

УДК 628.394.6:665.6(268.45)

МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ КАРТ УЯЗВИМОСТИ ПРИБРЕЖНЫХ И МОРСКИХ ЗОН ОТ НЕФТИ. ПРИМЕР КАРТ ДЛЯ КОЛЬСКОГО ЗАЛИВА *

А.А. Шавыкин

Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН

Аннотация

Описана методика построения карт экологической уязвимости прибрежных и морских зон от нефти. Карты интегральной уязвимости строятся как сумма исходного разномасштабного сезонного распределения биоты (нормированного на общее среднегодовое обилие групп), а также распределения особо значимых объектов (ОЗО) и природоохранных территорий (ПОТ). При сложении карт этих компонентов (биоты, ОЗО и ПОТ) учитываются коэффициенты уязвимости биоты и коэффициенты приоритетной защиты ОЗО и ПОТ. Приведены примеры карт уязвимости для Кольского залива.

Ключевые слова:

карта уязвимости, нефть, Кольский залив, методика построения карт, компонент биоты, особо значимый объект, коэффициент уязвимости, коэффициент приоритетной защиты.



Введение

С началом освоения Арктического шельфа возрастает угроза нефтяного загрязнения Российской Арктики, связанная в том числе с аварийными разливами нефти. Одна из важных не решенных в нашей стране проблем, относящаяся к ликвидации разливов нефти (ЛРН), – разработка и использование карт чувствительности береговой линии и уязвимости прибрежных и морских зон от нефти. Вот позиция Международной ассоциации представителей нефтяной промышленности по охране окружающей среды (ИПЕСА): «Составление и обновление карт уязвимых зон является ключевым моментом процесса планирования. Эти карты дадут важную информацию ликвидаторам разлива, показав, где находятся различные прибрежные ресурсы, и обозначив экологически чувствительные зоны» [1]. Карты чувствительности береговой линии по ESI (Environmental Sensitivity Index – Индекс чувствительности окружающей среды) разработаны для многих стран: Кувейта, Саудовской Аравии, Казахстана, Индонезии, Новой Зеландии, Бразилии, Турции, Панамы... [2]. В США и Канаде все морское побережье картографировано по индексу ESI, на картах представляется также распределение основных групп биоты в прибрежных акваториях штатов [3, 4]. Атлас чувствительности различных участков прибрежных зон есть в Гренландии [5]. В Германии принят план по аварийной борьбе с загрязнением, включающий классификацию индекса ESI и построение карт уязвимости морей, прилегающих к побережью страны [6]. В рамках проекта BRISK построены карты чувствительности всего Балтийского моря [7]. В Норвегии в каждой губернии для планов ЛРН подготовлены карты приоритетной защиты природных ресурсов прибрежной зоны [8].

В России также есть методические разработки по картографированию чувствительности береговой линии и уязвимости прибрежных акваторий от нефти. Это в основном работы компании ЗАО «Экопроект» [9, 10] и работы ПИНРО по Баренцеву морю [11–13]. Исследования

* Работа выполнена при поддержке ВОО «Русское географическое общество», грант № 26/2013 от 02.04.2013.

по данному вопросу ведутся в ММБИ [14, 15], в Институте защиты моря во Владивостоке [16–18 и др. работы этого же автора]. Группой российских специалистов под руководством Всемирного фонда дикой природы (WWF–Россия) подготовлены «Методические подходы к созданию карт экологически уязвимых зон и районов приоритетной защиты акваторий и берегов... от разливов нефти...» [19].

Однако в России в настоящее время нет нормативов, предписывающих обязательную подготовку и использование в планах ЛРН карт чувствительности берегов и уязвимости прибрежных акваторий от нефти, отсутствует и единая утвержденная методика построения таких карт.

В данной статье представлен разработанный в ММБИ общий подход к построению карт уязвимости прибрежных и морских зон от нефти, он может быть положен в основу единой российской методики. При этом автор использует следующее определение уязвимости района: *уязвимость района моря* (акватории, водной толщи, дна или их совокупности) – характеристика возможных последствий антропогенного воздействия на среду и биоту, приводящего к нарушению нормального функционирования экосистемы района и/или экологических групп/подгрупп/видов биоты вплоть до их гибели; изменению естественных условий мест обитания биоты; нарушению функционирования социально-экономических объектов района.

1. Общие положения методики построения карт уязвимости

Разномасштабные карты уязвимости прибрежных и морских зон от нефти включают:

1) сезонные карты уязвимости, на которых интегральная уязвимость различных участков акватории представляется в рангах (методика описывается в настоящей статье);

2) разномасштабные карты чувствительности береговой линии по индексу ESI (используется широкораспространенная методика NOAA, США [4]).

В планы ЛРН предлагается включать: 1) карты «относительной» интегральной уязвимости прибрежных и морских зон; 2) карты чувствительности берегов по индексу ESI [4, 20]; 3) базу данных фото- и видеоматериалов береговой линии морей. Первые карты показывают уязвимость различных районов в диапазоне min–max уязвимости по сезонам, на этих картах всегда присутствуют участки с рангами уязвимостью 1–3 или 1–5 в зависимости от принятого числа рангов для итоговых интегральных карт. По этой же методике для прибрежных и морских зон разрабатываются карты «абсолютной» уязвимости, предназначенные для природоохранных целей и рационального природопользования, но они также могут включаться в планы ЛРН. Такие карты показывают уязвимость участков в диапазоне min–max ее значений за весь год, поэтому для конкретного сезона на них могут не присутствовать участки, имеющие ранги высокой или низкой уязвимости.

Весь картографический материал должен быть 3 масштабов: стратегические (1:2 000 000 – 1:500 000); тактические (1:250 000 – 1:100 000) и объектные карты (1:50 000 – 1:10 000).

На картах исходных данных представляется: 1) распределение учитываемых важных компонентов биоты (ВКБ) – экологических групп/подгрупп/видов биоты; 2) положение особо значимых объектов (ОЗО) – экологических, социокультурных ресурсов (без биоты) и объектов хозяйственной деятельности; 3) расположение природоохранных территорий (ПОТ) – заповедников, районов обитания краснокнижных видов, планируемых особо охраняемых природных территорий. Подобных карт с исходными данными для отдельных, даже небольших участков прибрежной и морской зоны, может быть несколько десятков или даже сотен. Так, для Кольского залива, карты уязвимости которого рассматриваются в настоящей статье, исходных разномасштабных, сезонных карт распределения биоты было подготовлено 130, ОЗО – 3. Общее число интегральных карт уязвимости (всего залива и девяти его участков большего масштаба) – 100 (50 – «относительной» и «50 – «абсолютной» интегральной уязвимости). Карт чувствительности береговой линии по индексу ESI – 10.

2. Методика построения карт уязвимости прибрежных и морских зон от нефти

В общем случае такая методика в той или иной последовательности должна включать следующие этапы.

Этапы сбора и подготовки информации по картографируемому району:

- 1) определение перечня учитываемых объектов: ВКБ, ОЗО и ПОТ;
- 2) определение границ сезонов распределения учитываемых объектов, для которых будут строиться карты исходных данных и рассчитываться карты уязвимости;
- 3) построение сезонных разномасштабных карт распределения ВКБ, ОЗО, ПОТ;
- 4) оценка коэффициентов уязвимости для ВКБ и коэффициентов приоритетной защиты для ОЗО, ПОТ как аналога для коэффициентов уязвимости биоты;
- 5) проведение фото-и/или видеосъемки берегов*.

Этапы построения карт уязвимости:

- 1) построение сезонных разномасштабных карт уязвимости ВКБ, ОЗО, ПОТ.
- 2) расчет карт интегральной «относительной» и (при необходимости) «абсолютной» уязвимости картографируемого района.
- 3) подготовка базы данных фото- и/или видеоматериалов береговой линии картографируемого района*.
- 4) построение разномасштабных карт чувствительности береговой линии по индексу ESI*. Разработка WEB-проекта, который включает карты интегральной уязвимости прибрежной и морской зоны, карты чувствительности береговой линии, фото- и видеоматериалы с последующим размещением проекта в Интернете*.

При необходимости для сбора информации о биоте (по пунктам 1–3) для отдельных участков прибрежной и морской зон, для того или иного сезона могут дополнительно проводиться специальные экспедиционные исследования.

Далее в кратком виде излагается алгоритм построения карт уязвимости прибрежных и морских зон.

Построение карт уязвимости ВКБ. Определяют перечень ВКБ – экологических групп/подгрупп/видов биоты, границы сезонов для их распределения (периодов, когда плотность распределения ВКБ в картографируемом районе практически не меняется), а также коэффициенты уязвимости биоты V_b^g (см. далее). Возможны два варианта алгоритма построения карт уязвимости.

Вариант 1. Информация о распределении биоты имеется в достаточно полном объеме. Используя ГИС-программы, строят сезонные разномасштабные карты распределения значений плотности ВКБ – карты полигонов B^{sg} , где g – индекс группы, подгруппы, вида биоты, для каждого s -го сезона в единицах измерения, принятых для данной группы/подгруппы/вида (в г/м², т/ч траления, экз/км²...). Карты «нормируют» на *среднегодовое* значение обилия P^{gy} соответствующей группы (суммы обилия всех подгрупп и отдельных видов соответствующей группы) в картографируемом районе: $B^{sg[y]} = B^{sg} / P^{gy}$. Далее для каждого сезона в отдельности проводят «сложение» карт исходного нормированного распределения групп/подгрупп/видов биоты с учетом коэффициентов их уязвимости V_b^g : $Y_b^s = \sum_g B^{sg[y]} \times V_b^g$.

Выполняют вторую нормировку. Полученные карты нормируют на максимальное значение уязвимости за год и сезон – делят на $\max Y_b^s$: при делении на \max за сезон в обозначении Y_b^s добавляется индекс $[s]$, на \max за год – добавляется индекс $[y]$. Далее переходят, соответственно, в диапазоны значений уязвимости, $\min Y_b^{s[s]} \div 100$ (для карт «относительной» уязвимости) или $\min Y_b^{s[y]} \div 100$ усл. ед. (для карт «абсолютной уязвимости»).

Этапы, отмеченные «», в настоящей статье не рассматриваются.

Как отмечалось, этот алгоритм используется, если есть все необходимые данные о биоте. Но в любом случае – для построения объектных карт, так как для конкретного объекта должна быть получена вся требуемая информация о его локальном районе воздействия, для которого и строятся такие карты в рамках плана ЛРН.

Вариант 2. Исходные данные о биоте возможны только как экспертные оценки, и по сезонам может быть представлено распределение биоты в виде рангов 0, 1–3 или 0, 1–5. Описание алгоритма для этого случая представлено в работе [15]. Там же приведены примеры рассчитанных по такой методике карт уязвимости восточной части Баренцева моря. Далее в статье указанный вариант не рассматривается. Он используется, как правило, для построения тактических и стратегических карт, если объем исходной информации недостаточен.

Построение карт приоритетной защиты (условно – уязвимости) для ОЗО. Определяют перечень ОЗО природно-техногенной среды (без биоты) и строят исходные карты их расположения – карты полигонов C^{es} для каждого сезона: $C^{es} = 1$ в пределах полигона, обозначающего границы ОЗО, и 0 – вне его. Определяют коэффициенты приоритетности защиты ОЗО (условно – это также коэффициенты уязвимости) – коэффициенты V_c^e , исходя из экологической, социокультурной и хозяйственной значимости c -го объекта. Выбор значений этих коэффициентов см. далее. Проводят «сложение» полученных карт для каждого сезона в отдельности: $Y_c^s = \sum_e C^{es} \times V_c^e$. Полученные значения уязвимости Y_c^s ОЗО нормируют аналогично второй нормировке карт Y_b^s и получают карты распределения $Y_c^{s[s]}$ и $Y_c^{s[y]}$.

Построение карт приоритетной защиты (уязвимости) для ПОТ. Определяют перечень и расположение ПОТ и готовят исходные карты их расположения (карты полигонов D^{sf}) для разных сезонов или для года в целом, если оно одинаково для всех сезонов. Всем полигонам D^{sf} присваивают значения 1, остальной акватории – 0. Определяют коэффициенты V_d^f – коэффициенты приоритетной защиты (уязвимости) ПОТ, которые оценивают по природоохранной значимости акватории. Проводят «сложение» полученных карт ПОТ для каждого сезона: $Y_d^s = \sum_f D^{sf} \times V_d^f$. Найденные значения уязвимости Y_d^s ПОТ нормируют аналогично второй нормировке карт Y_b^s и получают карты распределения $Y_d^{s[s]}$ и $Y_d^{s[y]}$.

Построение карт интегральной уязвимости. Выполняют «сложение» карт «относительной» уязвимости ВКБ, ОЗО и ПОТ: $Y_{\Sigma}^{s[s]} = K_b \times Y_b^{s[s]} + K_c \times Y_c^{s[s]} + K_d \times Y_d^{s[s]}$ (о коэффициентах перед $Y^{s[s]}$ см. далее). Диапазон значений уязвимости $Y_{\Sigma}^{s[s]}$ для каждого сезона делят на 3–5 равных (!) поддиапазонов и присваивают им значения рангов от 1 до 3 или 5. Эти карты включают в планы ЛРН. Участки с высоким рангом (3 или 4–5 соответственно) – районы приоритетной защиты, которые необходимо защищать в первую очередь при операциях по ЛРН. Районы с рангами 1 (для шкалы 1–3) или рангами 1–2 (для шкалы 1–5) могут, при определенных условиях, выступать как «жертвенные» районы, куда можно направлять нефть для ее последующего сбора, ликвидации или затопления.

Аналогично получают карты «абсолютной» интегральной уязвимости: $Y_{\Sigma}^{s[y]} = K_b \times Y_b^{s[y]} + K_c \times Y_c^{s[y]} + K_d \times Y_d^{s[y]}$. Полученный диапазон значений уязвимости $Y_{\Sigma}^{s[y]}$ за год также делят на 3–5 равных (!) поддиапазонов. Эти карты используют для природоохранных и научных целей. Значения коэффициентов K выбирают на основе экспертных оценок (например, 0.3, 0.2 и 0.5 соответственно) с учетом принимаемого вклада ВКБ, ОЗО и ПОТ в интегральную уязвимость.

3. Исходные данные для построения карт уязвимости Кольского залива от нефти по предлагаемой методике

Учитываемые группы биоты. Организмы, обитающие в Кольском заливе и учитываемые при построении карт, подразделяются на три основные экологические группы: зоо- и фитобентос, морские птицы. Ихтиофауна, в том числе ихтиопланктон, не учитываются,

т.к. данных об их распределении в Кольском заливе нет. Морские млекопитающие редко заходят в залив, и указать для них распределение практически невозможно. При рассмотрении воздействия нефти дополнительно в экологических группах выделены подгруппы организмов и отдельные виды, что необходимо для учета различного характера воздействия на них нефти и их разного природоохранного статуса.

Зообентосные организмы подразделяются на 4 подгруппы:

- макрозообентос – донные беспозвоночные 1.5–30 мм,
- мегазообентос – донные беспозвоночные размером 30–500 мм;
- мобильный бентос, способный передвигаться и мигрировать на большие расстояния;
- немобильный бентос – прикрепленный, малоподвижный.

Морские и водоплавающие птицы также разделены на 3 подгруппы:

- «парители» – виды, большую часть времени проводящие в полете, питающиеся у поверхности воды;
- «ныряльщики» – виды, большую часть времени проводящие на воде, кормящиеся в толще воды;
- «околоводные» – виды, обитающие вдоль береговой линии, кормящиеся в зоне заплеска.

Для фитобентоса, на основании характера рассматриваемого воздействия на него нефти, дополнительные подгруппы не выделялись.

При картографировании других районов деление на группы/подгруппы/виды биоты может быть иным, что определяется экспертами.

Деление на сезоны. С учетом особенностей присутствия и изменчивости распределения плотности групп/подгрупп биоты в Кольском заливе принято деление всего года на пять сезонов: зима, ранняя весна, весна, лето, осень (табл. 1).

Таблица 1

Деление года на сезоны для учитываемых важных компонентов биоты – групп/подгрупп биоты

Экологические группы/подгруппы	Месяц											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Макрофитобентос												
Макрозообентос												
Мегазообентос (немобильный)												
Мегазообентос (мобильный)												
Птицы*												
"парители"												
"ныряющие"												
околоводные												
Сезоны для построения карт уязвимости	З	Ранняя весна		Весна			Лето		Осень			Зима (З)

Примечание. Разными оттенками серого цвета для групп/подгрупп отмечены периоды с различным сезонным пространственным распределением плотности.

Оценка коэффициентов уязвимости биоты от нефти. Биологическую уязвимость для групп/подгрупп/видов биоты V_b^g (V_b^g – biological vulnerability) предлагается вычислять по формуле: $V_b^g = (S^g \times E^g) / R^g$ [21] (табл. 2), где S^g (sensitivity) – чувствительность; E^g (exposure) – потенциальное воздействие; R^g (recoverability) – восстанавливаемость g-й группы/подгруппы/вида

гидробионтов. Конкретные значения этих параметров, которые определяют их уязвимость, на данном этапе ранжировались с учетом экспертных оценок: *чувствительности выделенных групп/подгрупп/видов* (S^g), как свойства организмов реагировать на воздействие нефти в зависимости от ее концентрации и состояния; *потенциального воздействия* нефти (E^g) *на выделенные компоненты биоты* – вероятности контакта организмов с нефтью в той или иной ее форме; *восстанавливаемости групп/подгрупп/видов биоты* (R^g) – способности ВКБ восстанавливаться до исходного состояния после негативного воздействия.

Таблица 2

Экспертные значения чувствительности и восстанавливаемости ВКБ, потенциального воздействия на них нефти (ранги) и рассчитанные коэффициенты уязвимости V_b^g

Группы/подгруппы биоты*	E^g	S^g	R^g	$V_b^g=(S^g \times E^g)/R^g$
1	2	3	4	5
Макрофитобентос (до 20 м)	6	1	6	1.0
Макрозообентос (до 20 м)	4	4	5	3.2
Мегабентос, немобильный (до 20 м)	5	3	4	3.8
Мегабентос, мобильный(до 20 м)	2	2	3	1.3
Птицы "парители"	3	5	1	15.0
Птицы "ныряющие"	7	5	2	17.5
Птицы околоводные	1	5	1	5.0

Примечание. Представлены принятые для биоты Кольского залива значения рангов S^g , E^g , R^g – столбцы 2, 3 и 4 соответственно. Оценки сделаны предварительно для среднего типа нефти

*Если виды, относящиеся к какой либо из групп/подгрупп, входят в список краснокнижных и учитываются отдельно, как g-е ВКБ, то для них вводится дополнительный коэффициент 2.

Коэффициенты приоритетной защиты ОЗО или эколого-хозяйственной уязвимости (V_c^e). Приоритетность защиты экологических, социокультурных ресурсов и объектов хозяйственной деятельности C^e определяется соответственно их значимостью для экосистемы, ценностью для человека и их хозяйственного использования. Далее по аналогии с уязвимостью ВКБ, мы будем называть эту величину V_c^e уязвимостью ОЗО. Коэффициент V_c^e тем выше, чем выше значимость объектов и ресурсов C^e для функционирования экосистемы и больше значимость для человека (табл. 3). Значения V_c^e ранжированы в порядке увеличения уязвимости ОЗО. Минимальная уязвимость присвоена инженерно-техническим конструкциям, таким, как порт и портовые сооружения. Районы и участки, связанные с различными биологическими ресурсами, имеют повышенную уязвимость. Районам размножения крабов и развития их личинок присвоена максимальная значимость (крабы откладывают икру в заливе). Средними по значимости ОЗО являются устья нерестовых рек семги, так как эти районы важны для скатывающейся молоди и взрослых лососевых рыб, идущих на нерест в реки с пресной водой, где откладывают икру (табл. 3).

Коэффициенты приоритетной защиты – коэффициенты уязвимости ПОТ для Кольского залива не оценивались, так как ПОТ в заливе отсутствуют.

Коэффициенты V_c^e (ранги) приоритетной защиты –
коэффициенты уязвимости особо значимых объектов C^e

Тип особо значимых объектов	V_c^e
Порты и портовые сооружения	1
Устья нерестовых рек семги (май–октябрь)	2
Районы размножения крабов и развития личинок (февраль–июнь)	3

4. Примеры карт уязвимости Кольского залива от нефти

Карты уязвимости. Результаты расчета сезонных разномасштабных карт уязвимости акватории Кольского залива для одного сезона (лета) и двух масштабов представлены на рисунках 1–4: карты «относительной» и «абсолютной» уязвимости масштабом 1:150 000 всего залива и масштабом 1:25 000 для района 6 (положение района см. на рис. 1 и 2).

Как видно из рисунка 1, для летнего периода наиболее уязвимые участки всего залива («относительная» уязвимость) – его южная, кутовая часть и узкие прибрежные участки западного берега между губами Питькова и Горячинская, а также между мысом Чирковый и губой Тюва вблизи его восточного берега, а также отдельные участки губы Средняя и Тюва и в районе устья р. Лавна. Следует также отметить, что карта «абсолютной» уязвимости существенно отличается от карты «относительной» уязвимости, как и должно быть с учетом разных для них диапазонов изменчивости интегральной уязвимости. Аналогичная ситуация и для карт масштаба 1:25 000. Кроме того, с учетом разной генерализации распределения исходных данных отмечается и несколько различное распределение интегральной уязвимости на картах «относительной» и «абсолютной» уязвимости двух разных масштабов – 1:150 000 и 1:25 000 (см. рис. 1 и 3, 2 и 4).

Заключение и предложения по дальнейшим действиям

Предложена методика построения карт уязвимости прибрежных и морских зон от нефти, учитывающая границы сезонного (при необходимости – по месяцам) распределения биоты, важных социоэкономических участков и природоохранных территорий. Она позволяет строить разномасштабные сезонные карты уязвимости для планов ЛРН (карты «относительной» уязвимости), для природоохранных и научных целей (карты «абсолютной» уязвимости).

По пяти сезонам (зима, ранняя весна, весна, лето, осень) построены карты «относительной» и «абсолютной» интегральной уязвимости Кольского залива (без западных губ) масштабом 1:25 000 и 1:150 000. Определены наиболее уязвимые участки прибрежной зоны залива.

Для внедрения в России разработанной или любой подобной методики построения карт уязвимости для планов ЛРН требуется решить ряд организационно-правовых вопросов: выработать и согласовать единый подход к таким картам; соответствующим образом утвердить методику их разработки; внести в нормативно-правовые акты, относящиеся к планам ЛРН, пункт об обязательном включении подобных карт в такие планы разного уровня.

Не до конца решены некоторые научные и практические вопросы в этой области: 1) более строгое обоснование коэффициентов уязвимости групп/подгрупп/видов биоты от нефти разных типов (легкой, средней, тяжелой); 2) согласование отдельных карт уязвимости при их пространственной «стыковке» или перекрытии для протяженных участков прибрежной и морской зоны; 3) генерализация информации для карт разного масштаба или обратный процесс более детального представления данных; 4) уточнение таблицы индексов ESI береговой линии арктических морей, в том числе для участков берега в присутствии льда. Часть этих вопросов должна быть обсуждена и согласована с ликвидаторами разливов – пользователями таких карт.

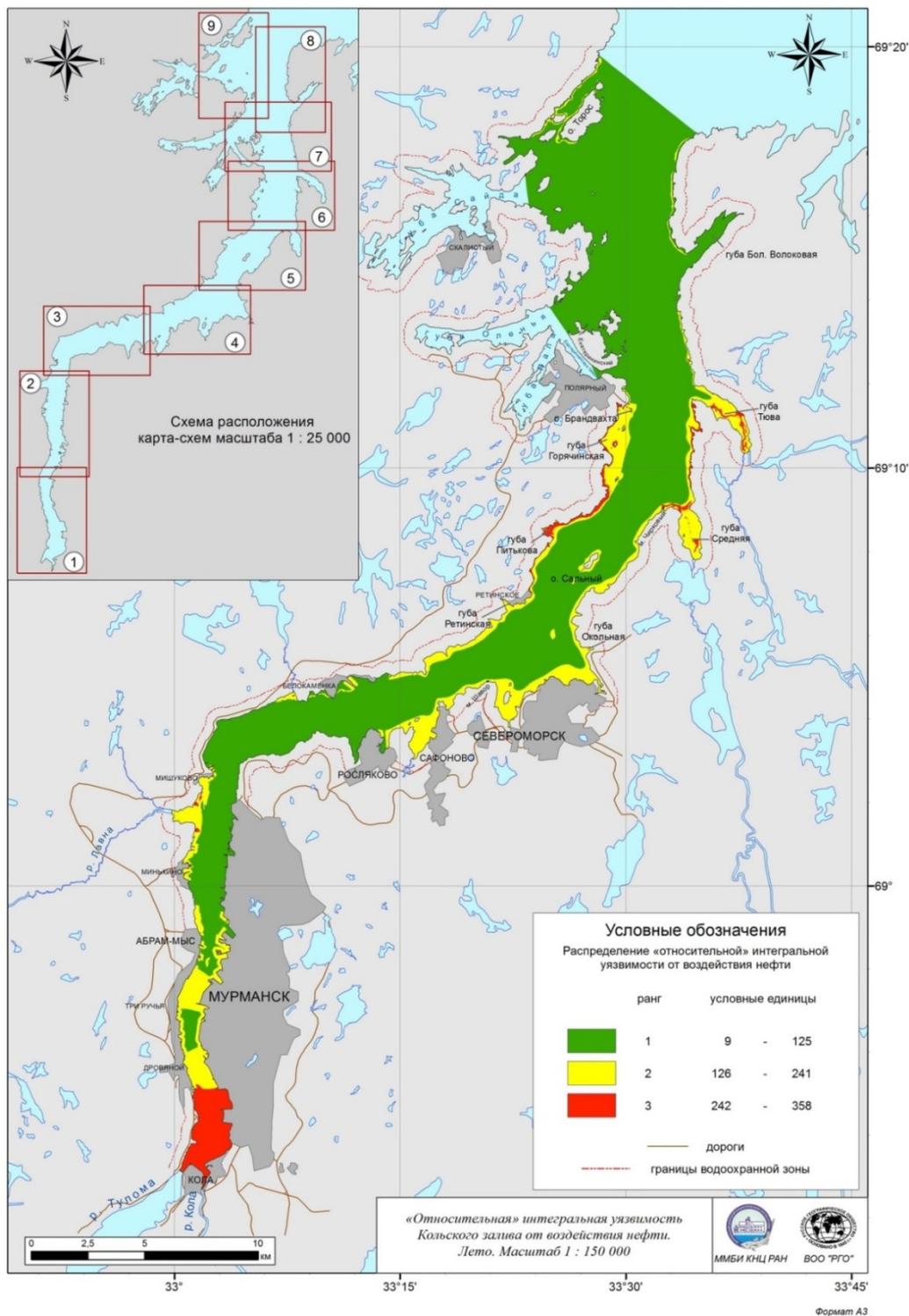


Рис. 1. Карта «относительной» интегральной уязвимости Кольского залива от воздействия нефти. Лето (июль – август)

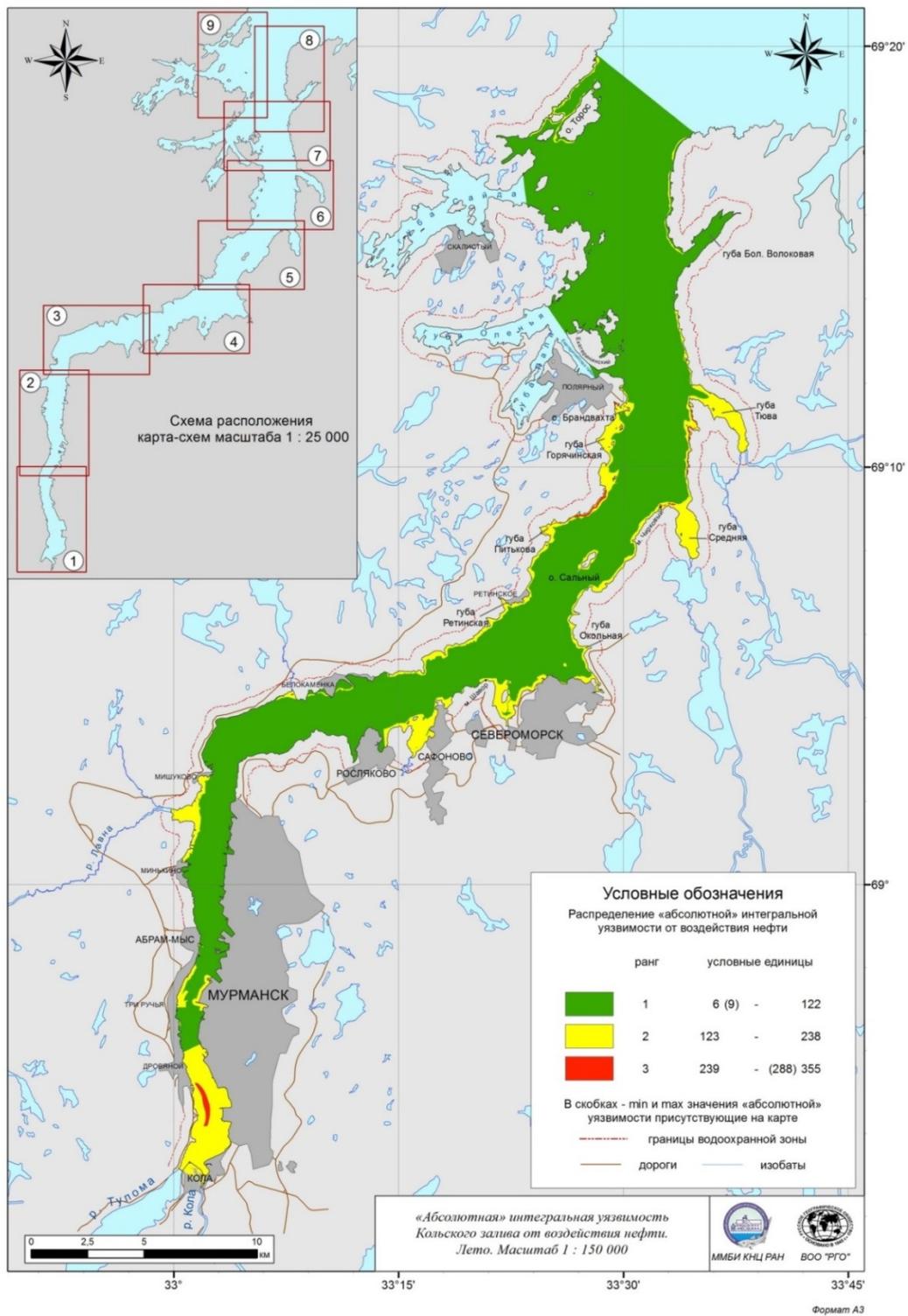


Рис. 2. Карта «абсолютной» интегральной уязвимости Кольского залива от воздействия нефти. Лето (июль–август)

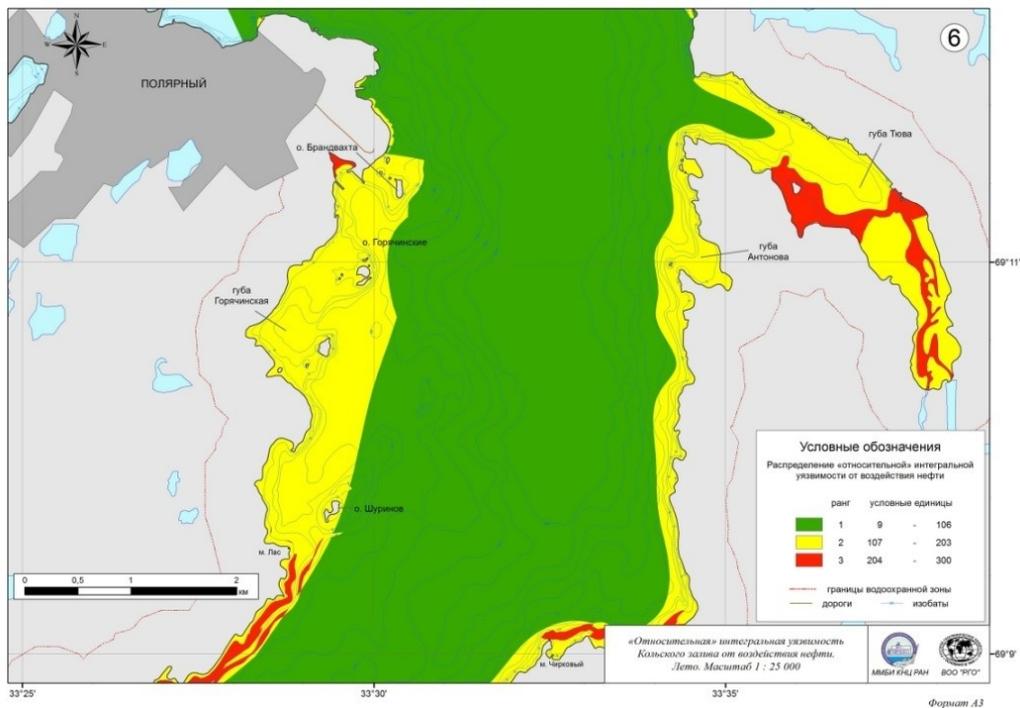


Рис. 3. Карта «относительной» интегральной уязвимости Кольского залива от воздействия нефти (район б). Лето (июль – август)

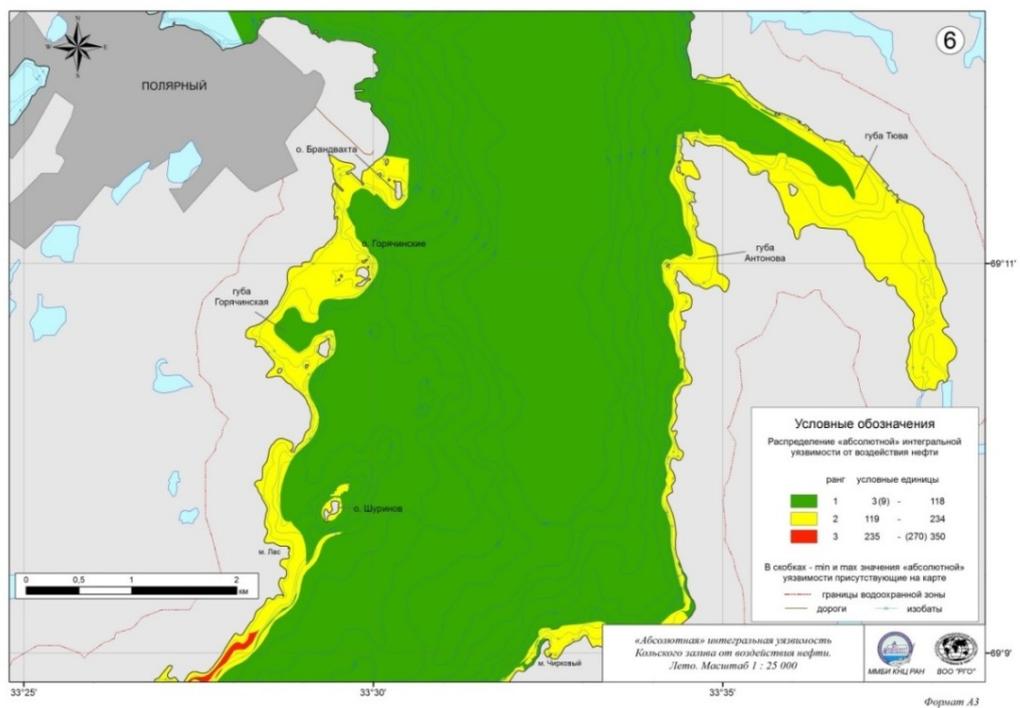


Рис. 4. Карта «абсолютной» интегральной уязвимости Кольского залива от воздействия нефти (район б). Лето (июль – август)

Благодарности

Автор признателен сотрудникам ММБИ КНЦ РАН П.С. Ващенко, А.Н. Карнатову, О.П. Калинка за обсуждение материала и выполнение расчетов, а также всем участникам работы по гранту РГО: А.А. Фролову, О.С. Любиной, Л.В. Павловой, О.И. Нехаеву, С.В. Малавенда, А.А. Горяевой, сотрудникам лаборатории зообентоса за обработку экспедиционного материала и обсуждение полученных результатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. IPIECA Руководство по планированию действий в чрезвычайных ситуациях при разливах нефти на воде. Серия докладов IPIECA. 2000. Т. 2. Великобритания, Лондон, Блэкфрайс-роуд, 209–215. 2-е изд. 30 с.
2. Environmental Sensitivity Index (ESI) Experience [Электронный ресурс]. Oil-Spill-Info.com (E-Tech International Inc.). 2014. Режим доступа: http://www.oil-spill-info.com/sum_esi.html (Дата обращения: 18.02.2014).
3. ESIdatrain Google Earth [Электронный ресурс] ESOnline. 2014. Режим доступа: <http://esionline.researchplanning.com> (Дата обращения: 18.02.2014).
4. NOAA Environmental Sensitivity index guidelines. NOAA Technical Memorandum NOS OR&R 11. Version 3.0. USA, Seattle: NOAA, 2002. 192 p.
5. Sensitivity atlas [Электронный ресурс] Institute for bioscience. 2014. Электронный ресурс: <http://environmental-atlas.dmu.dk> (Дата обращения: 18.02.2014).
6. Schiller H., Bernen C., Krasemann H.L. Automated classification of an environmental sensitivity index // Environmental Monitoring and Assessment., 2005. Vol. 110. Issue 1–3. P. 291–299.
7. BRISK (Project on sub-regional risk of spill of oil and hazardous substances in the Baltic Sea). Method note. Document no. P-070618-1-01. Admiral Danish Fleet HQ, National Operations, Maritime Environment. 2009. Ver. 0.2.42 p. Режим доступа: http://meeting.helcom.fi/c/document_library/get_file?p_l_id=83433&folderId=504938&name=DLFE-38440.pdf (Дата обращения: 15.09.2014).
8. SFT. Beredskap mot akutt forurensning. Modell for prioritering av miljøressurser ved akutte oljeutslipp langs kysten. TA-nummer 1765/2000. Oslo: Statens forurensning stilsyn, 2004. 16 p. [Методика классификации приоритетности природных ресурсов к нефтяному загрязнению в прибрежной зоне. Осло: Госуд. управление по контролю загрязнения окружающей среды, 2004. 27 с.].
9. Погребов В.Б. Интегральная оценка экологической чувствительности биоресурсов береговой зоны к антропогенным воздействиям // Основные концепции современного берегопользования: монография. СПб.: РГГМУ, 2010. Т. 2. С. 43–85.
10. Погребов В.Б., Пузаченко А.Ю. Интегральная чувствительность морских экосистем к нефтяному загрязнению: мат. 5 науч. семинара “Чтения памяти К.М. Дерюгина”. СПб.: Изд. СПбГУ, 2003. С. 5–22.
11. Новиков М.А. Оценочное эколого-рыбохозяйственное районирование морских акваторий // Водные ресурсы. 2004. Т. 31, № 2. С. 199–208.
12. Новиков М.А. Методология интегрированной оценки экологической уязвимости и рыбохозяйственной ценности морских акваторий (на примере Баренцева и Белого морей). Мурманск: Изд. ПИПРО, 2006. 250 с.
13. Новиков М.А. Интегрированная оценка эколого-рыбохозяйственной уязвимости морских акваторий: от теории к практике. Мурманск: Изд. ПИПРО, 2013. 124 с.
14. Оценка интегральной уязвимости акватории Баренцева моря к нефтяному загрязнению / А.А. Шавыкин, О.П. Калинка, Г.Н. Духно, В.В. Сапрыгин, С.В. Зырянов // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2008. № 3. С. 13–22.
15. Шавыкин А.А., Ильин Г.В. Оценка интегральной уязвимости Баренцева моря от нефтяного загрязнения. Мурманск: Изд. ММБИ КНЦ РАН, 2010. 110 с.
16. Блиновская Я.Ю. Принципы создания информационной системы «Карты чувствительности прибрежно-морских зон к загрязнению нефтью» // Вестник ДвнЦ РАН. 2004. № 4. С. 63–73.
17. Блиновская Я.Ю. Карты чувствительности к нефтяному загрязнению береговой зоны Охотского моря // Геодезия и картография. 2005. № 4. С. 49–53.
18. Блиновская Я.Ю. Методы комплексной оценки экологической чувствительности прибрежно-морских зон к нефтяному загрязнению (на примере юга Дальнего Востока): автореф. дис. ... д.т.н.: 03.00.08. М., 2010. 44 с.
19. Методические подходы к созданию карт экологически уязвимых зон и районов приоритетной защиты акваторий и берегов Российской Федерации от разливов нефти и нефтепродуктов. WWF (Всемирный фонд дикой природы) / Я.Ю. Блиновская, М.В. Гаврило, Н.В. Дмитриев, В.Б. Погребов, А.Ю. Пузаченко, С.М. Усенков, А.Ю. Книжников, М.А. Пухова, М.Б. Шилин, Г.Н. Семанов. Владивосток; Москва; Мурманск; Санкт-Петербург: 2012. 60 с. Режим доступа: <http://www.wwf.ru/resources/publ/book/478> (Дата обращения: 12.08.2013).
20. IMO, IPIECA, OGP. Sensitivity mapping for oil spill response. London, 2012. 39 p. Режим доступа: <http://www.ipeca.org/publication/sensitivity-mapping-oil-spill-response-0> (Дата обращения: 12.09.2014).
21. Offringa H., Lahr J. Safety at Sea. An integrated approach to map ecologically vulnerable areas in marine waters in the Netherlands (V-maps). Report № A09. Revision No 4. Centre for Ecosystem Studies. 2007. 93 p.

Сведения об авторе

Шавыкин Анатолий Александрович – к.т.н., заведующий лабораторией инженерной экологии Мурманского морского биологического института КНЦ РАН; e-mail: shavykin@mmbi.info