

Автоматизированный расчет ущерба рыбным запасам от гибели кормовых организмов (на примере Баренцева моря)

✓ 502.3

Канд. биол. наук М.А. Новиков – ПИНРО

В результате планируемого широкомасштабного освоения минеральных ресурсов шельфа Баренцева моря практически неизбежно возникает угроза нанесения вреда окружающей среде. Очевидно, что при любых сколько-нибудь существенных промышленных разработках, сопровождаемых строительством и эксплуатацией гидротехнических сооружений, происходит гибель ряда планктонных организмов, в том числе имеющих кормовое значение, а значит, наносится ущерб рыбным запасам водоема (*Временная методика расчета ущерба рыбным запасам в результате строительства, реконструкции и расширения предприятий, сооружений и других объектов и проведения различных видов работ на рыбохозяйственных водоемах (от 20.10.1989 г.)*. М.: Минрыбхоз СССР, 1990. 63 с.).

Напомним, что, согласно существующей методике, величина ущерба (N , тонны) рассчитывается путем перевода массы кормовых организмов, например, планктона, в вес потребляющей его рыбы по формуле:

$$N = n_0 \cdot W_0 \cdot P/B \cdot 1/k_2 \cdot k_3 / 100 \cdot 10^6, \quad (1)$$

где n_0 – средняя концентрация кормовых организмов (в г/м³ воды); W_0 – объем вод, подвергшийся воздействию; P/B – коэффициент для перевода биомассы кормовых организмов в их продукцию; k_2 – кормовой коэффициент для перевода продукции кормовых организмов в рыбопродукцию; k_3 – показатель предельно возможного использования кормовой базы рыбой (в %); 10^6 – множитель для перевода граммов в тонны.

Если необходимо перевести массу рыбы в ее стоимость в рублях или иных денежных единицах, следует умножить полученный вес рыбопродукции (N) на рыночную цену данного вида рыбы. При выборе кормовых коэффициентов k_2 и k_3 руководствуются сведениями, взятыми из научной литературы или «Приложения» к указанной «Временной методике расчета ущерба рыбным запасам...». Как правило, это данные о рыбе-планктофаге, либо наиболее массовой в данном водоеме (акватории), либо наиболее ценной в рыбохозяйственном отношении. Оптимально было бы задействовать сведения о всех рыбах, потребляющих планктон в водоеме, с учетом соотношения объемов их вылова, но зачастую этого не делается вследствие большой трудоемкости расчетов. Чаще ограничиваются одним видом рыб, используя в качестве k_2 и k_3 максимальные из имеющихся показателей.

Объем воды, учитываемый при расчетах в формуле 1, обычно отражает количество воды, прошедшей через водозабор, где происходит полная или частичная гибель организмов. При определенном допущении можно считать, что за данную величину принимают любой объем водной толщи в рамках той или иной морской акватории, подвергнувшейся какому-либо воздействию при проведении гидротехнических работ, сейсмозазведки или при загрязнении, в результате которого там произошла гибель кормовых организмов, например, зоопланктона.

В настоящем исследовании нами была предпринята попытка смоделировать ситуацию ухудшения условий обитания гидробионтов и предложить модель автоматизированного расчета предварительной оценки ущерба рыбным ресурсам в результате гибели зоопланктона в рамках Исключительной экономической зоны (ИЭЗ) России и прилегающих акваторий Баренцева моря. Для решения данной задачи весьма эффективным представляется использование возможностей разработанной автором географической экспертно-аналитической системы (ГЭАС) Баренцева моря (*Новиков М.А. Оценочное эколого-рыбохозяйственное районирование морских акваторий// «Водные ресурсы», 2004. Т. 31, № 2. С. 199–208*).

Особенностью автоматизированных экспертных систем является возможность одновременного использования в расчетах постоянно обновляющейся электронной базы данных по состоянию множества параметров (характеристик) экосистемы моря. Это, прежде всего, количественные показатели распределения основных видов (группировок) гидробионтов, включая биоресурсы и кормовые объекты. Вся информация в данной экспертной системе хранится в унифицированном растровом формате: она аккумулирована по так называемым «промысловым квадратам» – трапециям регулярной градусной сетки координат размером 10' × 30' по широте и долготе соответственно.

Область данных по Баренцеву морю для решения поставленной задачи в рамках ИЭЗ РФ составляет трапецию координатной картографической сетки с диагональю 80° с.ш., 30° в.д. – 67°50' с.ш., 61° в.д., насчитывающую 3863 квадрата. Данные квадраты (трапеции) являются, таким образом, элементарными акваториями, для каждой из которых имеют место свои результаты всех расчетных процедур. Авторская ГЭАС для Баренцева моря содержит ряд подсистем, адаптированных для решения ряда прикладных задач, носит универсальный характер и выполнена в среде приложения *MS Excel* (электронные таблицы).

Методология расчета ущерба в ГЭАС сводится к тому, чтобы для каждой элементарной акватории рассчитать предполагаемую оценку ущерба, исходя из количественных данных о распределении плотности зоопланктона, объема водной толщи (от поверхности до глубины L с учетом площади) и доли предполагаемой его гибели в результате повреждающего воздействия (например, сейсмозазведки). Расчет ущерба в ценовом выражении выполняется в соответствии с формулой 1, но дополнительно с переводом данных из веса – в стоимость рыбопродукции. Для этого в формулу 1 мы ввели дополнительный множитель, соответствующий текущей рыночной стоимости 1 кг интересующей нас рыбы. Автоматизированный характер расчетов позволяет для вычисления интегрированной оценки (в данном случае – ущерба от гибели кормового зоопланктона) использовать любое количество необходимых данных.

В нашем случае мы провели расчет ущерба на основе допущения об одновременном потреблении зоопланктона четырьмя видами рыб: мойвой, сайкой, треской и пикшей. В качестве ха-

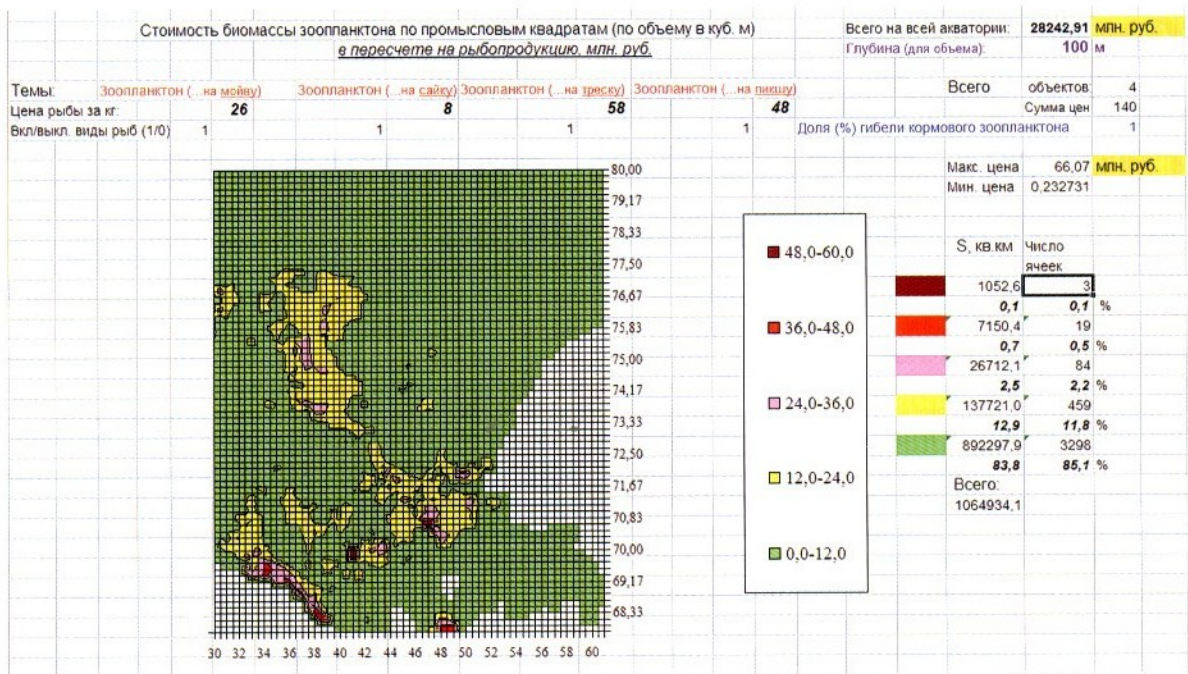


Рис. 1. Фрагмент ГЭАС Баренцева моря с синтетической картограммой-схемой оценки потенциального ущерба, который может быть нанесен акватории (в ценовом исчислении)

характеристики зоопланктона использовались данные ПИНРО о среднемноголетнем распределении суммарной биомассы мезо- (преимущественно калянуса) и макропланктона (эвфаузииды) в рамках ИЭЗ РФ.

Известно, что эвфаузииды и *Calanus finmarchicus* (совместно с *C. glacialis* – на севере) составляют до 90 % биомассы зоопланктона Баренцева моря (*Жизнь и условия ее существования в пелагиали Баренцева моря/ Под ред. Г.Г. Матишова. Апатиты: Изд-во КФ АН СССР, 1985. 218 с.*). О базе данных по зоопланктону можно сообщить следующее. Использованы данные о распределении биомассы летнего максимума мезозоопланктона в Баренцевом море в среднемноголетнем аспекте. Величины его биомассы колеблются в пределах 100–400 мг/м³. Также использованы данные о среднемноголетнем распределении биомассы эвфаузиид в летне-осенний период. В зависимости от акватории биомасса последних изменяется в диапазоне от 25 до 750 мг/м³ (*Живые ресурсы пелагиали и бентали Баренцева моря в районе обустройства и эксплуатации Штокмановского газоконденсатного месторождения (ГКМ)/ В.С. Баканев, Б.И. Беренбойм, С.С. Дробышева и др. Мурманск: Изд-во ПИНРО, 1997. 83 с.*). Суммарные биомассы кормового зоопланктона изменялись в рамках анализируемой акватории Баренцева моря в пределах 125–900 мг/м³.

Все расчеты в нашей ГЭАС производятся одновременно, но для удобства изложения разобьем эту процедуру на этапы. Так, на первом этапе производится расчет величины натурального ущерба для каждого из перечисленных видов рыб по формуле 1. Кормовые коэффициенты для каждого вида желательно использовать индивидуальные, причем, не следует забывать, что суммарный коэффициент k_3 для всех видов рыб не должен превышать 100 %. Мы использовали следующие величины последнего коэффициента в порядке перечисления рыб в последнем абзаце полосы 93: 50; 9,4; 20 и 20. Первые два значения взяты из «Приложения» к «Временной методике расчета ущерба рыбным запасам...», другие выведены экспертным путем. Значения кормовых коэффициентов k_2 установлены нами в рамках 71–11,5 на основе тех же подходов. Предвидим, что указанные величины могут стать объектом критики со стороны других специалистов, однако в рамках настоящего исследования они лишь переменные величины,

подставленные в расчеты, и в любой момент могут быть подкорректированы на основании экспертных заключений.

Расчеты первого этапа производятся в рамках отдельных листов «книги» Excel. В одной «книге» (файле) выполнена вся экспертная система. На отдельных листах аккумулирована информация – цифровые карты-таблицы – по распределению среднегодового вылова мойвы, сайки, трески и пикши по промышленным квадратам: как фактического (в тоннах), так и относительного (в долях от общего вылова четырех объектов).

На втором этапе процедуры производится окончательный расчет оценки ущерба в ценовом исчислении в рамках каждого промышленного квадрата по общей формуле:

$$X_i = \left(\sum_{j=1}^p N_{ij} \cdot d_j \cdot c_j \right) \cdot S_i \cdot L \cdot M, \quad (2)$$

где X_i – значение i -го компонента (стоимостной ущерб); N_{ij} – компоненты j -го вектора из p исходных показателей (натуральный ущерб, в тоннах); d_j – весовые коэффициенты, отражающие долю j -го показателя в конструкции обобщенного показателя (доля данной рыбы в натуральном ущербе); c_j – рыночная цена рыбы (коэффициент перевода натуральной величины ущерба – в ценовую); S_i – площадь промышленного квадрата; L – толщина слоя воды; M – доля гибели кормового зоопланктона.

На рис. 1 представлен фрагмент ГЭАС, показывающий на плоскостной диаграмме (картограмме-схеме) результаты расчетов оценок стоимостного ущерба от гибели кормового зоопланктона. Непосредственно над картограммой располагаются строки, на которых выводятся значения цены каждого вида рыбы, для которых вычисляется натуральный ущерб. Цены находятся в активных ячейках, т.е. их величины связаны формулой 2 с ячейками цифровой карты. При всех изменениях цены на рыбопродукцию, доли гибели зоопланктона от предполагаемого воздействия или глубины «поражения» акватории происходит полный перерасчет цифровой оценочной карты с одновременной визуализацией результатов на итоговой картограмме. Понятно, что если цены всех видов рыб установить как 1, то цифровая карта будет отражать натуральный ущерб на промышленный квадрат (в тыс. т). Толщина столба воды, в котором может произойти предполагаемая гибель зоо-

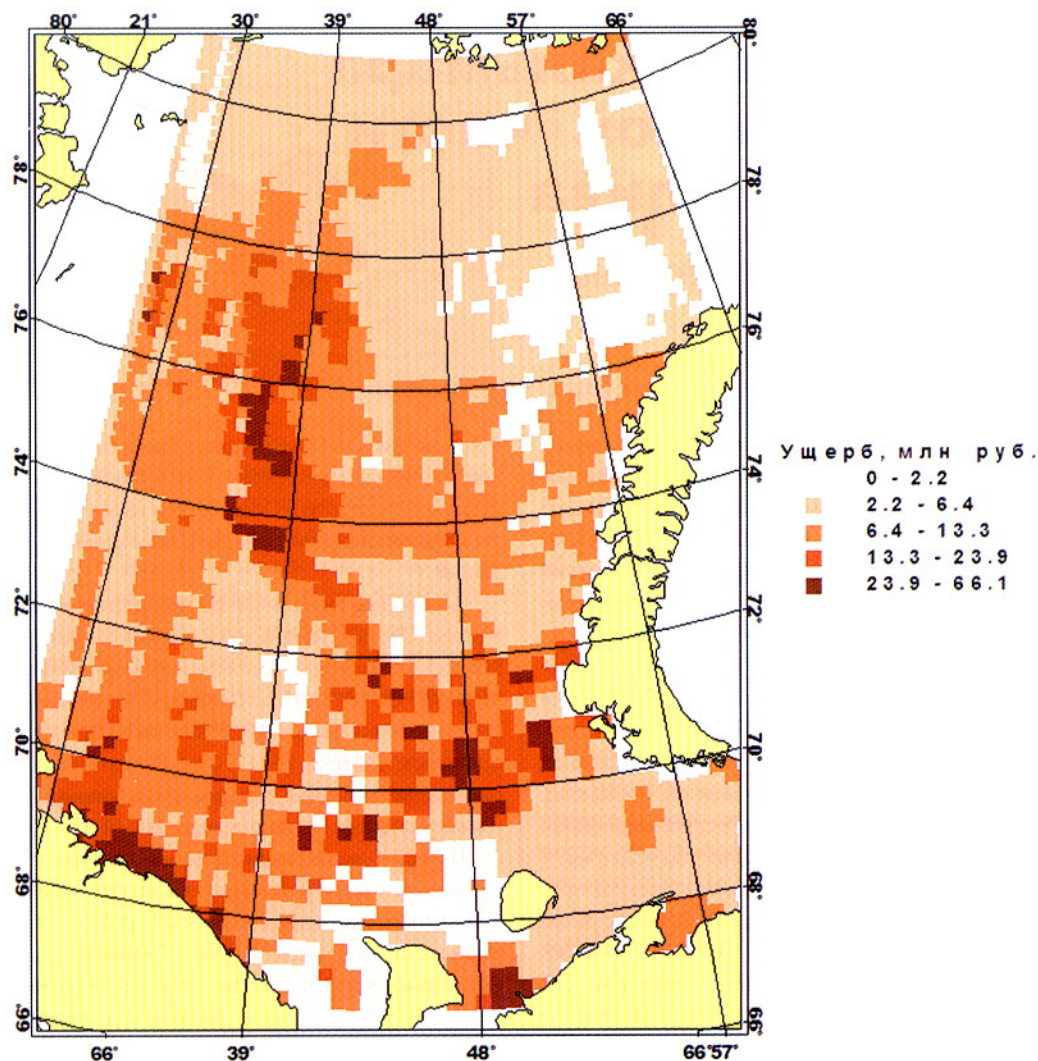


Рис. 2. Интегрированная картограмма распределения ущерба (в ценовом исчислении) от гибели кормового зоопланктона на акватории Баренцева моря (в слое 100 м, по промысловым квадратам)

планктона, принята нами за 100 м (может быть любая). Площади промысловых квадратов рассчитаны здесь же в соответствии с географической широтой района. Кроме указанных активных ячеек, представляющих веса тем, активизирован блок электронной таблицы справа от картограммы. Здесь в двух рядах ячеек содержится текущая информация о площадях и количестве элементарных акваторий, занимаемых тем или иным таксоном (оценочным классом), выделенным на карте определенным цветом. Речь идет о суммарной площади акваторий, обладающих близкими величинами ущерба.

Таким образом, расчет оценки ущерба для каждой из элементарных акваторий производится в режиме реального времени. Все параметры уравнений 1 и 2 включены в интерфейс ГЭАС в форме активных ячеек, внесение изменений в которые приводит к обновлению цифровой карты ущерба, картограммы (см. рис. 1) и справочной информации. Анализ полученных результатов (цифровых итоговых карт) позволяет привести некоторые интересные данные. Так, вычислено, что средняя величина натурального ущерба по всей анализируемой акватории составляет величину порядка $7,616 \cdot 10^{-6}$ кг/м³, а в ценовом выражении – $264,5 \cdot 10^{-6}$ руб/м³.

После завершения расчетов в ГЭАС итоговая цифровая карта оценки ущерба импортируется в ГИС-приложение Arcview 3.1, где выполняется конечная картограмма распределения величин

потенциального ущерба от гибели зоопланктона в рамках установленной акватории. Классификация данных производится в Arcview с помощью встроенного программного модуля по методу естественных границ на заданное нами количество таксонов (5 классов акваторий).

В результате была получена картограмма, представленная на рис. 2. Из картограммы видно, что максимальный ущерб от гибели зоопланктона может иметь место при воздействии на водную толщу в прибрежных районах Баренцева моря, в юго-западной его части, в районе Северо-Канинского плато – Гусиная банка, а также в так называемой «средней широтной зоне моря», особенно в области, примыкающей к Центральному плато.

В завершение настоящего исследования еще раз хотелось бы отметить, что предлагаемая автоматизированная оценка натурального ущерба рыбным ресурсам от гибели зоопланктона является приблизительной, не имеющей целью заменить действующую процедуру расчета ущерба, которая ориентируется на конкретные технические данные о проектируемых объектах. Наша задача – оценочная классификация акватории Баренцева моря по общему уровню потенциального ущерба, который может быть нанесен рыбному хозяйству в случае гибели кормового зоопланктона в результате той или иной производственной деятельности на различных участках шельфа.