

последовательного иерархического дешифрирования. Растровые файлы классов были объединены в единый файл, который затем был подвергнут автоматизированной генерализации. На заключительном этапе карта была переведена в векторный формат и дополнена файлом легенды.

Визуальный анализ по полученным целевым классам показывает их хорошую сходимость с реальной ландшафтной структурой изучаемой территории. Однако строгий научный подход требует проведения валидационных и верификационных исследований, которые в данной работе, к сожалению, не проводились. В дальнейшем, при выполнении аналогичных работ, планируется оценка достоверности результатов дешифрирования с построением матрицы ошибок. Информация, полученная в ходе исследования среды обитания, служит основой проведения бонитировки охотничьих угодий.

Организационная структура базы данных и архитектуры разработанной ГИС позволяет реализовать ее на территории любого субъекта РФ, что является еще одним шагом к формированию единой системы ведения охот хозяйственного реестра на территории страны и реализации инфокоммуникационных инструментов привлечения инвестиций в отрасль.

#### **Библиографический список:**

Приказ Минприроды России от 31 августа 2010 г. № 335 «Об утверждении требований к содержанию, формам отчетности об осуществлении переданных полномочий РФ в области охоты и сохранении охотничьих ресурсов».

Схема размещения, использования и охраны охотничьих угодий на территории Ставропольского края. – Ставрополь. - 2011.

Федеральный Закон «Об охоте и о сохранении охотничьих ресурсов и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» № 209-ФЗ от 17 июля 2009 года.

*статьи:*

Мышляков С.Г. Особенности дешифрирования ландшафтов по мультиспектральным космическим снимкам для создания карты элементов среды обитания охотничьих ресурсов. // Геоматика. – 2013. - №1

## **Некоторые примеры картографирования экологических рисков (ценовой подход)**

*М.А. Новиков*

*Полярный научно-исследовательский институт морского рыбного хозяйства и океанографии им. Н.М. Книповича (ПИНРО)*

*Мурманск, Россия, [mnovik@pinro.ru](mailto:mnovik@pinro.ru)*

## **Some examples of mapping ecological risks (price approach)**

*Mikhail A. Novikov*

*N.M. Knipovich Polar Research Institute of Marine Fisheries and Oceanography (PINRO)*

*Murmansk, Russia, [mnovik@pinro.ru](mailto:mnovik@pinro.ru)*

**Abstract.** Methodical approaches to the quantitative (price) evaluation of ecological risks as a result of economic activity in the sea areas allowing for their geographical positions and impacted area have been proposed. Calculations of ecological risks are based on the size of damage done by expected man's impact to aquatic ecosystems and their biological resources. The damage size done to biological resources and ecosystems is calculated using GIS-technologies, bases of digital cartographic data (archive data of PINRO) and based on proper normative documents of the Russian Federation.

В соответствии с российским законодательством анализ экологической безопасности необходимо строить на основе концепции приемлемого риска. Все риски, связанные, например, с добычей и транспортировкой углеводородного сырья в море, можно подразделить на следующие основные типы [Биненко, Берковиц, 2006]:

- риски, возникающие в процессе добычи углеводородного сырья (на платформах, добычных комплексах);
- риски, связанные с транспортировкой сырья и материалов как в результате танкерных перевозок, так и с эксплуатацией трубопроводов;
- риски, возникающие в процессе погрузочно-разгрузочных операций;
- риски в экосистемах, связанные с инвазией чужеродных организмов (биоинвазией).

Количественная оценка риска всех вышеперечисленных ситуаций связана с частотой реализации опасностей, то есть с отношением числа тех или иных неблагоприятных последствий к их возможному числу за определенный период. В общем случае для расчета величины риска в прикладной экологии используют известное выражение: Риск = Вероятность × Последствия (ущерб) [Ваганов, Им, 2001; Патин, 2001]. Для увязки понятий риска и ущерба можно привести такое уточняющее выражение: «Экологический ущерб – это реализованный экологический риск, а экологический риск – это потенциальный экологический ущерб» [Жукинский, 2003, с. 215]. В нашей работе в целях единообразия в терминологии мы рассматриваем риск как ожидаемый экономический ущерб, а вероятность наступления неблагоприятного события – как экологическую опасность.

В табл. 1 приводятся некоторые данные об экологических рисках как о частоте событий в году для разных объектов, связанных с загрязнениями углеводородами морских и прибрежных акваторий [Биненко, Берковиц, 2006].

Табл. 1. Вероятность событий с неблагоприятными экологическими последствиями (авариями), сопряженных с добычей нефти и газа и их транспортом в море

Наименование объекта	Событие (авария), 1/год
Добывающая платформа	$1,9 \cdot 10^{-3}$
Технологическая платформа	$5,6 \cdot 10^{-3}$
Плавучее нефтехранилище	$10^{-2} - 10^{-3}$
Нефтепровод (платформа-берег)	$2,8 \cdot 10^{-3}$
Акватория залива / моря	$2 \cdot 10^{-4}$
Газопровод	$10^{-4} - 2 \cdot 10^{-5}$
	$10^{-5} - 10^{-6}$

Опыт двухгодичной эксплуатации глубоководного газопровода «Голубой поток» (396 км по дну Черного моря), а также газопровода в Северном море подтверждает оценку приемлемого уровня экологической опасности для газопроводов в пределах  $10^{-5} - 10^{-6}$ . Расчетная вероятность крупных аварий за год для трубопроводов длиной 1000 км составляет  $10^{-4}$ , а реальная, особенно уже после многолетней эксплуатации –  $10^{-2}$  [Биненко, Берковиц, 2006].

Величина риска может рассматриваться через величину ущерба водным биологическим ресурсам (ВБР), нанесенного гибелью кормовых организмов в результате повреждающего антропогенного воздействия [Новиков, 2006а]. В настоящем исследовании мы рассмотрели способ оценки величины ущерба (вреда), а затем и риска с учетом площади акватории ожидаемого воздействия (влияния). Кроме того, мы предприняли попытку учесть и изменение уровня интенсивности воздействия на акватории, т.к. гибель кормовых организмов в море при реальных воздействиях – это переменная характеристика, имеющая градиент изменения, не только во времени, но и в пространстве. Изменение интенсивности воздействия в пространстве нашло свое отражение на картах, а значит и на картограммах результирующей величины ущерба.

Области воздействия антропогенных факторов на морские акватории обычно представляются в виде сложной полигональной темы, где ряд концентрических фигур (полигонов) отражает различные уровни воздействия – зоны уровней влияния. Зоны различных уровней воздействия могут представлять собой, например, участки водной поверхности с различной толщиной нефтяной пленки, объемы воды с различными концентрациями загрязняющего вещества, плотностями бактериального заражения, интенсивностями звукового сигнала и другими измеряемыми параметрами, изменяющимися по градиенту. Предполагается, что указанные полигональные темы классифицированы на основе атрибутивной цифровой информации, характеризующей выделенные классы по интенсивности (степени) проявления воздействия.

На основе общих методических подходов, изложенных ранее [Новиков, 2006а], мы разработали методику для расчета цифровых карт распределения величины рисков на акватории Баренцева моря в зависимости от конкретной площади (области) воздействия. Величины рисков рассчитываются в ценовом выражении для каждой элементарной акватории – промышленного квадрата с учетом уровней и области потенциально опасного воздействия. Для решения поставленной задачи использовались данные из базы цифровых картографических данных географической экспертно-аналитической системы (ГЭАС) Баренцева моря. Расчет производили с использованием программных средств, имеющихся в нашем распоряжении ГИС-приложения *ArcGIS*. Расчет ущерба ВБР производили согласно известному в практике рыбного хозяйства нормативному документу «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» (1990). Величины ущербов по уже сложившейся схеме вначале представляются в натуральном выражении, в расчете на промышленный квадрат (трапецию регулярной градусной сетки размером  $10' \times 30'$  по широте и долготе соответственно) в виде регулярной сетки-таблицы векторных данных (точечная тема). Наложение тематических слоев в среде *ArcGIS* (приложение *ArcMap*) дает картину, представленную, например, на рис. 1 для случая использования материалов по кормовому зоопланктону.

Показанная на рис. 1 точечная тема отражает возможную величину ущерба ВБР от гибели кормового зоопланктона в результате, например, аварии на подводном продуктопроводе на заданной части акватории Баренцева моря. Полигональная тема на карте ограничивает область воздействия этой гипотетической аварии. Интенсивность воздействия оценивается вероятностью гибели зоопланктона в толще воды. Здесь возникает первая задача: выполнить расчеты, объединяющие цифровые данные точечных и полигональных тем. В нашем случае требуется вычислить произведение вероятности гибели зоопланктона в результате возможной аварии на величину натурального ущерба для каждого подвергнувшегося воздействию промыслового квадрата.

Для проведения математических вычислений над данными, представленными регулярной сеткой векторных значений (гридом) и шейп-файлом полигональной темы, использовался модуль *Spatial Analyst* в среде *ArcGIS*. Математические операции над слоями пространственных данных осуществлялись с помощью инструмента «*калькулятор растров*». В первую очередь мы конвертировали векторные данные, участвующие в вычислении, в растровые. Имеющиеся данные по ущербу ВБР от гибели зоопланктона в виде точечной векторной темы преобразовали в растр с помощью инструмента «*конвертировать вектор в растр*». При преобразовании точки грида каждой ячейке присваивается значение точки, которая в ней оказалась. Для этого в настройках инструмента указываем поле, значения которого нас интересуют. Ячейкам, не содержащим точек, присваивается значение «нет данных». Аналогично преобразовали в растр данные о величине коэффициента влияния, представленного полигонами тематического слоя «Вероятность гибели зоопланктона» (см. рис. 1). Данная полигональная тема была создана нами произвольно, исходя из общих представлений о ситуации с утечкой нефтепродуктов из подводного продуктопровода и последствий этого события. При преобразовании полигонов каждой ячейке присваивалось числовое значение из той полигона, на который попадает ее центр.

Над исходными данными, преобразованными в растровые слои, можно выполнить математические вычисления. С помощью соответствующих операторов и функций можно построить выражение на основании значений входных ячеек, пространственно совпадающих с выходной ячейкой. Что и было сделано. Мы умножили значения одного растра на другой, используя калькулятор растров. На выходе получили растр, содержащий произведение величины ущерба от гибели зоопланктона в каждом квадрате на коэффициент вероятности этого события для заданной акватории. Данные по ущербу ВБР от гибели кормового зоопланктона, не входящие в полигоны зон влияния аварии, в новый растр не вошли.

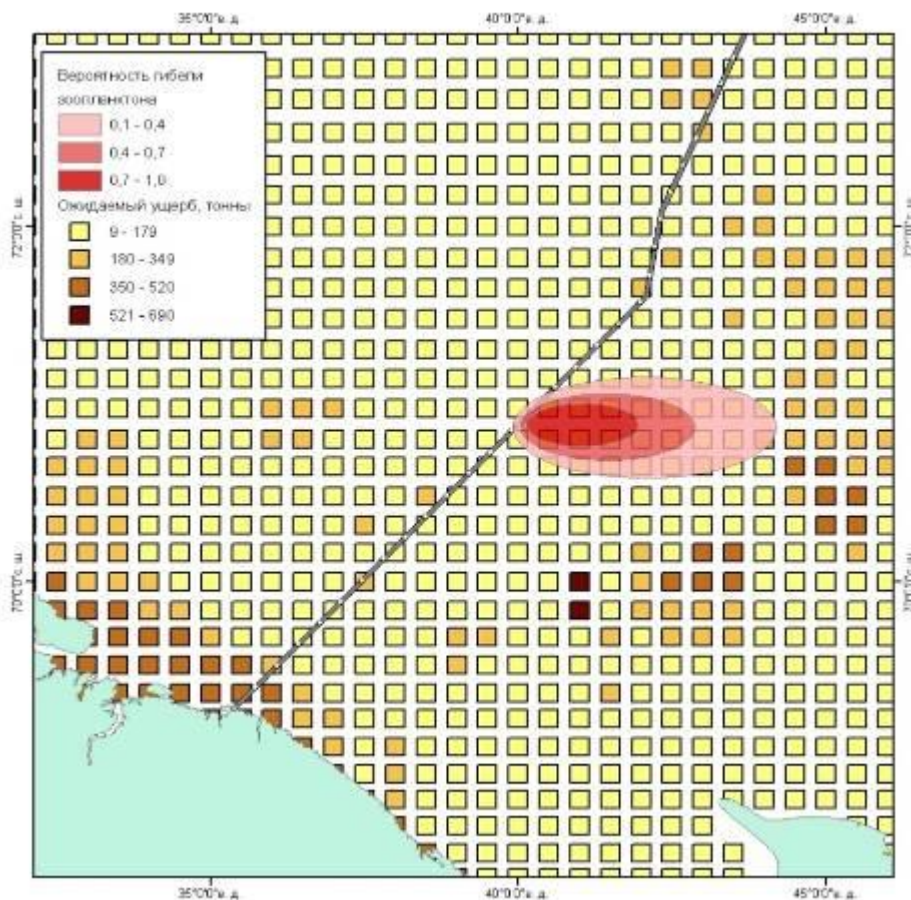


Рис. 1. Распространение гипотетической зоны поражения при прорыве магистрального газопровода на картограмме возможного ущерба рыбным запасам от гибели кормового зоопланктона в Баренцевом море

Для дальнейшей работы с вычисленными данными, их визуализации, необходимо эти данные обратно конвертировать в векторный слой. Для этой цели использовался инструмент «конвертировать растр в вектор». При преобразовании растра для каждой ячейки входного растра в выходном векторном слое была создана точка. Координаты каждой точки совпадают с центром соответствующей ячейки. Ячейки со значением «нет данных» не были преобразованы в точки. В итоге в атрибутивной таблице нового векторного слоя содержится поле с вычисленными значениями.

Полученный результат представлен на рис. 2 в виде картограммы распределения величины «взвешенного ущерба» от гибели зоопланктона в случае воздействия утечки углеводородов на заданной акватории. При помощи несложных операций с атрибутивной таблицей вычисленных значений можно определить суммарную величину ущерба ВБР от гибели кормового зоопланктона, которая в данном случае составила 981,174 т. Однако это значение нельзя считать окончательным, т. к. оно не достаточно точное. Оно представляет собой сумму рассчитанных величин взвешенного ущерба для 23 промысловых квадратов, но площадь этих квадратов, строго говоря, не равна площади зоны влияния. Понятно, что границы воздействия произвольно пересекают акваторию, затрагивая различные участки промысловых квадратов, занимающих приграничное положение. В случае, когда координаты точки, определяющей дислокацию промыслового квадрата, будут располагаться внутри границы воздействия, весь квадрат (вся его площадь) будет считаться охваченным воздействием, если за границами – то он не будет включен в расчеты. Площадь зоны влияния, показанной на рис. 1, при вычислении ее программными средствами приложения ArcMap составляет 7842 км<sup>2</sup>. Площадь 23 квадратов-трапеций в соответствии с их широтным положением равна 7753 км<sup>2</sup>. Отсюда, поправочный коэффициент равен 0,99 (7753/7842), а итоговая величина ущерба ВБР от гибели зоопланктона в зоне влияния – 971, 362 т.

Вычисленная нами величина не является окончательной оценкой риска. Мы назвали ее «взвешенный ущерб». Вероятность гибели гидробионтов должна быть дополнена вероятностью самого события аварии. Здесь, конкретизируя задачу, можно использовать различные данные, выдаваемые, например, проектировщиками. Так, для природного газа расчетная частота возможных утечек из трубопровода протяженностью 700 км составляет от  $1,2 \times 10^{-2}$  до  $6,8 \times 10^{-4}$  в год в зависимости от диаметра труб, при суммарной частоте аварий на всем протяжении трубопровода около  $1,5 \times 10^{-2}$  в год или  $2,1 \times 10^{-5}$  км/год [Патин, 2001].

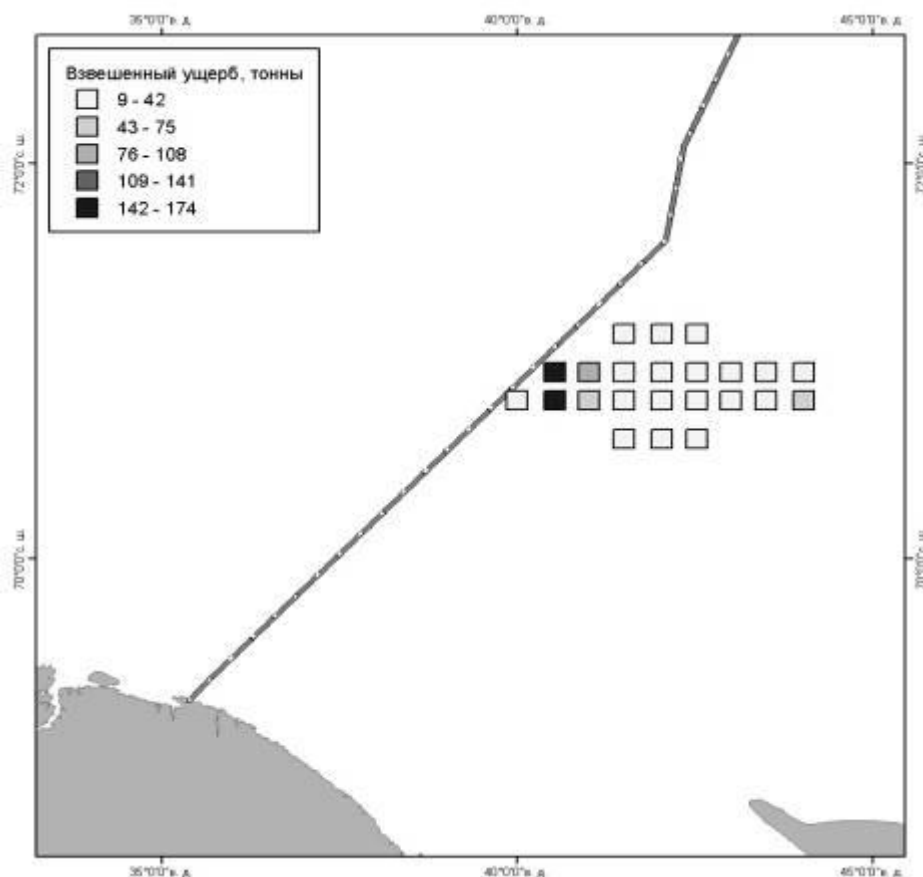


Рис. 2. Распределение величины взвешенного ущерба рыбным запасам от гибели зоопланктона при заданной площади и направлении распространения поражения

Аналогичная оценка по другому сахалинскому проекту для возможных аварий на нефтепроводе дает величину  $1 \times 10^{-3}$  утечек/км/год [Патин, 2001]. Таким образом, при умножении величины ущерба ВБР от

гипотетической аварии на подводном магистральном газопроводе на вероятность такого события, по аналогии с проектом «Сахалин 1», составляющей  $1,5 \times 10^{-2}$  в год, мы получим величину риска в 14,570 т в год. Удельная величина риска, следовательно, составит  $1,88 \times 10^{-3}$  т/км<sup>2</sup> зоны поражения в год. Понятно, что реальная величина зоны поражения будет зависеть от объема аварийного выброса (утечки) газа или газового конденсата и конкретных условий распространения загрязнения в морской воде. Для получения ценового (стоимостного) выражения риска представленный результат в тоннах следует умножить на величину 9 533,57 тыс. руб., что в итоге составит 138904,11 тыс. руб. в год (для площади 7842 км<sup>2</sup>). Приведенное выше значение для перевода натурального ущерба ВБР в стоимостное выражение (величину компенсационных затрат) дано в качестве примера расчета с учетом известной стоимости реконструкции Тайбольского рыболовного завода (Мурманская область) в ценах второй половины 2011 г.

Кроме методики расчета ущерба ВБР, существует известная «Методика исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства», разработанная под эгидой Министерства природных ресурсов РФ и утвержденная в Минюсте РФ 25 мая 2009 г. (далее – Методика) [Методика исчисления..., 2009]. Как следует из названия, настоящая методика применяется для исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства, в том числе нарушения правил эксплуатации водохозяйственных систем, сооружений и устройств, а также при авариях на предприятиях, транспорте и других объектах, связанных со сбросом вредных (загрязняющих) веществ в водный объект, включая аварийные разливы нефти и иных вредных веществ, в результате которых произошло загрязнение, засорение и (или) истощение водных объектов. Таким образом, данная методика расчета вреда (ущерба) напрямую касается оценки ситуаций, связанных с ожидаемыми последствиями аварийных разливов нефти и нефтепродуктов, сбросами с буровых платформ и т.п., которые могут иметь место в Баренцевом море при разработке месторождений углеводородов и транспорте сырья. Ее принципиальным отличием от предыдущей методики [Временная методика..., 1990] является то, что она «не распространяется на случаи исчисления размера вреда, причиненного ... водным биоресурсам в результате ухудшения экологического состояния водных объектов» [Методика исчисления..., 2009], т.е. эти методики дополняют друг друга.

Согласно порядку исчисления размера вреда, причиненного водному объекту, в случаях загрязнения водных объектов в результате аварий органическими и неорганическими веществами, пестицидами и нефтепродуктами, исключая их поступление в составе сточных вод и (или) дренажных вод, исчисление размера вреда производится по формуле [Методика исчисления..., 2009]:

$$Y = K_{az} \times K_e \times K_{ин} \times K_{dl} \times \sum_{j=1}^n H_i, \quad (1)$$

где  $Y$  – размер вреда, млн руб.;

$K_{az}$  – коэффициент, учитывающий природно-климатические условия в зависимости от времени года, определяется в соответствии с таблицей 1 приложения 1 к Методике;

$K_e$  – коэффициент, учитывающий экологические факторы (состояние водных объектов), определяется в соответствии с таблицей 2 приложения 1 к Методике;

$K_{ин}$  – коэффициент индексации, учитывающий инфляционную составляющую экономического развития, определяется в соответствии с п. 11.1 Методики;

$K_{dl}$  – коэффициент, учитывающий длительность негативного воздействия вредных (загрязняющих) веществ на водный объект при непринятии мер по его ликвидации, определяется в соответствии с таблицей 4 приложения 1 к настоящей Методике;

$H_i$  – такса для исчисления размера вреда при загрязнении водных объектов в результате аварий  $i$ -м вредным (загрязняющим) веществом определяется в зависимости от его массы ( $M$ ) в соответствии с таблицами 5-8 приложения 1 к настоящей Методике, млн руб.

С целью упрощения уравнения 1 и адаптации его непосредственно к нефтяному загрязнению А. Мохсен (2010) с учетом конкретных табличных значений, взятых из приложения к методике [Методика исчисления..., 2009], преобразовал его в следующую формулу:

$$Y = K_{вг} \times K_{в} \times 0,5048 \tau^{0,3292} \times (18,804 + 0,795M), \quad (2)$$

где  $Y$  – размер вреда от разлитой нефти, млн руб.;

$\tau$  – время принятия мер по ликвидации загрязнения, ч;

$M$  – количество разлитой нефти, т. Другие обозначения как в уравнении 1.

Таким образом, как видно из уравнений 1 и 2, расчет вреда водным объектам, вычисляемым на основе данной Методики, может служить основанием и для последующего расчета величин экологических рисков. Наиболее удобно рассмотреть пример такого расчета с использованием уравнения 2. Последнее обладает тем преимуществом, что позволяет рассматривать время принятия мер по ликвидации загрязнения ( $\tau$ ) как переменную величину, а не как коэффициент в случае с показателем длительности негативного воздействия ( $K_{dl}$ ). Ниже будет показано, что время принятия мер можно рассматривать как функцию расстояния, а

точнее, удаленности места аварии от станций размещения спецсредств по ликвидации аварийных разливов и главным образом судов, работающих по морским планам ЛАРН (ликвидация аварийных разливов нефти).

Целью нашей работы было: в соответствии с «Методикой исчисления размера вреда, причиненного водным объектам... (2009) рассчитать размер ожидаемого вреда (ущерба), причиненного Баренцеву морю в результате гипотетической аварии, сопровождающейся разливом нефтепродуктов. Расчет величины вреда был выполнен в специально созданной подсистеме ГЭАС Баренцева моря для расчета дистанций на основе адаптированного для нефти уравнения 2. В качестве основной переменной, влияющей на величину вреда, использовать время непринятия мер по ликвидации загрязнения.

Для решения поставленной задачи на первом этапе в среде ГЭАС Баренцева моря нами была создана подсистема выполнения расчетов дистанций от любой заданной точки Баренцева моря до каждой из элементарных акваторий (промысловых квадратов). Формула, лежащая в основе таких расчетов, достаточно известна и широко используется картографами, а также и не специалистами, так как она весьма доступна и для интернет-сообщества. Она может иметь некоторые модификации, увеличивающие или снижающие точность расчетов, но высокая точность последних в нашем случае не требуется. Мы использовали следующее выражение для расчета углового расстояния между двумя точками с заданными географическими координатами:

$$\Delta\sigma = 2 \arcsin \left\{ \sqrt{\sin^2 \left( \frac{\phi_2 - \phi_1}{2} \right) + \cos \phi_1 \cos \phi_2 \sin^2 \left( \frac{\Delta\lambda}{2} \right)} \right\}, \quad (3)$$

где  $\phi_1, \lambda_1$  и  $\phi_2, \lambda_2$  – широта и долгота двух точек в радианах;  
 $\Delta\lambda$  – разница координат по долготе.

Произведение углового расстояния на радиус сферы Земли (6 378 км) дает искомую метрическую величину дистанции.

Результат расчета расстояний (дистанций) приведен на рис. 3, на примере расположения центральной точки лицензионного участка Штокмановского газоконденсатного месторождения (ШКГМ). Расчет расстояний выполнен от заданной точки до координаты юго-западного (левого нижнего) угла каждого промыслового квадрата. Результаты приведенного расчета дистанций могут представлять и самостоятельное значение, так как позволяют оценить расстояние от предполагаемого эпицентра вредного воздействия до любого уязвимого или просто значимого участка Баренцева моря.

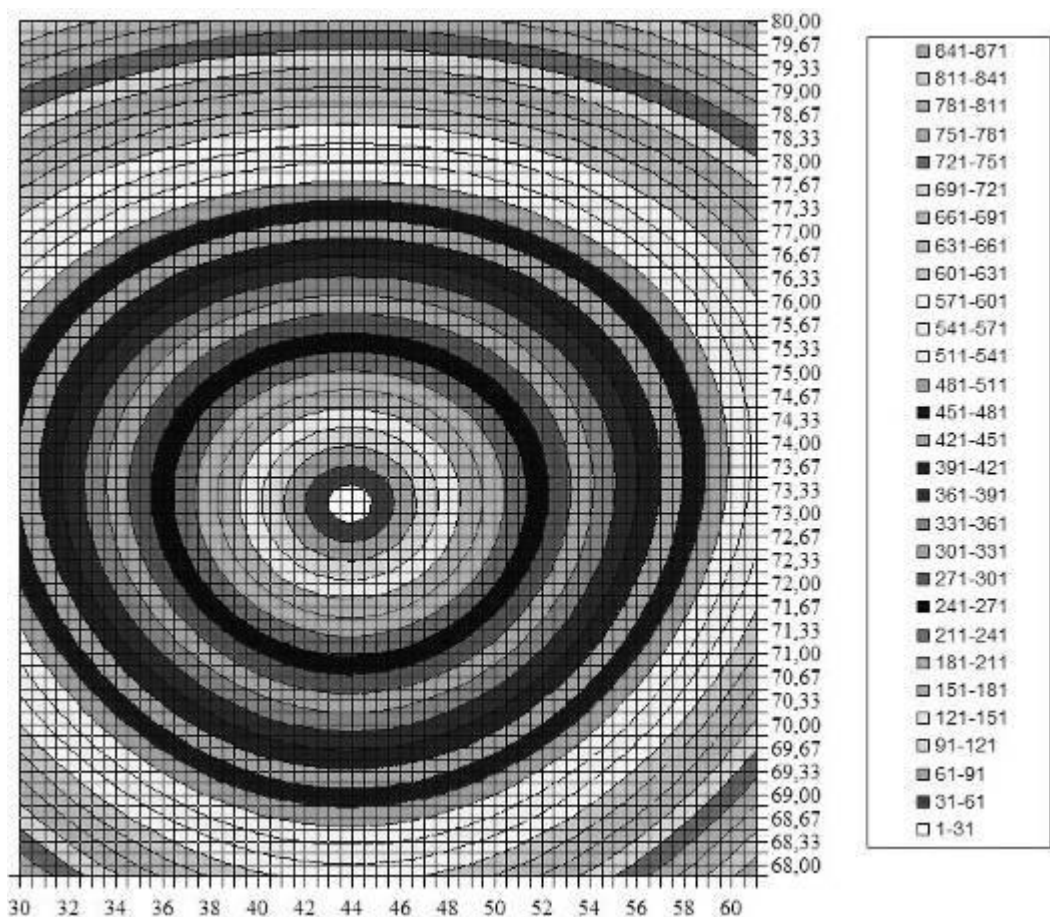


Рис. 3. Дистанция от месторасположения ШГКМ до различных районов Баренцева моря, км

Операции по выполнению расчета цифровой карты вреда, нанесенного водному объекту нефтяным разливом, для удобства можно разбить на два этапа. Первый заключается в расчете величины ключевой, на наш взгляд, величины времени принятия мер по ликвидации загрязнений (переменная  $\tau$  в уравнении 2). Она вычислялась по предложенному нами уравнению:

$$\tau = T_{np} + S \times v, \quad (4)$$

где  $S$  – расстояние от района нанесения вреда (возникновения ущерба) до места дислокации оперативно реагирующих специальных служб, ответственных за ликвидацию загрязнения (аварии), км;  
 $v$  – скорость движения судна или каравана судов, направленных на ликвидацию загрязнения в узлах;  
 $T_{np}$  – период принятия решения и мобилизационных мероприятий по отправке судов, ч.

Таким образом, переменная  $\tau$ , предложенная А. Мохсенем (2010), «расшифровывается» нами и приобретает вид линейной функции. Свободный член  $T_{np}$  в уравнении 4 фактически характеризует эффективность работы органов управления на местах, ответственных за принятие решений. При вычислении периода принятия мер ( $\tau$ ), скорость движения судна была принята нами за 11 уз., а длительность периода принятия решения и мобилизационных мероприятий для г. Мурманска условно была принята за 16 ч. На основе этих данных максимальное время принятия мер по ликвидации загрязнения для самых отдаленных от порта Мурманска районов Баренцева моря превысило 87 ч.

Второй этап расчетов заключается в подстановке данных, в том числе коэффициентов  $K_{вз}$  и  $K_{в}$ , в уравнение 2 в соответствующие ячейки подсистемы ГЭАС по расчету вреда и получения результатов итоговых расчетов. Величины этих коэффициентов берутся из таблиц Приложения к «Методике исчисления размера вреда...» (2009). Для Баренцева моря коэффициент учета экологических факторов составляет 0,95, а коэффициент учета природно-климатических условий в зависимости от времени года – 1,1 (для примера, взят летний сезон). Важной величиной для оценки величины вреда, безусловно, является объем попавшей в море нефти. Количество разлитой нефти мы условно приняли за 400 т. Примерная вместимость одного танка относительно небольшого танкера обычно варьирует в пределах 600-1500 м<sup>3</sup>. Плотность нефти составляет в среднем 0,8-0,9 г/см<sup>3</sup>. При пробое корпуса нефтеналивного судна выше ватерлинии более половины содержимого танка почти неизбежно попадет в окружающую среду. Согласно постановлению Правительства РФ «О неотложных мерах по предупреждению и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов» (от 15 апреля 2002 г.), разлив нефти и нефтепродуктов на море в объеме менее 500 т следует характеризовать как чрезвычайную ситуацию локального значения. В качестве исходной точки

отправки судов в целях ликвидации гипотетического нефтяного разлива взяты координаты порта Мурманск как ближайшего, где подобные суда могут базироваться, поскольку здесь расположен Мурманский морской спасательно-координационный центр (МСКЦ). Согласно сведениям МЧС России, основная часть Баренцева моря – это зона его ответственности [Атлас природных..., 2011].

На рис. 4 представлена картограмма распределения величины стоимостной оценки ожидаемого вреда, причиненного водному объекту «Баренцево море» в результате разлития на его акватории сырой нефти в объеме 400 т в летний период при условии дислокации судов специализированного флота ЛРН в порту г. Мурманска. Напомним, что длительность периода принятия решения ( $T_{np}$ ) в данном случае принята за 16 ч.

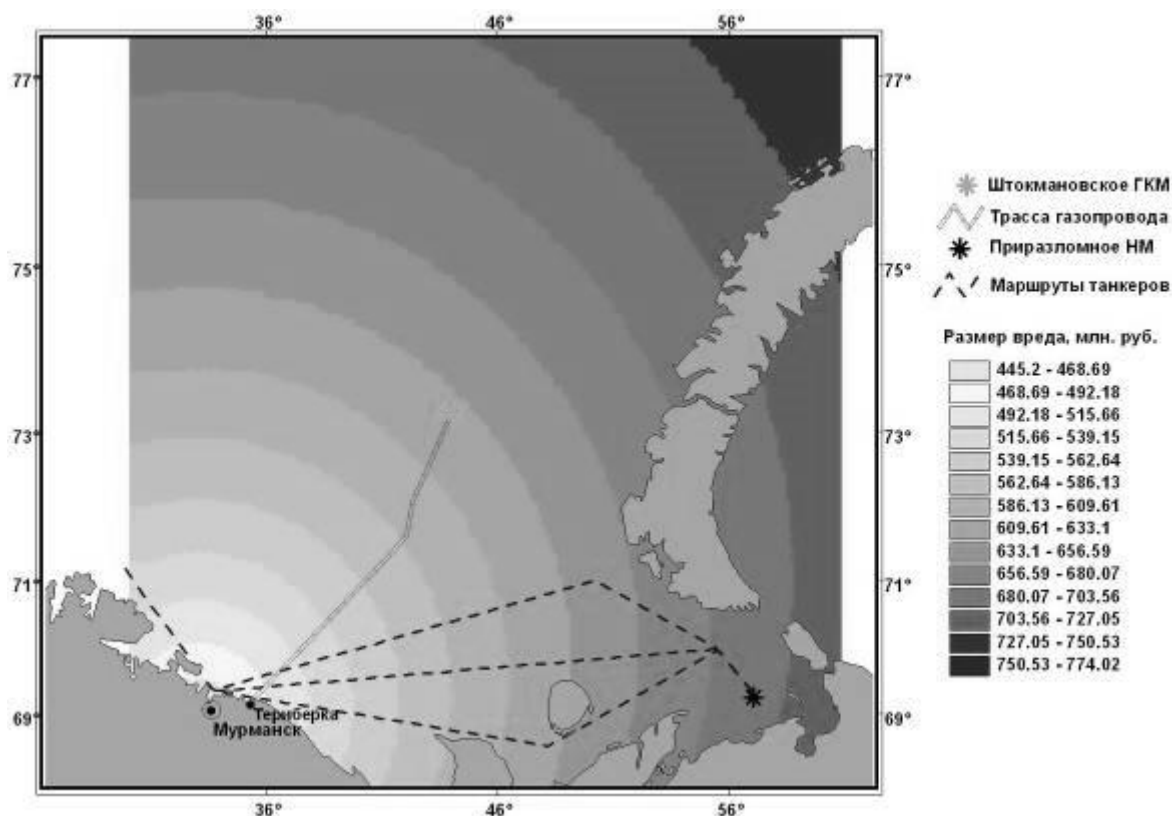


Рис. 4. Ожидаемый размер вреда нанесенного водному объекту (Баренцево море) в результате гипотетического разлива нефти в объеме 400 т на акватории при условии расположения специализированных судов в порту г. Мурманска, млн руб.

Из анализа цифровых данных карты, представленной на рис. 4, следует, что максимальная величина вреда (ущерба) составляет около 774,02 млн руб., минимальная – 445,20 млн руб. Среднее значение вреда по акватории составляет 658,84 млн руб. Из анализа картограммы также можно сделать предварительный вывод о том, что разлив подобного количества нефти в районе нефтяного месторождения «Приразломное» в Печорском море с координатами около 69°15' с.ш. и 57°14' в.д. может нанести вред водному объекту, согласно применяемой методике, в размере не менее 695 млн руб. в летний период, а в наиболее уязвимый весенний период – не менее 790 млн руб. Однако для Печорского моря следует обратить внимание на тот факт, что последние цифры размера вреда получены только на основе изменения величины коэффициента учета времени года  $K_{вз}$ , взятого из Приложения к Методике. В реальности цифры вреда могут быть намного больше по причине заранее не предсказуемого возрастания времени непринятия мер ( $\tau$ ). В период сложной ледовой обстановки в данном районе Баренцева моря (юго-восточная его часть), а такая часто складывается именно весной, время достижения района разлива судами-ликвидаторами может значительно возрасти относительно расчетного. Это обстоятельство, безусловно, скажется на конечной оценке величины вреда, причиненного водному объекту в результате аварии.

Для оценки величины риска необходимо располагать данными о вероятности события аварии, сопряженной с разливом нефти. В качестве примера можно использовать различные данные, основанные на разных подходах. Расчетные оценки частот возникновения крупных разливов в открытом море (для Баренцева моря), приводимые российскими специалистами из НМЦ «Информатика риска» [Журавель и др., 2007], дают величину вероятности по временной шкале порядка  $1,0 \times 10^{-2}$  в год. Умножаем эту величину на полученную в наших расчетах среднюю величину ожидаемого вреда, нанесенного Баренцеву морю, – 658,84 млн руб. (в случае разлива 400 т нефти летом) и получаем среднюю величину экологического риска 6,588 млн руб./год. В случае возможного разлива нефти на отгрузочных терминалах в Печорском море



летом и осенью величины риска составят порядка 69,5 и 79,0 млн руб./год, соответственно, исходя из расчетной величины вероятности аварии в портах и терминалах в  $1,0 \times 10^{-1}$  [Журавель и др., 2007].

Безусловно, представляется предпочтительным, чтобы специализированный флот, отвечающий за выполнение программы ЛАРН в плане эксплуатации нефтяного месторождения «Приразломное», как, впрочем, и других осваиваемых месторождений Печорского моря, дислоцировался бы ближе к району выполнения работ, например, в порту г. Нарьян-Мар. В принципе так и должно быть, поскольку Печорское море относится к зоне ответственности Архангельского морского спасательного подцентра (МСПЦ) [Атлас природных..., 2011]. Однако достоверными сведениями о наличии такого флота в порту г. Нарьян-Мар мы на начало 2014 г. не располагали.

В случае базирования спасательного флота в г. Нарьян-Мар ожидаемый вред водным экосистемам был бы значительно ниже. На рис. 5 представлена картограмма распределения величины стоимостной оценки ожидаемого вреда, причиненного водному объекту в результате разлива на его акватории сырой нефти в объеме 400 т в летний период при условии дислокации судов специализированного флота ЛРН в порту г. Нарьян-Мар. Длительность периода принятия решения ( $T_{пр}$ ) в этом случае принята нами за 10 ч, поскольку в относительно небольших населенных пунктах все решения на уровне взаимодействия местной власти, портовой, пограничной и таможенной служб и МЧС, как правило, происходит заметно быстрее.

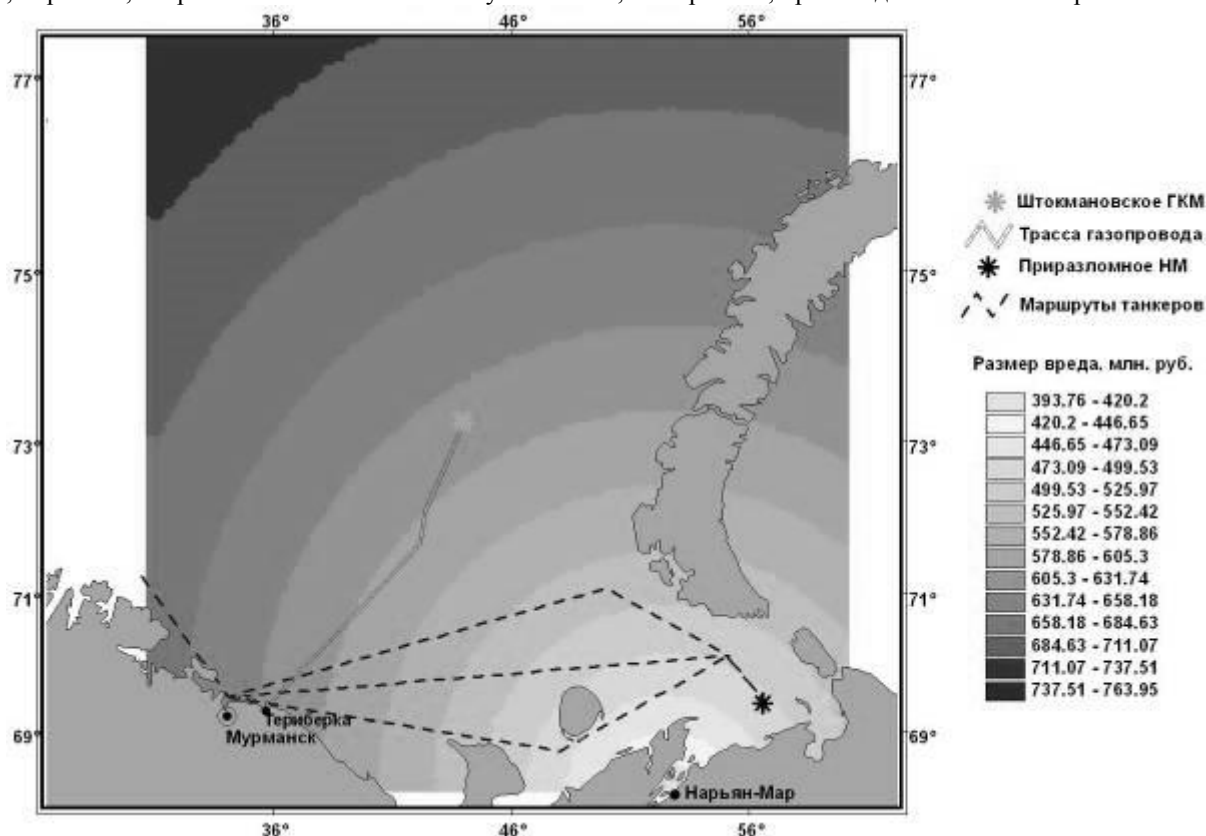


Рис. 5. Ожидаемый размер вреда, нанесенного водному объекту (Баренцево море) в результате гипотетического разлива нефти в объеме 400 т на акватории при условии расположения специализированных судов в порту г. Нарьян-Мара, млн руб.

Из картограммы следует, что в случае возникновения аварийной ситуации в районе МЛСП «Приразломная» ожидаемый вред водному объекту в летний период составит порядка 495 млн руб. Это примерно в 1,4 раза ниже, чем в варианте с дислокацией специализированных судов в Мурманске. Соответственно уменьшатся и риски.

Картограмма, представленная на рис. 4, напрямую может быть использована и для отражения величины вреда от разлива аналогичного объема газового конденсата, например, со Штокмановского газоконденсатного месторождения. Причина в том, что основным показателем отличия величины вреда от разлива различных загрязняющих веществ в применяемой Методике [Методика исчисления..., 2009] служит их токсичность. Как показали собственные токсикологические исследования ПИРО [Реакции гидробионтов..., 1997], величина предельно допустимой концентрации газового конденсата в морской воде находится на уровне 0,05 мг/л. В качестве рыбохозяйственной ПДК нефти принят такой же показатель.

В заключение следует отметить, что взятый нами в качестве примера объем разлива нефти в 400 т соответствует весьма оптимистическому сценарию. Как известно, российскими нормами установлен расчетный норматив разливов нефти с танкеров, равный объему двух танков (более 12 тыс. т при использовании танкеров дедвейтом 70 тыс. т) и принимаемый как директивный показатель для планирования и оценки достаточности сил и средств системы ликвидации аварийных разливов нефти

(ЛАРН). В США аналогичный норматив наиболее опасного разлива (worst case discharge) принимается равным полному объему перевозимой нефти, хотя максимальный вероятный разлив принят равным 2500 баррелей (около 400 м<sup>3</sup>, или 340 т) для танкеров дедвейтом более 25 тыс. т. Согласно проведенным оценкам экологического риска (опасности) разливов нефти в Баренцевом море, совокупность возможных воздействий отдельных объектов подвергает риску загрязнения акватории площадью до 10 000 км<sup>2</sup> и могут затрагивать побережья общей длиной более 4 000 км [Журавель и др., 2005].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций / Под общей ред. С.К. Шойгу. – М.: Феория, 2011. – 720 с.
2. Биненко В.И., Берковиц А.В. Экологические риски, связанные транспортировкой углеводородов и безопасность Балтийского моря // Акваторра: Тез. докл. 9-ой межд. конф. (Санкт-Петербург, 14-15 июня 2006 г.). – СПб., 2006. – С. 149-157.
3. Ваганов П.А., Им М.-С. Экологические риски. – СПб.: Изд-во СПбУ, 2001. – 152 с.
4. 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 20.10.89). – М.: Минрыбхоз СССР, 1990. – 63 с.
5. Жукинский В.Н. Экологический риск и экологический ущерб качеству поверхностных вод: актуальность, терминология, количественная оценка // Водные ресурсы. – 2003. – Т.30, № 2. – С. 213-221.
6. Журавель В.И., Мансуров М.Н., Маричев А.В. Риск возникновения и организация ликвидации разливов нефти при танкерных перевозках в Баренцевом море // RAO/CIS OFFSHORE 2005: Труды 7-ой межд. конф. и выставки по освоению ресурсов нефти и газа российской Арктики и континентального шельфа СНГ (Санкт-Петербург, 13-15 сент. 2005 г.) – СПб., 2005. – С. 449-454.
7. Журавель В.И., Семанов Г.Н., Янчук А.Я. Вопросы частно-государственного партнерства при развитии системы предупреждения и ликвидации разливов нефти в Баренцевом море // RAO/CIS OFFSHORE 2007: Труды 8-й Международной конференции и выставки по освоению ресурсов нефти и газа Российской Арктики и континентального шельфа стран СНГ (11-13 сент. 2007 г., Санкт-Петербург). – СПб.: ХИМИЗДАТ, 2007. – 252 с.
8. Методика исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства / Утверждена приказом Министерства природных ресурсов экологии РФ № 87 13 апреля 2009 г. (Зарегистрирована в Минюсте 25 мая 2009 г.) // Российская газета. – 2009. – № 113 (4937), 24 июня 2009 г. – С. 23-24.
9. Новиков М.А. Автоматизированный расчет ущерба рыбным запасам от гибели кормовых организмов на примере Баренцева моря // Рыбное хозяйство. – 2006. – № 5. – С. 93-95.
10. Новиков М.А. Методология интегрированной оценки экологической уязвимости и рыбохозяйственной ценности морских акваторий (на примере Баренцева и Белого морей). – Мурманск: Изд-во ПИПРО, 2006. – 250 с.
11. Патин С.А. Нефть и экология континентального шельфа. – М.: Изд-во ВНИРО, 2001. – 248 с.

### ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ И КАРТОГРАФИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ СТАРООСВОЕННОГО РЕГИОНА (НА ПРИМЕРЕ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ)

*М.А. Петина, М.Г. Лебедева*

*Белгородский государственный национальный исследовательский университет НИУ «БелГУ»*

*М.А. Petina, M.G. Lebedeva,*

*Belgorod National Research University*

*Belgorod, Russia, [petina\\_m@bsu.edu.ru](mailto:petina_m@bsu.edu.ru)*

#### Abstract

In the article the questions of geo-information and cartographic support of the evaluation of water resources of Belgorod region are observed. Special attention was paid to the algorithm of creation of specialized regional GIS "Water resources and their rational use". The possibilities of GIS for decision of questions of evaluation and rational use of the water resources of the region are shown.

**Актуальность исследования.** Для оценки состояния водных ресурсов в целях устойчивого развития страны и отдельных ее регионов необходимо иметь достаточно полные и современные данные о запасах качественной воды, об условиях формирования гидрологического режима водных объектов и их