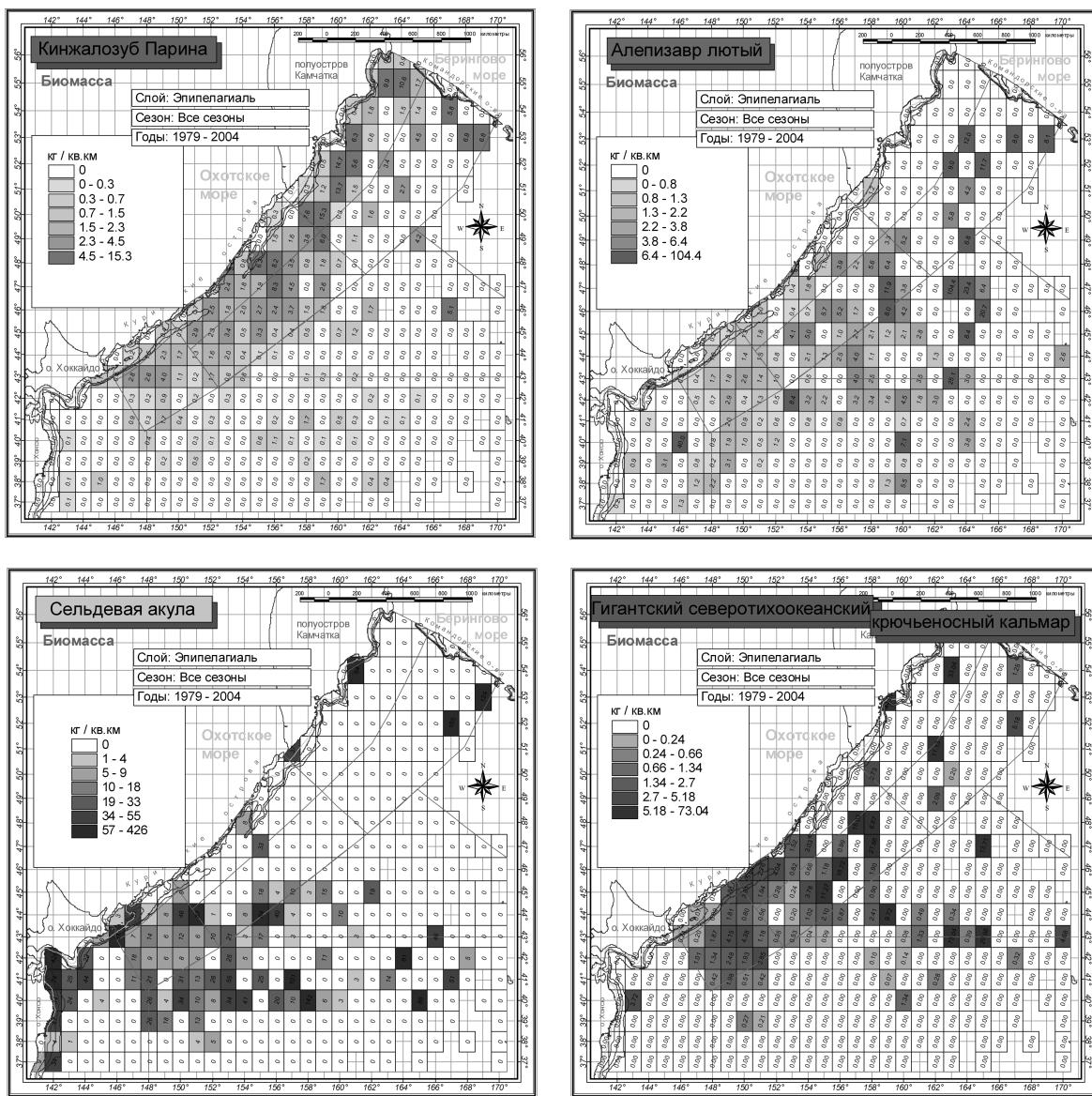


Рис. 8. Биомасса кинжалозуба Парина *Anotopterus nikparini*, алепизавра лютого *Alepisaurus ferox*, сельдевой акулы *Lamna ditropis* и крючyonосного кальмара *Moroteuthis robusta* в эпипелагиали северо-западной части Тихого океана в различные сезоны 1979–2004 гг.

этой проекции заключается в том, что она выглядит как вертикальная фотография, сделанная со спутника или иного космического аппарата. Эта проекция подобна ортографической, но точка перспективы здесь не является бесконечно удалённой и может быть определена пользователем. В данном случае долгота центра проекции 159° в.д., его широта $50^{\circ}30'$ с.ш., высота точки перспективы над сферой 3000 км. Как выглядит в этой проекции карта обследованной акватории с распределением по ней отобранных для анализа пелагических траловых

станций, одноградусных трапеций и стандартных биостатистических районов, было показано выше [Волвенко, 2015 б. Рис. 12].

Средствами данной ГИС анализируется 7 групп населения пелагиали: 1) вся макрофауна, 2) нектон, 3) макропланктон, 4) ихтиофауна, 5) головоногие, 6) ракообразные, 7) медузы. Для их описания используются 288 интегральных характеристик, в частности биоразнообразие и его компоненты, показатели доминирования, обилия и их вариабельность, петерсеновские группировки видов и т.д. Всё это с деле-

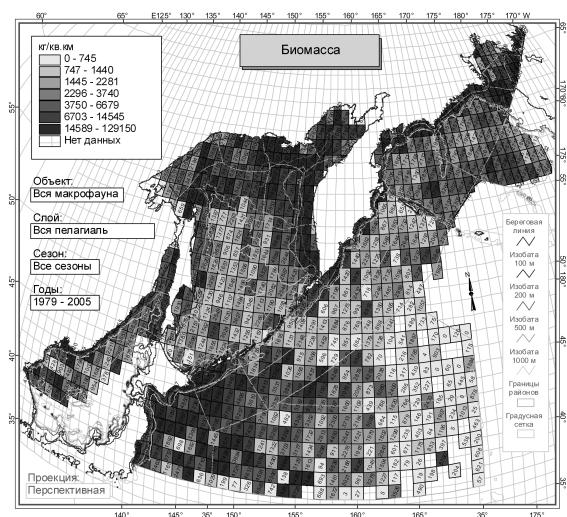


Рис. 9. Пространственное распределение биомассы макрофагуны в пелагии

нием на те же серии карт по слоям, сезонам и многолетним периодам, что и в четырёх ранее опубликованных атласах нектона [Атлас..., 2003, 2004, 2005, 2006].

Выполненная часть работы позволяет готовить к печати «Атлас интегральных характеристик макрофагуны пелагии Северо-Западной Пацифики» в виде сборника наиболее интересных и показательных карт без содержательных комментариев, как это делалось прежде с атласами нектона, и/или детально исследовать закономерности пространственно-временной изменчивости различных биоценотических показателей.

Ниже приведён пример простейшего применения данной ГИС [Волвенко, 2007]. Он основан на сопоставлении четырёх карт, на одной из которых показано разнообразие, но, в отличие от классического варианта, это видовое разнообразие биомассы (бит/кг), а не особей (бит/экз.).

Карта пространственного распределения биомассы (рис. 9) позволяет судить, где в среднем будут большие, а где малые уловы. Карта пространственного распределения разнообразия биомассы (рис. 10) показывает, где можно получить разнообразные, а где однообразные уловы⁴.

⁴ Разнообразие в данном случае интерпретируется как мера неопределённости — неоднозначности принадлежности случайно взятого килограмма биомассы к определённому виду животных.

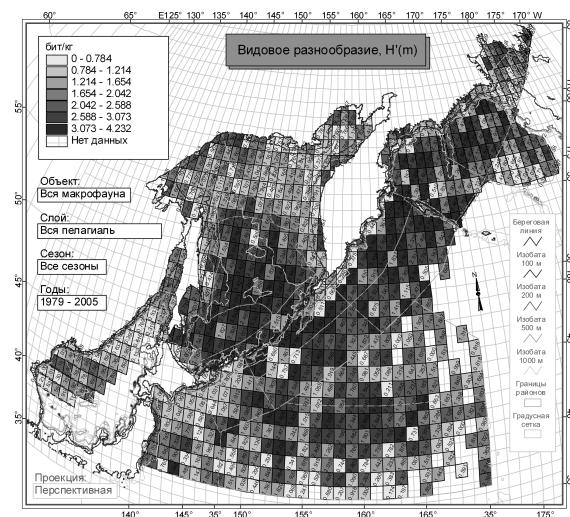


Рис. 10. Пространственное распределение видового разнообразия биомассы пелагической макрофагуны

Эти две карты, сопоставленные вместе, позволяют разделить все участки по условиям как минимум на 4 условные группы: с большими однообразными, большими разнообразными, малыми однообразными и малыми разнообразными концентрациями гидробионтов.

Дополнительная карта (рис. 11) показывает, кто именно будет преобладать в уловах. Ещё одна дополнительная карта (рис. 12) показывает, какова весовая доля этой доминанты.

Таким образом, в совокупности 4 карты характеризуют общую структуру возможных уловов и её пространственное распределение по акватории. Эта информация может быть полезна при выделении участков, оптимальных для одно- или многовидового рыболовства, либо, напротив, зон, более перспективных для природоохранных мероприятий.

Естественно, в каждом конкретном случае такая информация должна быть рассмотрена подробнее — по различным водным слоям, сезонам года, многолетним периодам и т.д.

Однако, основное практическое предназначение рассмотренной ГИС не в этом, а в возможности описывать состояние и пространственно-временную динамику различных биоценотических группировок на всей обследованной акватории за прошедшие 26 лет, а также служить базой для будущих сравнений при мониторинге экосистем Северо-Западной Пацифики. Такой мониторинг не может основываться только на наблюдениях за отдельными мас-

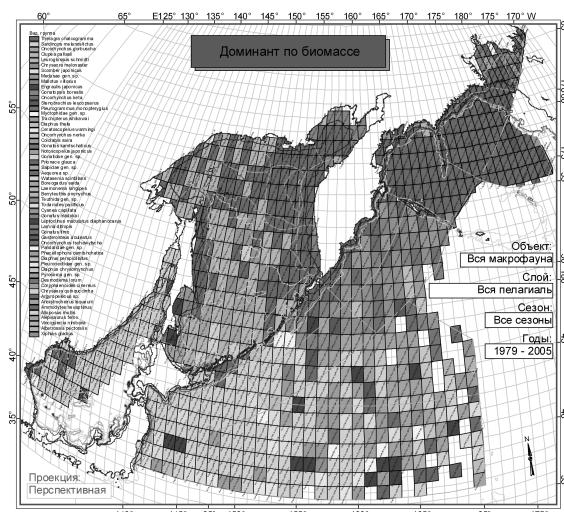


Рис. 11. Пространственное распределение адаптивных зон видов — участков пелагиали, на которых условия настолько благоприятны для данного вида, что он лидирует по биомассе над всеми прочими

совыми или индикаторными видами и популяциями гидробионтов.

К сожалению, атлас интегральных характеристик макрофауны пелагиали так и не был опубликован, как и атласы всей пелагической макрофауны в новых форматах с изображением на картах всех морей и СЭТО. За семь последних лет на это не нашлось денег.

С 2013 г. появилась возможность создания ГИС и подготовки к публикации атласов донных ВБР. Однако уже сейчас очевидно, что эта часть реализации КИО тоже натолкнётся на существенные организационные трудности. Разумеется, ГИС будут подготовлены в ближайшее время, но публикация содержащихся в них цифровых карт в виде атласов потребует немалых типографских расходов (изначально высокие цены на цветную печать постоянно растут). В условиях ежегодного прогрессирующего снижения финансирования ТИНРО-Центра атласы донных ВБР, скорее всего, так никогда и не увидят свет, подготовленные для них карты будут доступны лишь для внутреннего пользования в стенах института.

В потенциальной полезности таких атласов для учёных, студентов, рыбаков, бизнесменов и чиновников, ведающих биоресурсами, можно убедиться на примере нескольких карт, подготовленных в процессе проверки данных при создании БД трашовой макрофауны бентали

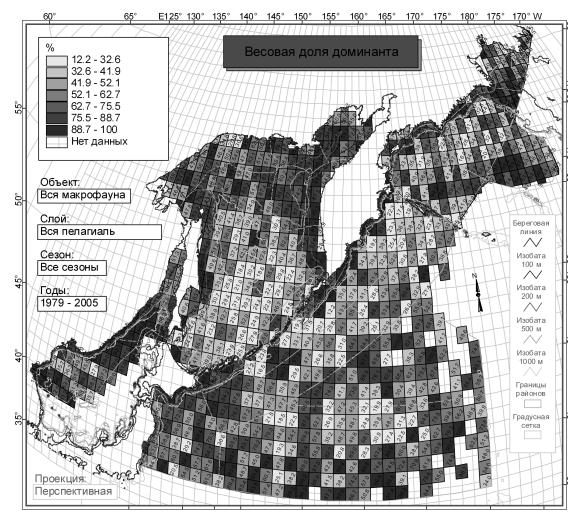


Рис. 12. Пространственное распределение весовой доли доминирующего вида в суммарной биомассе всей макрофлоры пелагиали

(рис. 13–15). Обратим внимание на то, что на одной из карт на рис. 13 показано распределение придонного минтая, которое заметно отличается от распределения этого вида в пелагиали [Атлас..., 2003, 2004, 2005, 2006], а на другой — как угольная рыба в годы высокой численности мигрирует из североамериканской зоны в российскую часть Берингова моря, а потом распространяется на юг вдоль Камчатки и через северокурильские проливы заходит в Охотское море. Карта на рис. 15 слева отражает суммарную биомассу жизни, экологическую ёмкость среды и интенсивность биогеохимического круговорота органического вещества в бентали, а карта справа обилие придонного макропланктона, которого на некоторых участках оказывается не меньше, чем у поверхности и в толще воды⁵.

ЭСС и табличные справочники. В соответствии с КИО вслед за атласами в качестве табличных приложений к ним издавались справочники встречаемости и обилия нектона в дальневосточных морях и СЭТО [Нектон..., 2003, 2004, 2005, 2006] (рис. 16). При их подго-

⁵ Внимание к желтому планктону значительно возросло в конце 1990-х гг. Это объясняется массовыми вспышками их численности, которые в некоторых местах негативно отражаются на состоянии планктонных сообществ и даже рыболовства [Макрофлора..., 2012 в].

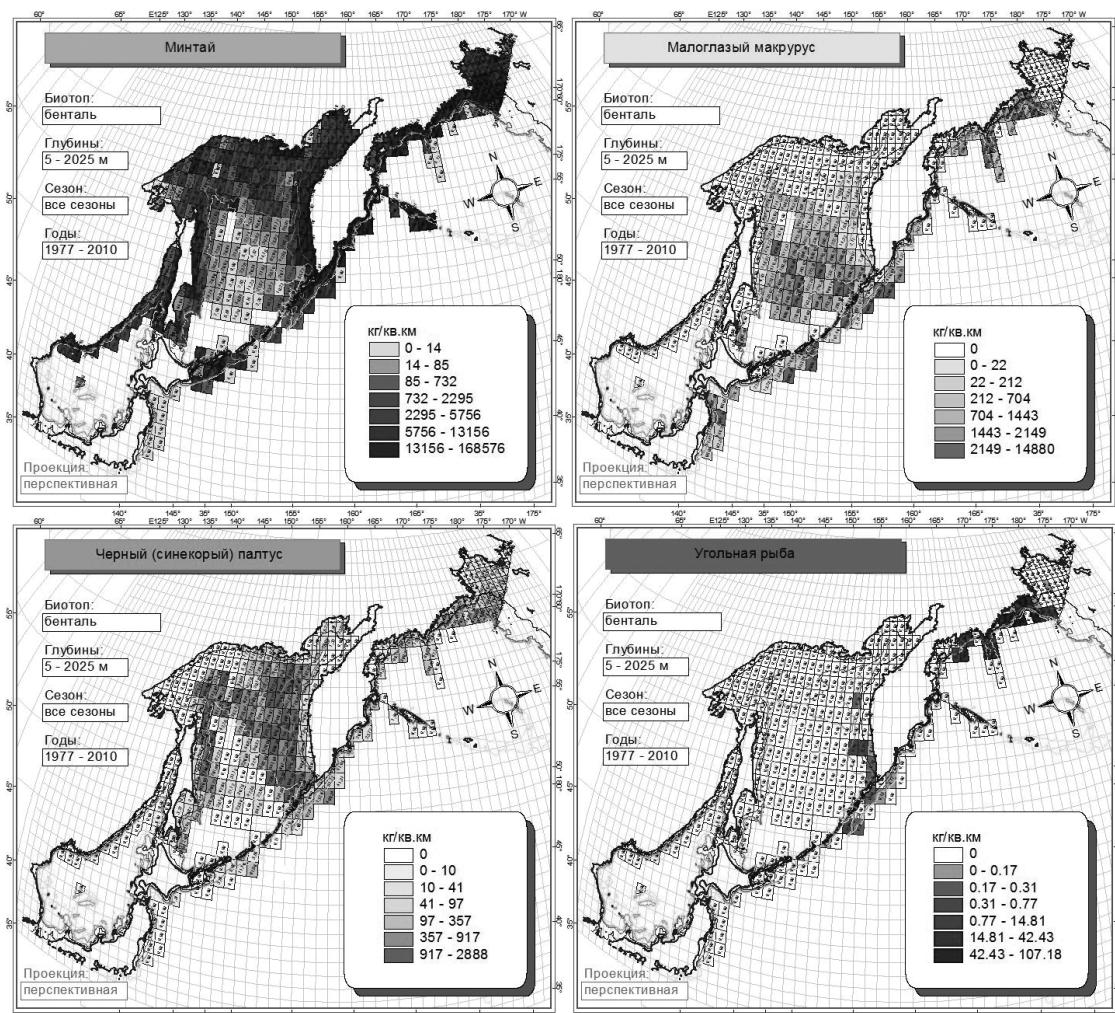


Рис. 13. Пространственное распределение запасов четырёх ценных видов рыб (*Theragra chalcogramma*, *Albatrossia pectoralis*, *Reinhardtius hippoglossoides* и *Anoplopoma fimbria*) у дна на акватории многолетнего мониторинга

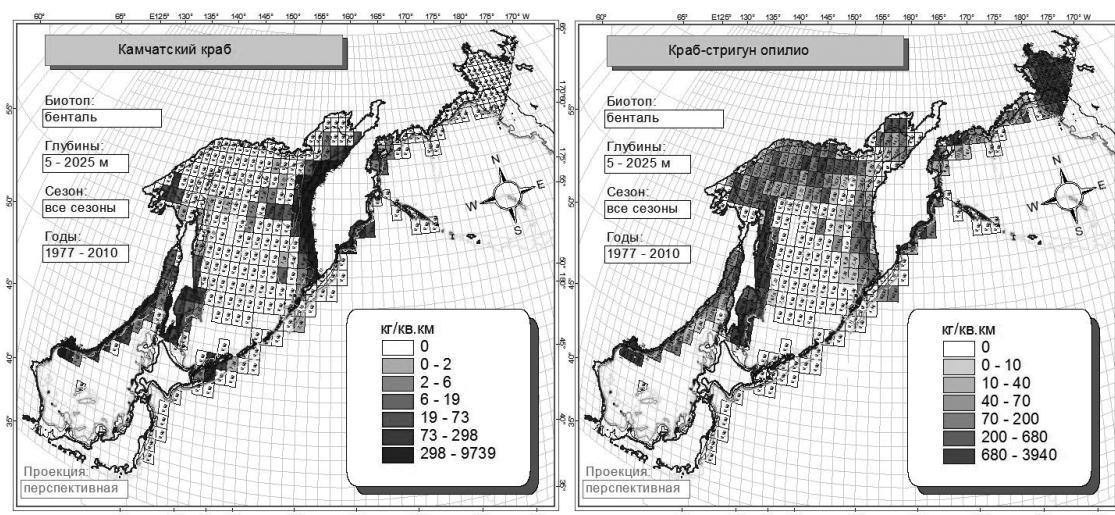


Рис. 14. Пространственное распределение запасов двух массовых видов промысловых крабов (*Paralithodes camtschaticus* и *Chionoecetes opilio*)

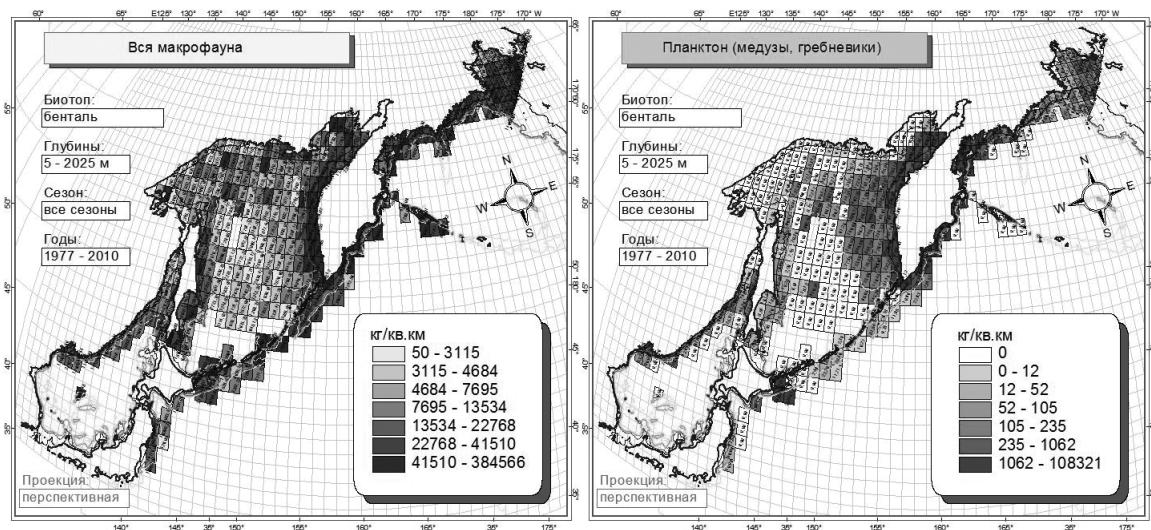


Рис. 15. Пространственное распределение биомассы всей макрофaуны бентали и биомассы придонного макропланктона (медуз и гребневиков)

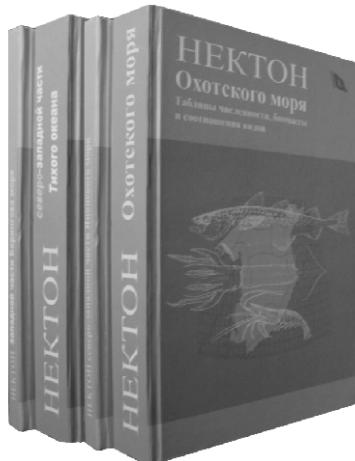


Рис. 16. Серия табличных справочников по нектону

товке материалы обобщались по стандартным районам осреднения биостатистической информации [Волвенко, 2015 б. Рис. 13], а данные, заложенные в каждую ГИС, подвергались дополнительной проверке и существенно редактировались.

Суть и технология всей выполненной работы подробно изложены в разделах «Материал и методика» восьми перечисленных монографий и в ряде отдельных статей [Волвенко, 1998, 1999, 2003 а, 2003 б, 2004 а, 2005; Шунтов, 2005; Шунтов, Волвенко, 2005; Volvenko, 2000, 2003 а, 2003 б, 2003 с, 2003 д, 2004 а, 2004 б, 2004 с, 2005 а, 2005 б, 2005 с, 2005 д;

Dulepova, Volvenko, 2002]. Она имеет самостоятельную ценность и, кроме того, позволила предельно увеличить надёжность исходного банка данных путём самого жёсткого отбора, проверки и редактирования массива траловых карточек. В частности, при подготовке ГИС нектона использованы данные только 253 научно-исследовательских и научно-промышленных рейсов, в ходе которых за период с 24 декабря 1979 г. до 23 октября 2004 г. сделано хотя бы одно полноценное пелагическое траление на обследованной акватории. Таковыми не считались траления: 1) аварийные; 2) технические, или настроочные; 3) чисто промысловые; 4) продолжавшиеся более 3,5 ч либо не более 10 мин (если в последнем случае трал поднимали на борт без улова), а также 5) выполненные в эпипелагиали (горизонт хода верхней подборы — до 200 м) со скоростью менее 3 узлов. После их отбраковки объём выборки составил 20137 траловых станций. Для построения таблиц пришлось дополнительно исключить научно-промышленные траления и прицельные траления по эхозаписям. Дело в том, что почти все траловые карточки научно-промышленных тралений содержат достоверную информацию только о наиболее массовых промысловых объектах, что существенно искажает реальное соотношение обилия видов, а прицельные траления непомерно завышают оценки средней плотности населения минтая, сельди, лемонемы, мойвы, ан-

чоуса и некоторых других рыб. Таким образом, объём выборки сократился до 18890 станций, выполненных в 230 рейсах. Кроме того, все исходные данные были снова проверены и отредактированы. В частности, для выявления ошибочных данных использовались три программы, написанные д.б.н. В.В. Сухановым (Институт биологии моря ДВО РАН) на алгоритмическом языке Pascal [Нектон..., 2006].

Ещё раз обратим внимание на различия двух типов БЗ, создаваемых в соответствии с КИО: ГИС, использованные для построения карт атласов, позволяют рассматривать пространственно-временную динамику сотен объектов — промысловых и массовых видов и групп. Таблицы же содержат подробную информацию о составе и обилии всего нектона обследованных акваторий (до 780 видов макрофагуны на район).

В каждой таблице содержится информация о встречаемости (доля траловых станций, на которых обнаружен данный вид/группа животных, в % от общего числа учётных станций), среднем обилии ($\text{экз}/\text{км}^2$ и $\text{кг}/\text{км}^2$) и стандартной ошибке среднего с поправкой Шеппарда [см. напр.: Лакин, 1973]. При этом виды, таксономические и размерно-возрастные группы гидробионтов отсортированы не в систематическом или алфавитном порядке, а в порядке убывания их биомассы. Числа 0,000 в нижних строках таблиц означают массу менее $0,5 \text{ г}/\text{км}^2$. В самом конце списка находятся виды, биомасса которых неизвестна (обозначена «?»). Это не всегда значит, что она минимальна, просто улов этих животных не взвешивали, особей не промеряли, их среднюю массу не определяли. Итоговые строки таблиц — «Все рыбы», «Все головоногие» и т.п. — содержат соответствующие суммарные средние и их стандартные ошибки, вычисленные по формуле:

$$m_{\sum x} = \sqrt{m_1^2 + m_2^2 + \dots + m_n^2},$$

где $m_{\sum x}$ — выборочная ошибка суммы n средних арифметических, сопровождаемых их ошибками $m_1 - m_n$ [Лакин, 1973].

В 2012 г. была издана новая серия аналогичных табличных справочников [Макрофагуна..., 2012 а, 2012 б, 2012 в], в которых содержится скорректированная и существенно дополненная информация не только о нектоне

(рыбах и круглоротых, кальмарах и пелагических осьминогах, креветках и шrimpsах), но и о так называемых желетельных представителях макропланктона (цифоидных и гидроидных медузах, гребневиках, голожаберных моллюсках, пелагических оболочниках). Таким образом, в них (рис. 17) представлена вся траловая макрофагуна пелагиали. Кроме чисто пелагических животных, в толще воды периодически появляются многие демерсальные рыбы и придонные беспозвоночные, особенно часто они поднимаются туда в тёмное время суток. Данные по ним также включены в ЭСС и опубликованные на её основе таблицы, поскольку эти представители макрофагуны составляют временный, но существенный элемент биотопических группировок пелагиали.



Рис. 17. Табличные справочники по всей макрофагуне пелагиали

После создания БД с материалами донных траловых станций и ЭСС на её основе, была опубликована следующая серия из пяти справочников [Макрофагуна..., 2014 а, 2014 б, 2014 в, 2014 г, 2014 д] с подробной информацией о составе и обилии всей донной и придонной макрофагуны обследованных акваторий (рис. 18).

Для учёта бентоса и нектобентоса традиционно применяется более дробное районирование акватории: стандартные районы делятся изобатами на батиметрические зоны [Волвенко, 2015 б. Рис. 5], поэтому общее число участков, по которым осредняется информация, возрастает. Соответственно увеличилось число итоговых таблиц, публикуемых в новых справочниках по макрофагуне бентали. Ещё одним отличием этой серии является то, что в ней входит отдельный том по зал. Петра Великого [Макрофагуна..., 2014 а]. Этот залив в настоящее время является основным на российском Дальнем Востоке районом развивающейся морс-



Рис. 18. Табличные справочники, в которых обобщаются данные о встречаемости, численности и биомассе видов и групп бентоса и нектобентоса дальневосточных морей и северо-западной части Тихого океана

кой аквакультуры промысловых беспозвоночных, которая, несомненно, имеет большое будущее. При значительных масштабах она неизбежно будет оказывать заметное влияние на экологию прибрежной зоны, её сообщества и состояние диких популяций промысловых объектов. Сохранится в заливе и рыболовство — промысловое и любительское. Усилился влияние на экосистемы залива и других видов хозяйственной деятельности. Тем более что прибрежная зона залива уже сейчас является наиболее заселенной на российском Дальнем Востоке. Количественные данные настоящего справочника окажутся полезными в качестве исходной базы для сравнения и прогнозирования при мониторинге состояния шельфовых сообществ. В перспективе это важно и с других позиций. Зал. Петра Великого находится вблизи Субарктического фронта, разделяющего умеренную и субтропическую зоны. При циклической смене климатических периодов состав биоты в заливе, особенно пелагической, соответствующим образом изменяется: при устойчивом потеплении здесь значительно увеличивается количество южных видов; у местных видов в зависимости от климато-гидрологических перестроек изменяется успешность воспроизводства, а следовательно, и численность. Содержащиеся в справочнике данные

также отражают эту межгодовую и многолетнюю динамику [Макрофауна..., 2014 а].

Таким образом, в 2003–2014 гг. издательством ТИНРО-Центра опубликована серия из 12 монографий-справочников общим объемом в 7187 страниц, содержащих результаты бонитировки морских акваторий ИЭЗ России и сопредельных вод.

Входящие в них таблицы содержат подробную информацию о составе и обилии всей пелагической, донной и придонной макрофауны обследованных акваторий. Это — встречаемость, численность и биомасса каждого вида животных в среднем за весь период наблюдений, а также по четырём сезонам (зима, весна, лето, осень) и четырём многолетним периодам, отличающимся по климато-океанологическим условиям и статусу биологических ресурсов. Кроме того, для населения пелагии данные группируются по трём слоям воды: эпипелагиаль (горизонт хода верхней подборы трала ≤ 200), верхняя эпипелагиаль (≤ 50) и мезопелагиаль (≥ 200 м); а для обитателей бентали — по восьми батиметрическим зонам с глубинами: < 50 , $50-100$, $100-200$, $200-300$, $300-500$, $500-700$, $700-1000$ и $1000-2000$ м. Для массовых хорошо изученных видов вся информация даётся раздельно по трём размерно-возрастным группам: мелкие /личинки, средние /молодь и крупные /взрослые особи. В итоговых строках таблиц для пелагической макрофауны приведены суммарные величины обилия всех рыб, головоногих, ракообразных, нектон, медуз, гребневиков, голожаберных и всей макрофауны, а для донной — всех рыб, брюхоногих, двустворчатых, креветок и щrimсов, крабов и крабоидов, морских ежей, голотурий, медуз и гребневиков, всех беспозвоночных и всей макрофауны.

Все вместе они дают возможность оценить не только плотность населения, но и валовый запас (а также сезонную и межгодовую динамику обилия) любого из ВБР дальневосточных морей и СЭТО. Для этого при применении традиционного «площадного» метода показатели абсолютного обилия гидробионтов вычисляются умножением их средней плотности ($\text{экз}/\text{км}^2$ или $\text{кг}/\text{км}^2$) на площадь дна акватории (тыс. км^2). Результат получается, соответственно, в тыс. экз. или в т. Нужные для

таких расчётов площади поверхности воды каждого из биостатистических районов приведены в справочниках по нектону и пелагической макрофауне, а площади дна всех батиметрических зон обследованных районов — в справочниках по макрофауне бентали. Способы вычисления площадей описаны в разделе «Материалы и методы» в каждом томе.

Серия этих справочников, несомненно, станет уникальной основой для будущих сравнений при мониторинге экосистем Северо-Западной Пацифики, что особенно актуально в связи с происходящими сейчас глобальными климатическими изменениями, а также с расширением добычи невозобновимых ресурсов (нефти и газа) на шельфе этого региона.

В заключение настоящего раздела следует отметить, что в 2010-х гг. для подготовки ЭСС и табличных справочников по макрофауне Северо-Западной Пацифики было создано новое (ещё не зарегистрированное в Госреестре) программное обеспечение, которое отбирает из БД данные учётных тралений, проведённых в 48 стандартных биостатистических районах ДВ морей и СЗТО (а для бентали — и в 8 батиметрических диапазонах), вычисляет по ним характеристики встречаемости и обилия каждого вида в каждой точке, причём делает это для рыб и беспозвоночных по разным выборкам (состав которых предварительно определён), записывает результаты расчётов в отдельную БЭ, группируя их по районам, диапазонам, биологическим сезонам года и многолетним периодам. Создано также программное обеспечение, автоматизирующее верстку готовых таблиц, составляющих основную часть справочников [Макрофауна..., 2012 а, 2012 б, 2012 в, 2014 а, 2014 б, 2014 в, 2014 г, 2014 д]. Это же программное обеспечение позволяет для предварительной проверки результатов на наличие возможных ошибок и опечаток делать вспомогательные проверочные таблицы в иных форматах, например, с данными об абсолютных биомассах различных групп видов.

Ранее эта работа делалась в полуавтоматическом режиме и на подготовку каждого тома первых справочников [Нектон..., 2003, 2004, 2005, 2006] к печати требовался почти год. Теперь автоматизация рутинных процессов позволила увеличить интенсивность подобной

работы в 5 раз и за год готовить к печати не 1, а 5 книг. При этом объём обработанной информации и сложность её обработки не уменьшились, а увеличились по сравнению с теми, что были в 2003–2006 гг.

Синтез информации из нескольких БД и БЭ. Выше даны некоторые примеры результатов, полученных с помощью обсуждаемых БД и БЭ, а также множество ссылок на публикации с другими примерами. В этом разделе будут показаны ещё несколько возможностей, которые появляются при синтезе информации из нескольких источников. Для этого проведём небольшое экономическое исследование ВБР западной части Берингова моря. В нём задействованы предварительные, ещё не опубликованные материалы исключительно в демонстрационных целях.

Из двух БД макрофауны пелагиали и дна отобраны станции, выполненные в западной части Берингова моря. Из данных исключены записи о непромысловых видах, а также о мелких (личинки) и средних (молодь) особях промысловых видов. В каждом трале рассчитана масса оставшихся гидробионтов, пересчитана на км^2 , найдены средние для одноградусных трапеций и ошибки средних, а также абсолютные значения в каждой трапеции и их ошибки. Далее то же сделано с возможным выходом продукции из ВБР и её оптовой стоимостью, определены средние цены на тонну готовой продукции и тонну сырья. Для этого использованы данные из таблицы (табл. 1), сведения для которой собраны в Интернете некоторыми сотрудниками ТИНРО-Центра.

Все расчёты выполнены отдельно для трёх групп ВБР: 1) рыб и беспозвоночных пелагиали (из уловов разноглубинных тралов); 2) донных беспозвоночных и 3) демерсальных рыб (из уловов донных тралов). Для построения карт (рис. 19) результаты суммированы по одноградусным трапециям, а в итоговой таблице (табл. 2) — по всей обследованной акватории.

Обратим внимание на следующие полученные результаты. Площадь, с которой можно снять урожай в пелагиали вдвое больше, чем на дне. Однако на дне его почти в 1,5 раза больше, чем в пелагиали. По стоимости ВБР максимум приходится на донных рыб. Продукция из дон-

Таблица 1. Нормы выхода продукции и цены на ВБР западной части Берингова моря

Вид/группа	Выход продукции, %	Цена, \$/т
Бычки	13	900
Гольцы	99	1300
Горбуша	99	1400
Зубатка	99	900
Камбалы	99	1600
Катран (колючая акула)	99	6250
Кета	99	1600
Кижуч	99	2000
Корюшка зубастая азиатская	99	1400
Корюшка малоротая	99	900
Лемонема	99	1100
Лещ морской японский	99	1600
Ликоды	99	1000
Лосось	99	1100
Макруры	99	1200
Миноги	13	900
Минтай	99	1200
Мойва	99	1100
Навага	99	1100
Нерка	99	1800
Окуни	99	2400
Палтус белокорый	99	9000
Палтус стрелозубый	99	6400
Палтус черный	99	7000
Сайка	99	800
Сайра	99	1000
Сельдевая акула	99	6250
Сельдь тихоокеанская	99	1100
Серебрянка	13	900
Сима	99	2000
Скаты	99	1900
Терпуг	99	2150
Треска	99	1350
Угольная рыба	99	9500
Чавыча	99	2200
Шипощек	99	1200
Японский анчоус	13	900

Окончание табл. 1

Вид/группа	Выход продукции, %	Цена, \$/т
Кальмар командорский	99	1200
Кальмар курильский	99	1200
Кальмар тихоокеанский	99	800
Краб волосатый пятиугольный	50	50000
Краб волосатый четырехугольный	50	50000
Краб камчатский	30	16000
Краб колючий	30	10000
Краб коуэзи	50	4000
Краб многошипый	50	4000
Краб равношипый	50	4000
Краб синий	30	14000
Краб-стригун ангулятус	50	8000
Краб-стригун бэрди	50	8000
Краб-стригун опилио	50	9000
Краб-стригун таннери	50	8000
Крабы (крабоиды)	30	10000
Крабы-стригуды	50	8000
Креветка гребенчатая	99	30000
Креветка гренландская	99	4000
Креветка равнолапая полосатая	99	15000
Креветка северная	99	12000
Креветка углохвостая	99	6000
Креветка японская	99	15000
Креветки	99	2000
Кукумария	99	1800
Морские гребешки	9	2800
Морские ежи	10	10000
Осминог Дофлейна гигантский	99	2500
Северный кальмар	99	600
Слизула	22	2180
Травянй чилим	99	2000
Трубачи	10	2200
Шrimсы козырьковые	99	4000
Шrimсы-медвежата	99	3000

Примечание: Двустворчатые моллюски йольдия, макома, мия, нукуляна, серипес, сердцевидки, плоский морской еж, асцидии, полярная акула, лапша-рыба и все мелкие мезопелагические рыбы, кроме серебрянки, не вошли в список.

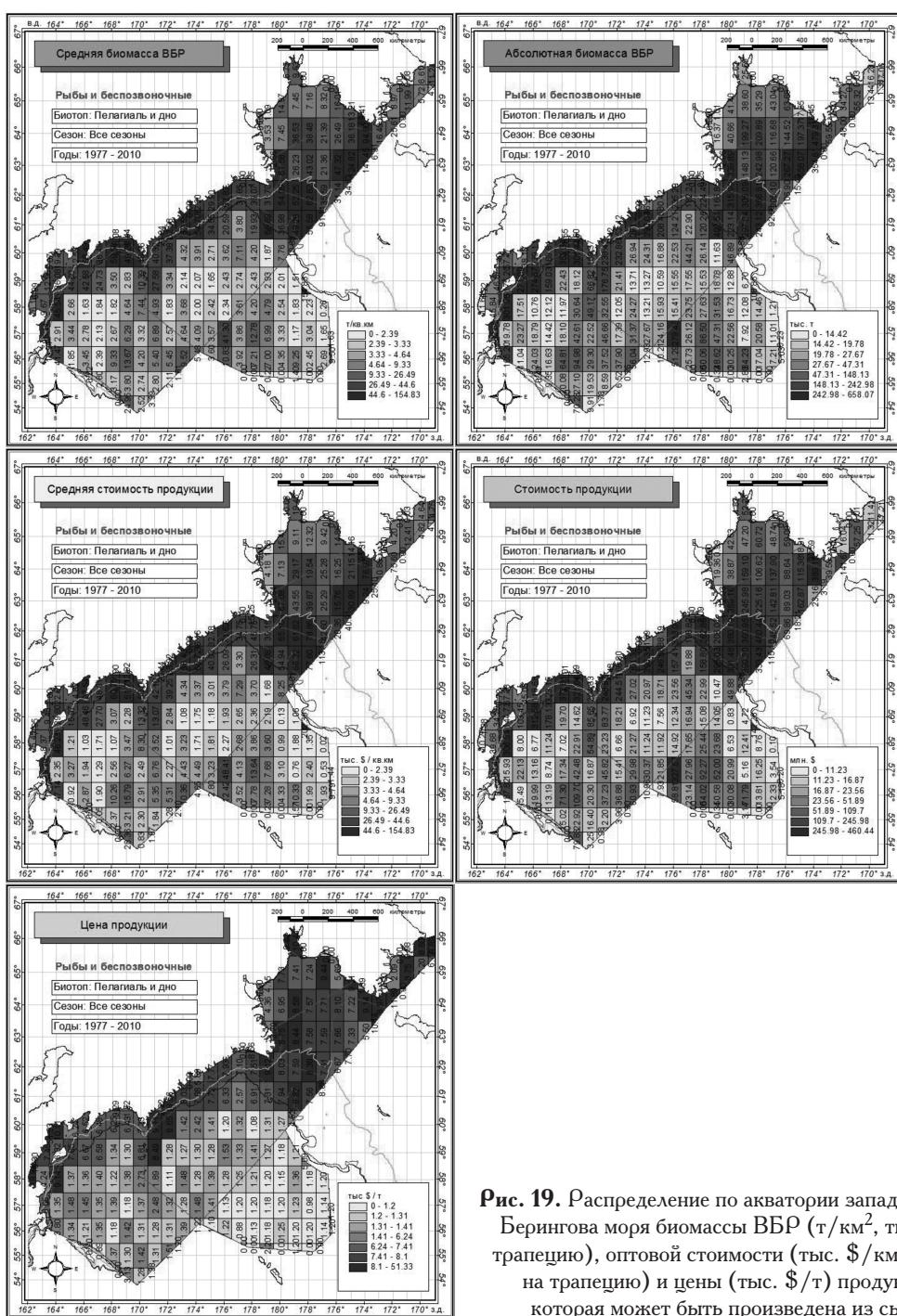


Рис. 19. Распределение по акватории западной части Берингова моря биомассы ВБР ($\text{т}/\text{км}^2$, тыс. \$ на трапецию), оптовой стоимости ($\text{тыс. \$}/\text{км}^2$, млн \$ на трапецию) и цены (тыс. \$/т) продукции, которая может быть произведена из сырца

Таблица 2. Среднестатистические экономические характеристики ВБР западной части Берингова моря

Обобщённый показатель	Пелагические рыбы и б/п	Донные рыбы	Донные б/п	Все ВБР
Обследованная площадь, тыс. км^2	886	380	343	904
Суммарная биомасса ВБР, тыс. т	$5\ 816 \pm 398$	$5\ 602 \pm 245$	$3\ 892 \pm 530$	$15\ 310 \pm 707$
Возможный выход продукции, тыс. т	$4\ 594 \pm 391$	$5\ 247 \pm 391$	330 ± 40	$10\ 171 \pm 461$
Стоимость продукции, млн \$	$5\ 582 \pm 463$	$7\ 284 \pm 295$	$1\ 682 \pm 203$	$14\ 548 \pm 586$
Средняя цена продукции, \$/кг	$1,21 \pm 0,14$	$1,39 \pm 0,09$	$5,10 \pm 0,88$	$1,43 \pm 0,09$
Средняя цена сырца, \$/кг	$0,96 \pm 0,10$	$1,30 \pm 0,08$	$0,43 \pm 0,08$	$0,95 \pm 0,06$

ных беспозвоночных почти в 4 раза дороже всей прочей, но в пересчёте на сырец она самая дешёвая, поскольку выход очень мал. Первичная переработка уменьшает улов почти на треть, но цена его возрастает с 1 до 1,4\$ за кг. Общая стоимость всех ВБР 14–16 млрд \$. Их суммарная биомасса составляет здесь около 15 млн т.

Много это или мало? С одной стороны, сумма в 14–16 млрд \$ относительно невелика: судя по оценкам известного финансового журнала «Forbes» [см. напр.: http://www.people.ru/friday/the_richest_men_of_russia.html; <http://ubiznes.ru/finansy-v-licax/bogatie-ludirossii-top-forbes-2013.html>], не менее десятка наших соотечественников имеют в личном распоряжении большие суммы. С другой стороны, не следует забывать о том, что ВБР, в отличие от нефти, газа, золота и т.п., это — возобновимые ресурсы. Они самовоспроизводятся без нашего участия, т.е. по большому счёту они бесценны.

Чтобы определить масштабы имеющейся в наличии сырьевой базы, оценённой примерно в 15 млн т, сравним её с реальным выловом ВБР в западной части Берингова моря. Для этого воспользуемся созданной в РЦД информационной системой СКИСР, о которой упоминалось во введении к данной серии статей. В ней аккумулированы данные ССД из государственных информационных систем «Рыболовство» с 1995 г. до настоящего времени и «РИФ» с 1984 до 1994 г. Взяв из неё данные за 30 лет и суммировав все уловы, полученные на рассматриваемой акватории, за каждый год, можно увидеть (рис. 20), что годовой вылов здесь колебался в широких пределах, но никогда не достигал 1 млн т. Среднемноголетняя его величина составляет 443 ± 37 тыс. т. Это всего $2,9 \pm 0,2\%$ от обсуждаемых 15 млн т. Всего за тридцатилетний период здесь добыто 13,282 млн т ВБР, т.е. чтобы освоить 15,310 млн т современными темпами потребуется 34 года. Добавим, что суммарный возможный вылов на всём ДВ бассейне в «Перспективном прогнозе до 2025 г.» оценивается в 3,910–4,560 млн т. Вылов 2013 г. по всей России составил 4,135, на ДВ — 2,805 млн т., а 2014 г. и того меньше [FishNews, 2014, 2015]. На этом фоне сырьевая база в 15 млн т выглядит весьма внушительно.

На рис. 20 показаны также объёмы разрешённого вылова за последние 8 лет. Они заметно скоррелированы с фактическим выловом. При этом оказывается, что из года в год даётся разрешение на вылов 4–5% имеющихся ВБР (0,588–1,132 млн т), осваивается от 61 до 80% этой квоты (0,406–0,686 млн т), что составляет лишь 3–4% величины сырьевой базы в её весовом эквиваленте.

При этом структура вылова не соответствует структуре запасов ВБР (рис. 21). Селективность вылова очень велика в отношении минтая и крабов, а запасы макруруса, сайки, мойвы, наваги, командорского кальмара, креветок и морских ежей явно недоиспользуются⁶. Вследствие этого пространственное распределение интенсивности промысла (рис. 22) абсолютно не совпадает с величиной запасов ВБР на конкретных участках акватории (см. верхнюю карту справа на рис. 19). В этом легко убедиться, сопоставив данные с двух соответствующих карт (рис. 23): корреляция между ними статистически недостоверно отличается от нуля. Соответственно, и нагрузка на экосистему распределена по акватории чрезвычайно неравномерно (рис. 24).

Иными словами, ни о каком рациональном использовании ресурсов не может быть и речи: каждый ловит то, что выгодно, и там, где удобно (даже если он действует в полном соответствии с существующими правилами рыболовства). С позиций же абсолютно всех рассмотренных выше концепций, в том числе рационального природопользования и экосистемного подхода к управлению биологическими ресурсами, промысловое изъятие не должно акцентироваться на отдельных коммерчески выгодных объектах. Оно должно распространяться на возможно большее количество компонентов биоты экосистем в соответствии с их запасами и продукцией [Шунтов, Иванов, 2015]⁷.

⁶ То же можно было бы сказать о лососях (кроме нерки), но их ловят в основном в прибрежной зоне, не охваченной комплексными съёмками: из-за бюрократических препон научные суда не могут работать в двенадцатимильной зоне.

⁷ Подобно тому, как в хорошем охотничьем хозяйстве поддерживается баланс между хищниками, их жертвами и конкурентами.

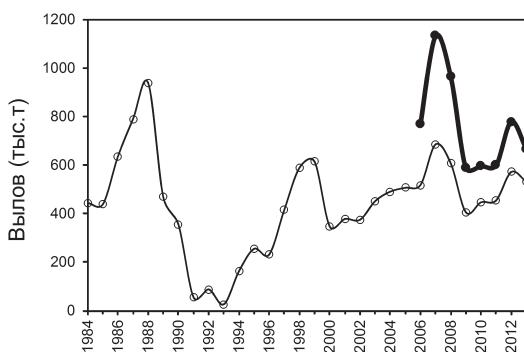


Рис. 20. Динамика суммарного годового вылова ББР за 30-летний период на акватории западной части Берингова моря, показанной на рис. 19 (тонкая линия со светлыми точками), и квоты на вылов за последние 8 лет этого периода (жирная линия с тёмными точками)

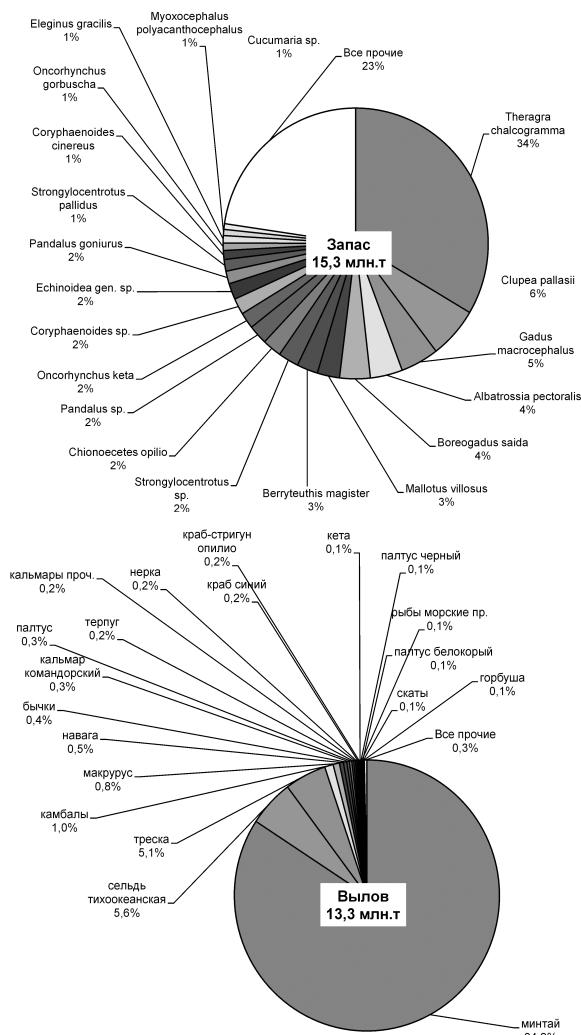
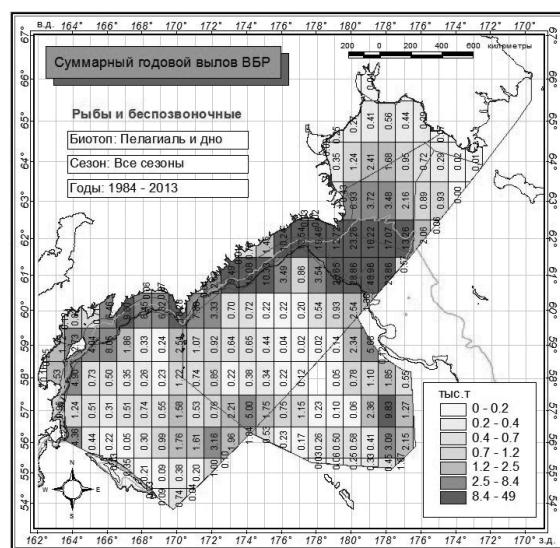


Рис. 21. Видовой состав ББР западной части Берингова моря (верхняя) и суммарного вылова ББР с этой акватории за 30 лет (нижняя цикограмма)

Рис. 22. Распределение вылова ББР по западной части Берингова моря

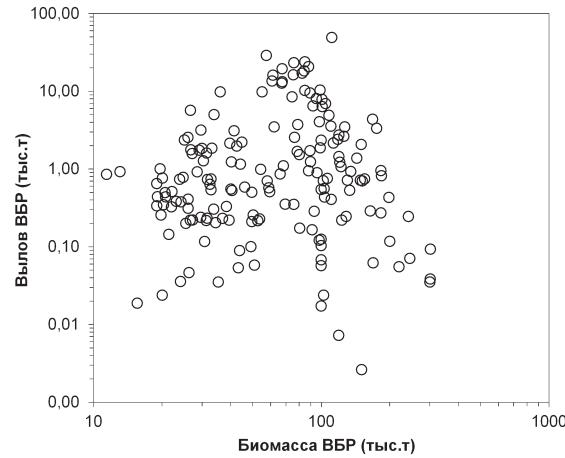


Рис. 23. Соотношение запаса и вылова на различных участках акватории западной части Берингова моря. Каждой точке соответствует одна одноградусная трапеция с карт, показанных на рис. 19 и 22

Если когда-нибудь понадобится исправить существующую ситуацию с промыслом или подсчитать ущерб от каких-либо техногенных воздействий на экосистемы ДВ морей, то информация, собранная при реализации КИО, будет востребована в полной мере.

Почти всё вышесказанное относится к ББР и другим представителям траловой макрофауны пелагиали и дна. С точки зрения экосистемного подхода, не менее важна и информация об их кормовой базе, т.е. о сетном зоопланктоне.

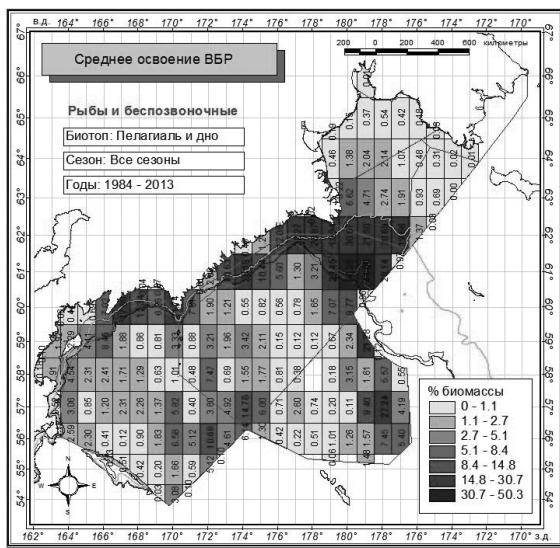


Рис. 24. Распределение промысловой нагрузки по акватории западной части Берингова моря

Как уже отмечалось, систематически данные об этой группе животных в комплексных экспедициях ТИНРО начали собирать с 1984 г. Однако по целому ряду причин единая институтская БД с материалами планктонных съёмок появилась только в 2014 г.

БД для биоресурсных и экосистемных исследований сетного зоопланктона. Для создания БД сетного зоопланктона использовались отраслевые нормы, унифицированные формы, кодификаторы [Унифицированные..., 1976; Кодификатор..., 1980 а, 1980 б; Инструкция..., 1982], предыдущий опыт и некоторые разработки, использованные при создании БД трашевой макрофауны. Исходные данные были взяты из электронных таблиц в формате Excel, предварительно подготовленных планктонологами по материалам тщательно отобранных рейсов. Дело в том, что они, как и ихтиологи, не во всех экспедициях одинаково полно учитывали весь улов, и многие материалы годятся для оценки обилия только самых массовых видов.

Д.б.н. А.Ф. Волков любезно предоставил файл (168 Мб) с четырьмя таблицами (244 столбца на 41809 строк), в котором содержалась информация о станциях, выполненных в Чукотском, Беринговом, Охотском морях и в северной части Тихого океана, с данными о численности ($\text{экз}/\text{м}^3$) и биомассе ($\text{мг}/\text{м}^3$) гидро-

бионтов, облавливаемых планктонной БСД. Аналогичные таблицы по Японскому морю были подготовлены к.б.н. Н.Т. Долгановой (14 Мб). В них содержались данные только о численности ($\text{экз}/\text{м}^3$). Биомассы были рассчитаны потом по данным о средних индивидуальных массах особей каждого вида.

Подобными таблицами планктонологи довольствовались в своей работе в течение многих лет. Существенные недостатки такого подхода к хранению и обработке данных стали обнаруживаться по мере их накопления. В 2014 г., в соответствии с планами по реализации КИО, эти таблицы были объединены и преобразованы в реляционную БД. Некоторые явные преимущества такой формы хранения данных перечислены в табл. 3.

В ходе работы над БД выявлены тысячи ошибок, опечаток и пропусков в исходных данных, исправлены: координаты, названия водоёmov и номера районов, даты и время отбора

Таблица 3. Сравнение двух форм хранения данных из планктонных карточек

Электронные таблицы или книги в формате Excel или т.п.	Современные реляционные базы данных
Огромное число колонок (переменных), в которых большинство значений равны нулю для необнаруженных видов	Нет лишних переменных и нулей
Для каждой станции «шапка» карточки дублируются семикратно	Нет повторов — все записи уникальны
Много текстовых значений	Текст заменен числовыми кодами (меньше места и быстрее обработка)
Содержит данные и результаты вычислений	Хранятся только исходные данные
Опечатки «,» вместо «,» или т.п. дают ошибки	Невозможно ошибиться в формате данных или сделать опечатку в латыни
Есть ограничения по числу строк и столбцов	Объем сохраняемых данных не ограничен
Возможны только простейшие варианты сортировки и выборки данных с малой скоростью при большой величине файла	Файл в разы меньше, а возможности и скорости обработки данных многократно больше

проб, попадание их на светлое или тёмное время суток, названия судов и номера рейсов, синонимы и устаревшие названия видов, отнесения размерных групп не к тем фракциям, отсутствующие и/или неверные значения численности (N) и биомассы (M)⁸; удалены дублированные записи, устраниены ошибки форматов данных. Все сделанные исправления согласованы со специалистами.

Затем сделаны карты (386 шт.) для проверки встречаемости видов/групп каждой из фракций на акватории Северной Пацифики. После всех исправлений данные из отнесенных к кубометру с учётом уловистости пересчитаны обратно в исходные. Теперь в таблицах содержатся не результаты вычислений, а исходные материалы для них — данные фактических измерений. Запросы к БД сделаны так, чтобы результаты получались приведёнными к кубометру с учётом коэффициентов уловистости. Теперь N и M , если понадобится, можно пересчитать с применением других коэффициентов уловистости. В конце концов из таблиц удалены теперь уже лишние поля. При этом уменьшился и размер БД.

Получившаяся в итоге новая БД — это объединённый, структурированный, тщательно проверенный и отредактированный компактный (52 Мб) массив данных, оптимизированный для их комплексной скоростной обработки. Сейчас он содержит информацию 25517 планктонных станций (рис. 25), выполненных в 235 рейсах, с данными более чем о 214 видах зоопланктона (табл. 4).

В текущем году описанная БД пройдёт все стандартные процедуры, предписанные КИО. В процессе создания ГИС и табличных справочников по планктону будет завершена проверка содержащейся в ней информации. Затем она будет официально зарегистрирована в Госреестре, и после утверждения дирекцией института Положения по этой БД РЦД начнёт принимать от сотрудников заявки на получение из неё данных или результатов их обработки.

⁸ Для Японского моря все M рассчитаны по N и W , а для остальных акваторий исправлены ошибки N и M , где разность $W_{\text{факт.}}$ и $W_{\text{теор.}}$ различались по модулю более чем на 20%, исходя из того, что до 1988 г. включительно верна биомасса, а с 1999 г. — численность.

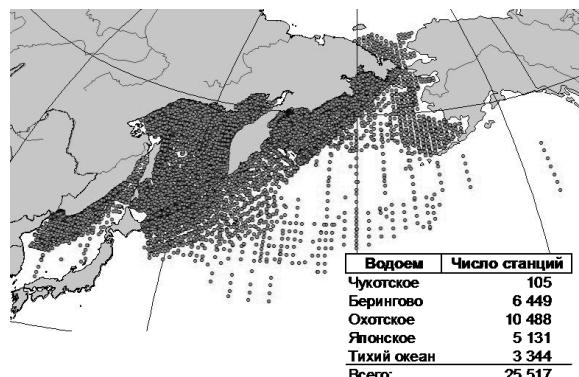


Рис. 25. Пространственное распределение станций БД «Сетной зоопланктон северной Пацифики 1984—2013 гг.» по всей обследованной акватории

Таблица 4. Состав мезофауны, обнаруженной на акватории, изображенной на рис. 25

Таксономическая группа	Число видов
Простейшие (протисты)	4
Желетельные (кишечнополостные и пелагические оболочники)	30
Веслоногие (copepody)	94
Бокоплавы (амфиоподы)	22
Эвфаузииды	18
Щетинкоцелостные (хетогнаты)	8
Меропланктон (личинки донных животных)	8
Ветвистоусые (кладоцеры)	8
Крылоногие моллюски	6
Мизиды	11
Кумовые	1*
Равноногие (изоподы)	1*
Ракушковые (остракоды)	1*
Прочие	2*
Всего:	> 214

Примечание. * — сборные группы, в которых не все особи идентифицированы до вида.

БЛИЖАЙШИЕ ЗАДАЧИ И ПЕРСПЕКТИВЫ КИО

В этом сообщении подведены основные итоги того, что сделано в ТИНРО-Центре за последние 20 лет в области информационного обеспечения биоресурсных и экосистемных исследований.

В настоящее время все упомянутые здесь БД пополняются данными последних рейсов, по БД зоопланктона готовится к печати новая серия табличных справочников.

В ближайшем будущем планируется дополнить БД макрофагами русскими и английскими названиями видов, а также информацией об их биогеографической принадлежности, создать ГИС по новой и обновлённым БД, а также новые ГИС стандартных районов для экосистемных работ с уточнёнными границами и морфометрическими характеристиками. Планируется также модификация структуры БД: устаревшие отраслевые требования 1970–1980-х гг. будут отброшены, из БД удалят лишние поля, информация для которых может быть вычислена по оставшимся данным, текстовые поля заменят кодами и т.д. На очереди создание новой БД по трофологии, в перспективе — по дночерепательным, водолазным и прочим количественным учётам гидробионтов, а также по данным, собираемым наблюдателями на промысловых судах. Ещё одна из актуальных задач — постепенный перевод всех АРМ, БД и БЗ на свободно распространяемое бесплатное программное обеспечение.

В свободное от перечисленной деятельности время будет продолжена подготовка заявок на официальную регистрацию выполненных разработок, а также рекламу новых возможностей, которые они дают для прикладных рыбохозяйственных и фундаментальных исследований Северной Пацифики.

Особым пунктом среди планов на будущее является создание объединённых БД и БЗ для общего использования сотрудниками всех рыболовецких институтов Дальнего Востока России. Ещё недавно этот пункт входил в совместные планы НТО ТИНРО. Более того, он вписан в «Комплексную программу рыболовецких исследований на Дальневосточном бассейне в 2012–2016 гг.» [Бочаров, 2012]. В 2013 г. на отчётных сессиях и совете директоров НТО ТИНРО пропагандировалась сама идея создания общих БД. В 2014 г. для начала были сделаны первые попытки обмена метаданными (сведениями о данных, имеющихся в каждом из институтов). Уже на этом этапе обозначились существенные организационные и просто психологические барье-

ры. Не все согласны делиться имеющейся информацией: многие не хотят ничего отдавать, а некоторые — даже брать. Будем надеяться на то, что работа в данном направлении когда-нибудь сдвинется с «мёртвой точки».

ЛИТЕРАТУРА

- Атлас количественного распределения нектона в Охотском море. 2003 / Под ред. В.П. Шунтова и Л.Н. Бочарова. М.: Национальные рыбные ресурсы. 1031 с.*
- Атлас количественного распределения нектона в северо-западной части Японского моря. 2004 / Под ред. В.П. Шунтова и Л.Н. Бочарова. М.: Национальные рыбные ресурсы. 988 с.*
- Атлас количественного распределения нектона в северо-западной части Тихого океана. 2005 / Под ред. В.П. Шунтова и Л.Н. Бочарова. М.: Национальные рыбные ресурсы. 1080 с.*
- Атлас количественного распределения нектона в западной части Берингова моря. 2006 / Под ред. В.П. Шунтова и Л.Н. Бочарова. М.: Национальные рыбные ресурсы. 1072 с.*
- Биологический энциклопедический словарь. 1989 / Под ред. М.С. Гилярова. М.: Советская энциклопедия. 864 с.*
- Бочаров Л.Н. 2012. Комплексная программа рыболовецких исследований на Дальневосточном бассейне в 2012–2016 гг. Владивосток: ТИНРО-Центр. 149 с.
- Волченко И.В. 1998. Проблемы количественной оценки обилия рыб по данным траловых съёмок // Известия ТИНРО. Т. 124. С. 473–500.
- Волченко И.В. 1999. Некоторые алгоритмы обработки данных по обилию и размерно-весовому составу уловов // Известия ТИНРО. Т. 126. С. 177–195.
- Волченко И.В. 2003 а. Морфометрические характеристики стандартных биостатистических районов для биоценологических исследований рыболовной зоны России на Дальнем востоке // Известия ТИНРО. Т. 132. С. 27–42.
- Волченко И.В. 2003 б. Новая ГИС для анализа сезонной и межгодовой пространственно-временной динамики нектона Охотского моря // Рациональное природопользование и управление морскими биоресурсами: экосистемный подход: Тез. докл. Междунар. конф. Владивосток: ТИНРО-Центр. С. 41–43.
- Волченко И.В. 2004 а. Геоинформационная система для анализа сезонной и межгодовой пространственно-временной динамики нектона Охотского моря // Известия ТИНРО. Т. 137. С. 144–176.
- Волченко И.В. 2004 б. Анализ степени альтернативности динамики обилия разных видов при отсутствии непрерывных рядов длительных наблюдений на примере нектона Охотского моря // Известия ТИНРО. Т. 139. С. 78–90.
- Волченко И.В. 2005. Информационное обеспечение рыболовецких исследований дальневосточных мо-

- рей России // Рыбохозяйственные исследования Мирового океана. Материалы III Международной научной конференции. Владивосток: Дальрыбвтуз. Т. 3. С. 88–90.
- Волвенко И.В.* 2007. Новая ГИС интегральных характеристик макрофауны пелагиали Северо-Западной Пацифики // Известия ТИНРО. Т. 149. С. 3–20.
- Волвенко И.В.* 2009. Интегральные характеристики макрофауны пелагиали Северо-Западной Пацифики. Автореф. дисс. ... докт. биол. наук. Владивосток: ТИНРО-Центр. 50 с.
- Волвенко И.В.* 2011 а. Картографическая база данных (геоинформационная система) «Нектон западной части Берингова моря 1982–2004 гг.». Авторское свидетельство № 2011620339. Россия.
- Волвенко И.В.* 2011 б. Картографическая база данных (геоинформационная система) «Нектон Охотского моря 1980–2003 гг.». Авторское свидетельство № 2011620397. Россия.
- Волвенко И.В.* 2011 в. Картографическая база данных (геоинформационная система) «Нектон северо-западной части Тихого океана 1979–2004 гг.». Авторское свидетельство № 2011620340. Россия.
- Волвенко И.В.* 2011 г. Картографическая база данных (геоинформационная система) «Нектон северо-западной части Японского моря 1981–2003 гг.». Авторское свидетельство № 2011620338. Россия.
- Волвенко И.В.* 2015 а. Информационное обеспечение комплексных исследований водных биоресурсов Северо-Западной Пацифики. Часть 1. Концепция, предыстория, начало реализации // Труды ВНИРО. Т. 156. С. 38–66.
- Волвенко И.В.* 2015 б. Информационное обеспечение комплексных исследований водных биоресурсов Северо-Западной Пацифики. Часть 2. Базы данных, базы знаний, автоматизированные рабочие места // Труды ВНИРО. Т. 157. С. 71–99.
- ДеМерс М.Н.* 1999. Географические информационные системы. Основы. М.: Дата+. 502 с.
- Иванов О.А., Суханов В.В.* 2002. Структура нектонных сообществ Прикурильских вод. Владивосток: ТИНРО-Центр. 154 с.
- Инструкция по заполнению унифицированных форм регистрации промыслового-биологических данных. 1982. М.: Изд-во ВНИРО. 163 с.
- Картографические проекции. Географическая привязка пространственных данных. 1994. М.: Дата+. 214 с.
- Кодификатор видов зоопланктона. 1980 а. М.: Изд-во ВНИРО, ПИНРО. 96 с.
- Кодификатор низших растений. 1980 б. М.: Изд-во ПИНРО, ВНИРО. 242 с.
- Кулик В.В.* 2009. Динамика обилия рыб и беспозвоночных в пелагиали Охотского моря в связи с гелиофизическими и климато-океанологическими факторами. Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Владивосток: ТИНРО-Центр. 24 с.
- Лакин Г.Ф.* 1973. Биометрия. М.: Высшая школа. 343 с.
- Макрофауна бентали залива Петра Великого (Японское море): таблицы встречаемости, численности и биомассы, 1978–2009 гг. 2014 а / Под ред. В.П. Шунтова и Л.Н. Бочарова. Владивосток: ТИНРО-Центр. 307 с.
- Макрофауна бентали западной части Берингова моря: таблицы встречаемости, численности и биомассы, 1977–2010 гг. 2014 б / Под ред. В.П. Шунтова и Л.Н. Бочарова. Владивосток: ТИНРО-Центр. 803 с.
- Макрофауна бентали Охотского моря: таблицы встречаемости, численности и биомассы, 1977–2010 гг. 2014 в / Под ред. В.П. Шунтова и Л.Н. Бочарова. Владивосток: ТИНРО-Центр. 1052 с.
- Макрофауна бентали северо-западной части Тихого океана: таблицы встречаемости, численности и биомассы, 1977–2010 гг. 2014 г / Под ред. В.П. Шунтова и Л.Н. Бочарова. Владивосток: ТИНРО-Центр. 554 с.
- Макрофауна бентали северо-западной части Японского моря: таблицы встречаемости, численности и биомассы, 1978–2010 гг. 2014 д / Под ред. В.П. Шунтова и Л.Н. Бочарова. Владивосток: ТИНРО-Центр. 748 с.
- Макрофауна пелагиали западной части Берингова моря: таблицы встречаемости, численности и биомассы, 1982–2009 гг. 2012 а / Под ред. В.П. Шунтова и Л.Н. Бочарова. Владивосток: ТИНРО-Центр. 479 с.
- Макрофауна пелагиали Охотского моря: таблицы встречаемости, численности и биомассы, 1984–2009 гг. 2012 б / Под ред. В.П. Шунтова и Л.Н. Бочарова. Владивосток: ТИНРО-Центр. 800 с.
- Макрофауна пелагиали северо-западной части Тихого океана: таблицы встречаемости, численности и биомассы, 1979–2009 гг. 2012 в / Под ред. В.П. Шунтова и Л.Н. Бочарова. Владивосток: ТИНРО-Центр. 616 с.
- Нектон Охотского моря: таблицы численности, биомассы и соотношения видов. 2003 / Под ред. В.П. Шунтова и Л.Н. Бочарова. Владивосток: ТИНРО-Центр. 643 с.
- Нектон северо-западной части Японского моря: таблицы численности, биомассы и соотношения видов. 2004 / Под ред. В.П. Шунтова и Л.Н. Бочарова. Владивосток: ТИНРО-Центр. 225 с.
- Нектон северо-западной части Тихого океана: таблицы численности, биомассы и соотношения видов. 2005 / Под ред. В.П. Шунтова и Л.Н. Бочарова. Владивосток: ТИНРО-Центр. 544 с.
- Нектон западной части Берингова моря: таблицы численности, биомассы и соотношения видов. 2006 / Под ред. В.П. Шунтова и Л.Н. Бочарова. Владивосток: ТИНРО-Центр. 416 с.
- Суханов В.В., Иванов О.А.* 2009. Сообщества нектона в северо-западной части Японского моря. Владивосток: ТИНРО-Центр. 282 с.
- Унифицированные формы регистрации промыслово-биологической информации в рыбном хозяйстве (ин-

- струкция по заполнению и перфорации). 1976. М.: ВНИРО. 164 с.
- Шунтов В.П. 2005. Опыт создания новой базы данных биологических ресурсов дальневосточных морей // Вопросы рыболовства. Т. 6. № 2 (22). С. 172–190.
- Шунтов В.П., Волченко И.В. 2005. Атласы количественного распределения нектона в дальневосточных морях // Дальневосточный регион — рыбное хозяйство. № 3. С. 19–42.
- Шунтов В.П., Иванов О.А. 2015 (в печати). Морские млекопитающие в макроэкосистемах дальневосточных морей и сопредельных вод Северной Пацифики // Известия ТИНРО. Т. 181.
- Шунтов В.П., Темных О.С. 2005 а. Новые представления об экологии тихоокеанских лососей в морской период жизни // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 3. Владивосток: Дальнаука. С. 594–609.
- Шунтов В.П., Темных О.С. 2005 б. Основные результаты изучения морского периода жизни тихоокеанских лососей в ТИНРО-Центре // Известия ТИНРО. Т. 141. С. 30–55.
- Шунтов В.П., Темных О.С. 2008. Тихоокеанские лососи в морских и океанических экосистемах. Владивосток: ТИНРО-Центр. Т. 1. 481 с.
- Dulepova E.P., Volvenko I.V. 2002. Nekton, Zooplankton, Zoobenthos, and Trophic Levels' Bioproduction Databases for the North Pacific // PICES XI Abstracts. China, Qingdao. October 20–24, 2002. P. 176.
- FishNews. 2014. <http://fishnews.ru/news/22709>
- FishNews. 2015. <http://fishnews.ru/news/25568>
- Map Projections. Georeferencing Spatial Data. 1994. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute, Inc. 252 р.
- Melnikov I.V., Loboda S.V. 2004. Interannual Variation of Pacific Herring Stocks in the Okhotsk Sea in Connection with Last Year's Cooling // PICES Sci. Rep. V. 26. P. 127–131.
- Nagasawa K. 1998. Predation by Salmon Shark (*Lamna ditropis*) on Pacific Salmon (*Oncorhynchus spp.*) in the North Pacific Ocean // Bull. NPAFC. N 1. P. 419–433.
- National Reports on Coastal and Marine Environmental GIS and RS Applications in the Northwest Pacific Re-
- gion. 2005 // UNEP/NOWAP/DINRAC/Publication. Beijing: DINRAC. N 4B. 126 p.
- Volvenko I.V. 2000. Problems in Estimation of Fish Abundance by Trawl Sampling. NPAFC Doc. 506. 29 p.
- Volvenko I.V. 2003 а. Data Base and GIS Technologies in Studying Nekton of the Northwest Pacific: The First Results and Perspectives. NPAFC Doc. 730. 17 p.
- Volvenko I.V. 2003 б. GIS and Atlas of Salmons Spatial-Temporal Distribution in the Okhotsk Sea. NPAFC Doc. 729. 32 p.
- Volvenko I.V. 2003 в. Knowledge Base and Catalogue of Salmons Abundance in the Okhotsk Sea. NPAFC Doc. 731. 67 p.
- Volvenko I.V. 2003 д. New GIS for Spatial-Temporal Dynamics Analysis of Okhotsk Sea Nekton // Abstracts of PICES 12th Annual Meeting. Seoul. P. 111–112.
- Volvenko I.V. 2004 а. GIS and Atlas of Salmons Spatial-Temporal Distribution in the Northwestern Part of Japan (East) Sea. NPAFC Doc. 812. 22 p.
- Volvenko I.V. 2004 б. Knowledge Base and Catalogue of Salmons Abundance of the Northwestern Part of Japan (East) Sea. NPAFC Doc. 813. 25 p.
- Volvenko I.V. 2004 в. New Research Outcomes on Spatial-Temporal Distribution of Salmon over the Northwestern Part of Japan (East) Sea. NPAFC Doc. 814. 10 p.
- Volvenko I.V. 2004 д. The Analysis of a Degree of Alternateness in an Abundance Dynamics of Different Species at Absence of Continuous Long Time Series Data // Quantitative Ecosystem Indicators for Fisheries Management: International Symposium, 31 March – 3 April, 2004. Paris, France. P. 109.
- Volvenko I.V. 2005 а. Knowledge Base and Catalogue of Salmons Abundance of the Northwestern Part of the Pacific Ocean. NPAFC Doc. 877. 56 p.
- Volvenko I.V. 2005 б. Knowledge Base and Catalogue of Salmons Abundance of the Western Part of the Bering Sea. NPAFC Doc. 878. 51 p.
- Volvenko I.V. 2005 в. GIS and Atlas of Salmons Spatial-Temporal Distribution in the Northwestern Part of the Pacific Ocean. NPAFC Doc. 879. 30 p.
- Volvenko I.V. 2005 д. GIS and Atlas of Salmons Spatial-Temporal Distribution in the Western Part of the Bering Sea. NPAFC Doc. 880. 23 p.

Поступила в редакцию 20.04.2015 г.

Принята после рецензии 17.07.2015 г.

**Dataware support of comprehensive studies
of Northwestern Pacific aquatic biological resources**
Part 3
GIS, atlases, reference books, further prospects of the concept

I.V. Volvenko

TINRO-Center (Vladivostok)

In the third final part of the paper, which beginning is published in the 156, and continuation is in the present volume of «Trudy VNIRO», are discussed two types of the knowledge bases, created during implementation of the Concepts of dataware support of bioresource and ecosystem researches of Northwest Pacific — GIS and electronic reference systems, methods of application in theory and practice of the atlases and tabular reference books made on their basis, as well as an example of synthesis of information from several data and knowledge bases for resource-economic researches. In one of the examples the estimations of total stocks and cost of the biological resources of the pelagic and benthic waters of the Western Bering Sea are given, and the features of their exploitation by fishermen during the last eight years are shown. It appears that modern trade doesn't correspond to the principles of rational environmental management at all. Just everyone catches that is favorable and wherein comfortable. As a result, the selectivity of the catch is very large in relation to a small number of species, most of the bioresources are clearly underutilized, and fishing pressure on the ecosystem distributed over the water area is extremely uneven. Further the organization in the TINRO-Center of a new big database of a net zooplankton (food supply for macrofauna) of Northern Pacific is described. Now it contains information from 25517 planktonic stations executed in 1984—2013 in 235 surveys in the Chukchi, Bering, Okhotsk, Japan/East Seas and in open waters of the Pacific Ocean with data more than about 214 zooplankton species. Finally, the immediate tasks and further prospects of the Concept of dataware support of bioresource and ecosystem researches of Northwest Pacific are briefly considered.

Key words: dataware, aquatic bioresources, ecosystem approach, Northwestern Pacific, databases, knowledge bases, automated workplaces, GIS, atlases, reference books.