

ПОЛУЭМПИРИЧЕСКИЙ МЕТОД ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА ШЕЛЬФОВОЙ И ПРИБРЕЖНОЙ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ ДЛЯ КЛЮЧЕВЫХ АРКТИЧЕСКИХ РАЙОНОВ

канд. техн. наук В.Г.ДМИТРИЕВ

ГНЦ РФ Арктический и антарктический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург, e-mail: v_dmitriev@aari.ru

В статье предлагается прикладной метод оценки экологических рисков, который позволяет в обобщенной форме отобразить общую картину распределения рисков в прибрежной и морской части Арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ). В силу универсальности предложенный метод может, вообще говоря, быть применен к любому выбранному району с любой степенью детализации.

Приведенные карты экологического риска шельфовой и прибрежной арктической зоны для ключевых арктических районов, построенные по предложенному методу, хотя, в силу эмпирического подхода к ранжированию рисков, и носят иллюстративный характер, тем не менее позволяют оценить общую экологическую обстановку в АЗРФ в целом. При наличии дополнительных данных могут быть построены аналогичные карты с любой наперед заданной детализацией.

Ключевые слова: Арктика, шельфовая и прибрежная арктическая зона, экологический риск, метод оценки экологического риска, карта экологического риска.

Несмотря на то, что число публикаций, в которых обсуждаются экологические риски в Арктике, чрезвычайно велико, количественные оценки рисков, по крайней мере в целом по Арктике, практически не приводятся. Примером количественной оценки вероятностей локальных неблагоприятных экологических событий может служить работа [Моделирование..., 2012], однако в этой работе оцениваются лишь потенциально опасные с экологической точки зрения ситуации, связанные с аварийными разливами нефти.

Отчасти это можно объяснить тем, что методология количественной оценки экологических рисков все еще не разработана, более того, понятие риска как такового не получило однозначного определения [Дмитриев, 2013, 2014a]. В статье [Дмитриев, 2014б] сделана попытка дать строгое определение экологического риска, однако реализация предложенного подхода ограничена весьма жесткими требованиями к исходным данным, соблюдение которых в настоящее время затруднено.

В связи с отсутствием устоявшейся методологии оценки экологических рисков и фрагментарностью данных об экологическом состоянии шельфовой и прибрежной арктической зоны для ключевых арктических районов для практических целей можно предложить упрощенный метод оценки экологических рисков.

Взяв за основу понятия экологического риска определение, данное в законе «Об охране окружающей среды» [Федеральный закон..., 2002], в качестве базового упрощения примем деление бесконечного множества значений риска как вероятностей P наступления событий, имеющих неблагоприятные последствия для природной среды,

на группу градаций, например, группу трех градаций: незначительный риск, средний риск и, наконец, значительный риск.

Благодаря такому упрощению можно пренебречь ошибками в определении точных значений вероятностей P и принять эмпирическое распределение вероятностей для различных по степени уязвимости, загрязненности и промышленной насыщенности районов шельфовой и прибрежной арктической зоны.

Пользуясь результатами зонирования российской акватории морей Северного Ледовитого океана и прибрежных территорий по степени уязвимости к различным техногенным воздействиям, выполненного в работе [Отчет..., 2013], и данными работы [Отчет..., 2011], выделим основные типы районов шельфовой и прибрежной арктической части Арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ), которые могут быть подвергнуты экологическому риску: горячая точка, уязвимая зона, устойчивая зона, Северный морской путь (СМП), лицензионный участок нефтегазового комплекса (НГК), радиационный объект, зона антропогенного влияния, особо охраняемая природная территория (ООПТ), наиболее устойчивая зона.

Для получения эмпирического распределения рисков каждому типу на основе экспертных или иных оценок приписывается ранг экологической угрозы (см. табл. 1):

Таблица 1

Ранги экологической угрозы

Тип района	Ранг экологической угрозы
Горячая точка	40
Уязвимая зона	15
Устойчивая зона	5
СМП	15
Лицензионный участок НГК	30
Радиационный объект	60
Зона антропогенного влияния	20
ООПТ	1
Наиболее устойчивая зона	0

Произвол в выборе значений рангов как раз и определяет «эмпиризм» предложенного метода, при этом абсолютные значения рангов не столь важны, как их относительные значения.

Следующий шаг – создание соответствующего набора слоев ГИС с границами выделенных районов. При этом под горячей точкой будем понимать пятно радиусом 50 км с центром в горячей точке [Отчет..., 2011], а под радиационно опасным объектом – пятно с радиусом 100 км с центром с координатами объекта.

Поскольку перечисленные выше районы могут пересекаться, на следующем этапе выполняется наложение слоев (пересечение районов) с выявлением числа и границ пересекающихся участков – комбинированных районов (см. табл. 2).

Полученному множеству участков приписывается эмпирическое распределение вероятностей наступления события, имеющего неблагоприятные последствия для природной среды, составленное на анализе публикаций и других возможных источников, исходя из тех соображений, что, например, экологический риск для участка «Морская неустойчивая зона с загрязнением и радиационно опасными объектами» выше, чем риск для участка «Прибрежная устойчивая зона с элементами ООПТ» (хотя бы потому, что ООПТ защищены специальными мерами).

Таблица 2

**Типы комбинированных районов шельфовой и прибрежной арктической части АЗРФ,
которые могут быть подвергнуты экологическому риску**

№	Типы комбинированных районов
1	Радиационный объект, уязвимая зона
2	Радиационный объект, уязвимая зона, СМП
3	Уязвимая зона, СМП
4	Устойчивая зона, СМП
5	Устойчивая зона, лицензионный участок НГК
6	Радиационный объект, уязвимая зона, горячая точка
7	Радиационный объект, устойчивая зона, горячая точка
8	Радиационный объект, устойчивая зона, горячая точка, зона антропогенного влияния
9	Радиационный объект, устойчивая зона
10	Радиационный объект, устойчивая зона, зона антропогенного влияния
11	Радиационный объект, горячая точка, уязвимая зона, ООПТ
12	Горячая точка, уязвимая зона, ООПТ
13	Горячая точка, уязвимая зона
14	Горячая точка, уязвимая зона, зона антропогенного влияния
15	Уязвимая зона, зона антропогенного влияния
16	Устойчивая зона, зона антропогенного влияния
17	Радиационный объект, уязвимая зона, горячая точка, зона антропогенного влияния
18	Радиационный объект, уязвимая зона, горячая точка, СМП
19	Уязвимая зона, лицензионный участок НГК
20	Устойчивая зона, горячая точка
21	Горячая точка, устойчивая зона, зона антропогенного влияния
22	Горячая точка, уязвимая зона, зона антропогенного влияния, лицензионный участок НГК
23	Горячая точка, уязвимая зона, лицензионный участок НГК
24	Уязвимая зона, ООПТ
25	Устойчивая зона, ООПТ
26	Уязвимая зона, ООПТ, СМП
27	Устойчивая зона, ООПТ, СМП
28	Уязвимая зона, горячая точка, СМП
29	Устойчивая зона (без пересечений с другими зонами)
30	Уязвимая зона (без пересечений с другими зонами)
31	Наиболее устойчивая зона
32	Радиационный объект, уязвимая зона, зона антропогенного влияния
33	Устойчивая зона, лицензионный участок НГК
34	Уязвимая зона, зона антропогенного влияния, лицензионный участок НГК
35	Горячая точка, устойчивая зона, лицензионный участок НГК

Расчет вероятностей осуществляется из принципа аддитивности угроз, т.е. при наличии различных источников экологических опасностей в пересекающихся районах ранги складываются. В реальной жизни этот принцип может не соблюдаться (угрозы могут иметь кумулятивный характер не аддитивного, а мультипликативного свойства), однако аддитивность служит нижней границей оценки рисков.

После сложения рангов выполняется нормировка в том смысле, что сумма рисков всех пересекающихся районов должна быть равна 1. Результат приводится в табл. 3.

Таблица 3

Эмпирическое распределение рисков

Типы комбинированных районов	Эмпирическое распределение рисков
Радиационный объект, уязвимая зона	0,035
Радиационный объект, уязвимая зона, СМП	0,042
Уязвимая зона, СМП	0,014
Устойчивая зона, СМП	0,009
Устойчивая зона, лицензионный участок НГК	0,016
Радиационный объект, уязвимая зона, горячая точка	0,053
Радиационный объект, устойчивая зона, горячая точка	0,049
Радиационный объект, устойчивая зона, горячая точка, зона антропогенного влияния	0,058
Радиационный объект, устойчивая зона	0,030
Радиационный объект, устойчивая зона, зона антропогенного влияния	0,040
Радиационный объект, горячая точка, уязвимая зона, ООПТ	0,054
Горячая точка, уязвимая зона, ООПТ	0,026
Горячая точка, уязвимая зона	0,026
Горячая точка, уязвимая зона, зона антропогенного влияния	0,035
Уязвимая зона, зона антропогенного влияния	0,016
Устойчивая зона, зона антропогенного влияния	0,012
Радиационный объект, уязвимая зона, горячая точка, зона антропогенного влияния	0,063
Радиационный объект, уязвимая зона, горячая точка, СМП	0,060
Уязвимая зона, лицензионный участок НГК	0,021
Устойчивая зона, горячая точка	0,021
Горячая точка, устойчивая зона, зона антропогенного влияния	0,030
Горячая точка, уязвимая зона, зона антропогенного влияния, лицензионный участок НГК	0,049
Горячая точка, уязвимая зона, лицензионный участок НГК	0,040
Уязвимая зона, ООПТ	0,007
Устойчивая зона, ООПТ	0,003
Уязвимая зона, ООПТ, СМП	0,014
Устойчивая зона, ООПТ, СМП	0,010
Уязвимая зона, горячая точка, СМП	0,033
Устойчивая зона (без пересечений с другими зонами)	0,002
Уязвимая зона (без пересечений с другими зонами)	0,007
Наиболее устойчивая зона	0,000
Радиационный объект, уязвимая зона, зона антропогенного влияния	0,044
Устойчивая зона, лицензионный участок НГК	0,016
Уязвимая зона, зона антропогенного влияния, лицензионный участок НГК	0,030
Горячая точка, устойчивая зона, лицензионный участок НГК	0,035

На следующем этапе производится кластеризация эмпирических вероятностей с целью выявления «естественных» градаций с помощью программного продукта Mathematica (Wolfram Research) методом нечеткой логики.

В результате кластеризации выделяются следующие кластеры рисков (число кластеров задается и также относится к эмпирическим параметрам):

1) – в случае трех кластеров:

1-й кластер:

{0; 0,002; 0,003; 0,007; 0,007; 0,009; 0,01; 0,012; 0,014; 0,014; 0,016; 0,016; 0,016}.

2-й кластер:

{0,021; 0,021; 0,026; 0,026; 0,03; 0,03; 0,03; 0,033; 0,035; 0,035; 0,035}.

3-й кластер:

{0,04; 0,04; 0,042; 0,044; 0,049; 0,049; 0,053; 0,054; 0,058; 0,06; 0,063}.

2) – в случае четырех кластеров:

1-й кластер:

{0; 0,002; 0,003; 0,007; 0,007; 0,009; 0,01; 0,012; 0,014; 0,014; 0,016; 0,016; 0,016}.

2-й кластер:

{0,021; 0,021; 0,026; 0,026; 0,03; 0,03; 0,03}.

3-й кластер:

{0,033; 0,035; 0,035; 0,035; 0,04; 0,04; 0,042; 0,044}.

4-й кластер:

{0,049; 0,049; 0,053; 0,054; 0,058; 0,06; 0,063}.

Далее кластерам рисков приписываются условные индексы (см. табл. 4 и 5):

Таблица 4

Градации рисков для случая трех кластеров

Кластер	Вид риска	Условный индекс
Первый кластер	Незначительный риск	1
Второй кластер	Средний риск	2
Третий кластер	Значительный риск	3

Таблица 5

Градации рисков для случая четырех кластеров

Кластер	Вид риска	Условный индекс
Первый кластер	Незначительный риск	0
Второй кластер	Средний риск	1
Третий кластер	Повышенный риск	2
Четвертый кластер	Значительный риск	3

После этого каждый полученный участок окрашивается одним из трех (четыре) градаций цветной заливки, соответствующей трем степеням риска (табл. 6), а результат выделения уровней риска отображается на карте графическими средствами.

Очевидным недостатком метода является эмпирическое распределение рисков, избежать которого можно только путем проведения систематических многолетних исследований экологического состояния арктических акваторий и территорий.

Преимуществом предложенного метода является простота реализации, наглядность представления общей картины распределения экологических рисков шельфовой и прибрежной арктической зоны для ключевых арктических районов и инвариантность по отношению к выбранной географической территории/акватории, допускающая детализацию любого наперед заданного уровня.

Ниже (см. рис. 1 и 2) приводятся карты экологического риска, построенные по упрощенному методу оценки экологического риска шельфовой и прибрежной арктической зоны для ключевых арктических районов для 3-кластерного и 4-кластерного разбиения диапазона вероятностей потенциальных негативных экологических последствий.

Таблица 6

**Уровни экологического риска шельфовой и прибрежной арктической зоны
для ключевых арктических районов**

Типы комбинированных районов	Уровень риска (3 кластера)	Уровень риска (4 кластера)
Радиационный объект, уязвимая зона	2	2
Радиационный объект, уязвимая зона, СМП	3	2
Уязвимая зона, СМП	1	0
Устойчивая зона, СМП	1	0
Устойчивая зона, лицензионный участок НГК	2	0
Радиационный объект, уязвимая зона, горячая точка	3	3
Радиационный объект, устойчивая зона, горячая точка	3	3
Радиационный объект, устойчивая зона, горячая точка, зона антропогенного влияния	3	3
Радиационный объект, устойчивая зона	2	1
Радиационный объект, устойчивая зона, зона антропогенного влияния	3	2
Радиационный объект, горячая точка, уязвимая зона, ООПТ	3	3
Горячая точка, уязвимая зона, ООПТ	2	1
Горячая точка, уязвимая зона	2	1
Горячая точка, уязвимая зона, зона антропогенного влияния	2	2
Уязвимая зона, зона антропогенного влияния	2	0
Устойчивая зона, зона антропогенного влияния	1	0
Радиационный объект, уязвимая зона, горячая точка, зона антропогенного влияния	3	3
Радиационный объект, уязвимая зона, горячая точка, СМП	3	3
Уязвимая зона, лицензионный участок НГК	2	1
Устойчивая зона, горячая точка	2	1
Горячая точка, устойчивая зона, зона антропогенного влияния	2	1
Горячая точка, уязвимая зона, зона антропогенного влияния, лицензионный участок НГК	3	3
Горячая точка, уязвимая зона, лицензионный участок НГК	3	2
Уязвимая зона, ООПТ	1	0
Устойчивая зона, ООПТ	1	0
Уязвимая зона, ООПТ, СМП	1	0
Устойчивая зона, ООПТ, СМП	1	0
Уязвимая зона, горячая точка, СМП	2	2
Устойчивая зона (без пересечений с другими зонами)	1	0
Уязвимая зона (без пересечений с другими зонами)	1	0
Наиболее устойчивая зона	1	0
Радиационный объект, уязвимая зона, зона антропогенного влияния	3	2
Устойчивая зона, лицензионный участок НГК	2	0
Уязвимая зона, зона антропогенного влияния, лицензионный участок НГК	2	1
Горячая точка, устойчивая зона, лицензионный участок НГК	2	2

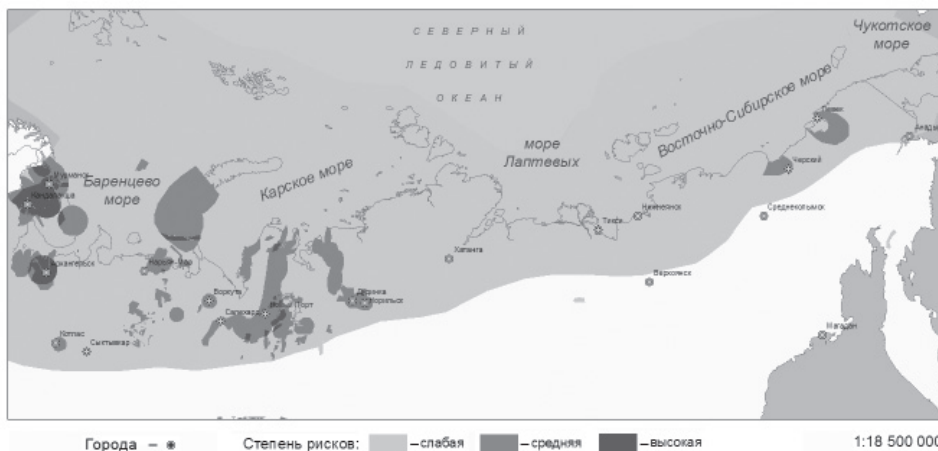


Рис. 1. Карта экологического риска шельфовой и прибрежной арктической зоны для ключевых арктических районов, построенная по упрощенному методу для трехкластерного разбиения диапазона вероятностей потенциальных негативных экологических последствий.

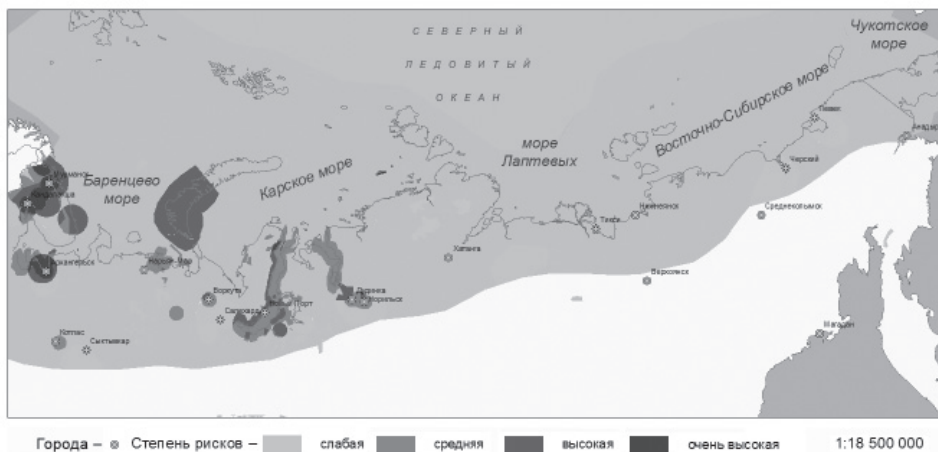


Рис. 2. Карта экологического риска шельфовой и прибрежной арктической зоны для ключевых арктических районов, построенная по упрощенному методу для четырехкластерного разбиения диапазона вероятностей потенциальных негативных экологических последствий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанный прикладной метод оценки экологических рисков позволяет в обобщенной виде отобразить общую картину распределения рисков в прибрежной и морской части АЗРФ (не претендуя на высокую точность), а в силу универсальности, может быть применен к любому выбранному району с любой, вообще говоря, степенью детализации.

Приведенные карты экологического риска шельфовой и прибрежной арктической зоны для ключевых арктических районов, построенных по упрощенному методу хотя и носят иллюстративный характер в силу эмпирического подхода к ранжированию рисков, тем не менее позволяют оценить общую экологическую обстановку в АЗРФ

в целом. При наличии дополнительных данных могут быть построены аналогичные карты с любой наперед заданной детализацией.

Автор выражает глубокую благодарность М.А.Родиченко за оказанную помощь при построении карт экологического риска Арктики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Дмитриев В.Г. К вопросу о понятии экологического риска. Аналитический обзор публикаций // «Арктика и Север», электронное научное издание. URL: <http://narfu.ru/upload/iblock/b71/16.pdf>, № 13, 2013. [дата обращения: 09.11.2013].

Дмитриев В.Г. Оценка экологического риска. Аналитический обзор публикаций // «Арктика и Север», электронное научное издание. URL: <http://narfu.ru/aan/> (Принята к печати в № 15, 2014а).

Дмитриев В.Г. Теоретический метод оценки экологического риска с учетом гидрометеорологических факторов // «Арктика и Север», электронное научное издание. URL: <http://narfu.ru/aan/> (Принята к печати в № 14, 2014б).

Моделирование поведения возможных разливов нефти при эксплуатации МЛСП «Приразломная». М.: НИЦ «Информатика риска», 2012. 88 с.

Отчет о научно-исследовательской работе «Гидрометеорологическое обеспечение рационального природопользования и экологической безопасности Арктической зоны Российской Федерации» по теме «Выбор направления исследований. Теоретические исследования поставленных перед НИР задач» (промежуточный). № госрегистрации 01201362178. СПб.: ААНИИ, 2013. 851 с.

Отчет о научно-исследовательской работе «Разработка предложений по определению южной границы Арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ)», этап № 5 – «Территориальное зонирование Арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ) по критериям состояния окружающей среды» Шифр темы 2001-07-11 (заключительный). № госрегистрации 01201174542. СПб.: ААНИИ, 2011. 369 с.

Федеральный закон от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» [Принят Государственной Думой Российской Федерации 20 декабря 2001 года].

V.G.DMITRIEV

SEMIEMPIRICAL APPROACH TO ECOLOGICAL RISK ASSESSMENT FOR MARINE AND COASTAL ZONES IN ARCTIC

Practical approach to ecological risk assessment is proposed. By this approach a general risk distribution for selected territory can be achieved. Method was applied to Russian Arctic (marine and coastal zones) and results were mapped.

Due to approach universality, maps with ecological risk distribution can be done with arbitrary details if sufficient information is collected.

Keywords: Arctic, shelf and coastal arctic zones, ecological risk, ecological risk assessment, ecological risk map.