

УДК 528.9:504(571.64)

DOI 10.33764/2411-1759-2023-28-2-89-103

Риск-ориентированная модель природопользования в условиях заказника «Долинский» Сахалинской области

С. В. Абрамова¹, Е. Н. Бояров¹, О. В. Купцова^{1}, Н. Ф. Двойнова¹*

¹ Сахалинский государственный университет, г. Южно-Сахалинск, Российская Федерация

* e-mail: Korsuncevaolesy@gmail.com

Аннотация. На территории Российской Федерации насчитывается более 13 тыс. особо охраняемых природных территорий (далее – ООПТ). В целом, в границах данных ООПТ хозяйственное использование земель запрещено или значительно ограничено, что, в основном, обуславливается их особым статусом, связанным с необходимостью сохранения и воспроизводства исчезающих видов флоры и фауны и мест их обитания. Разрешенные виды деятельности и природопользования в Государственном природном комплексном заказнике регионального значения «Долинский» (далее – заказник «Долинский») связаны с необходимостью реализации территориальных инфраструктурных проектов нефтегазового комплекса Сахалинской области, а именно, строительство и поддержание в исправном состоянии линейных сооружений транспортной инфраструктуры. Вместе с тем, особенности географического положения Сахалинской области, особенности геологического, геоморфологического строения, климатические и другие особенности региона для безопасного осуществления разрешенных видов природопользования данной территории требуют учета существующих и потенциальных риск-образующих факторов, способных реализоваться в виде опасностей и угроз природного и техногенного характера. Это обуславливает необходимость риск-ориентированного моделирования на основе идентификации риск-образуемых параметров на территории ООПТ и использования всего доступного информационного массива для расчета возможных рисков возникновения опасных и чрезвычайных ситуаций на исследуемой территории. В ходе исследования на основе материалов спутниковых съемок Landsat-8, Sentinel-2A, данных SRTM, а также анализа статистических данных по сейсмоактивности, пожароопасности, паводковой обстановке техногенной нагрузке исследуемой территории, была проведена оценка состояния территории заказника «Долинский» (о. Сахалин). В итоге выявлена достаточная информативность исходных материалов, разработана риск-ориентированная модель оценки риска, продемонстрированы результаты методики обработки и расчета данных, составлена карта рисков природопользования в условиях заказника «Долинский».

Ключевые слова: оценка рисков, матрица риска, геоинформационное тематическое картографирование, риск-ориентированная модель, риск-образуемые параметры, особо охраняемая природная территория, заказник «Долинский»

Введение

В последнее время повышенное внимание профессионального сообщества и общественности вызывают различные виды воздействия человека на окружающую природную среду.

Такие техногенные и антропогенные воздействия носят многоплановый характер.

Техногенная трансформация природной среды практически всегда развивается в двух направлениях либо в их сочетании, постоянно расширяясь с образованием новых форм:

– первое направление связано с изменением состояния естественно-природных компонентов геологической среды и ее динамического физико-химического равновесия, формирующихся множество лет, к которым относятся разведка, в первую очередь, и добыча полезных ископаемых, промышленное истощение поверхностных и подземных вод, приводящие к быстрому реструктурированию геологической среды, сопровождающемуся разуплотнениями, разжижению, обвалами и т. д.;

– второе направление связано с техногенными изменениями на поверхности земной коры: создание антропогенных ландшафтов и антропогенных рельефов (к примеру, селитебных зон, автомобильных и железных дорог, дамб, плотин, свалок отходов производства и потребления); захоронение осадочных образований, возникающих в результате интенсивной седиментации техногенных взвесей на дне водных объектов, и т. д.

Техногенное освоение и трансформация природной среды – неотъемлемая часть развития человеческой деятельности, способствующая возрастанию риска опасностей для жизни и здоровья населения, экологических функций биосферы, а также среды обитания для живых организмов. Следствием высокой техногенной нагрузки на природную среду Сахалинской области являются нарушение ее устойчивости, целостности, а также дестабилизация, проявляющиеся в различных формах, о чем свидетельствует множество примеров: нефтяное загрязнение промысловых водоемов и источников питьевого водоснабжения, почвы; разрушение среды обитания при строительстве трубопроводов, линий электропередачи, дорог; размещение отходов производства и потребления; антропогенные пожары и т. д.

Одновременно для расширения площадей и всех видов природопользования реализуется практика массового сокращения и ликвидации ООПТ с целью передачи объектов их инфраструктуры для ведения промыслов, вырубки древесины, добычи полезных ископаемых, расширения сельскохозяйственных территорий, результатом чего является невосполнимая утрата видового разнообразия растительного и животного мира. На территории

Сахалинской области в период 2012–2020 гг. площадь ООПТ сокращена на 22 %. А как показывает мировая практика, полноценную охрану объектам природы могут обеспечить только ООПТ, и чем выше этот уровень, тем действенней осуществляется эта охрана.

Техногенное вмешательство в природную среду способно кардинально изменять в ней естественно-природные процессы, их масштабы, последствия на обширных территориях, затрагивая порой целые регионы. Отсутствие общих закономерностей развития данных вмешательств требует проведения анализа данной проблемы и обоснования необходимости разработки на примере Сахалинской области риск-ориентированной модели природопользования условиях заказчика «Долинский». Эффективное управление природопользованием в условиях заказчика «Долинский» имеет важное значение для обеспечения устойчивости естественных сообществ к природным и антропогенным явлениям, а также создает рабочие места и экономит деньги.

Материалы и методы исследования

Описание объекта исследования. Заказник «Долинский» располагается в южной части о. Сахалин на территории Долинского городского округа и является особо охраняемой природной территорией общей площадью 9 176,0 га. Данный заказник создан с целью охраны и воспроизводства редких и исчезающих видов флоры и фауны Сахалинской области [1]. Заказник расположен на землях лесного фонда Долинского лесничества, Айского участкового лесничества площадью 6 986 га и Фирсовского участкового лесничества площадью 2 190 га (рис. 1).

К числу разрешенных видов деятельности и природопользования относятся различные виды рыболовства, проведение деятельности, связанной с рекреационными работами, строительство дорог противопожарного и лесохозяйственного назначения, а также осуществление различных видов деятельности, связанной с обеспечением эксплуатации и обслуживанием транспортных путей (автомобильных, железнодорожных, трубопроводных). Так, магистральные трубопроводы от ОБТК

(Ноглики) до завода СПГ (Корсаков) имеют протяженность трассы 637 км (из них 13,8 км по территории заказника); диаметр 610 и 1 220 мм для нефте- и газопровода соответственно; рабочее давление газопровода 9,8 МПа; пропускная способность газопровода – 18,5 млрд м³/год. Коридор трубопровода представляет собой участок со сведенной растительностью и снятым плодородным

слоем, местами размытый дождями [2] (рис. 2). У северной и южной границ заказника находятся населенные пункты – посёлки Фирсово и Советское. Вдоль восточной границы проходят шоссейная дорога – федеральная автомобильная трасса А-393 Южно-Сахалинск – Оха (834 км) и железная дорога Южно-Сахалинск – Ноглики с утвержденной полосой отчуждения – 100 м.



Рис. 1. Границы заказника «Долинский»



Рис. 2. Участки техногенного ландшафта:

а) трасса трубопроводов, размывтая дождями (2017 г.); б) линия электропередачи

Ущерб животному миру на территории заказника выражается в изъятии и дефрагментации мест обитания и ухудшении условий обитания: загрязнении поверхностных вод взвешенными веществами, загрязнении территории различными химическими веществами, выбросах загрязняющих веществ в результате работы техники и отопительных приборов, увеличении шума и фактора беспокойства. Так, с периодом строительства трассы трубопровода (2003 г.) совпало снижение численности американской норки, енотовидной собаки, лисицы, изюбря [3].

Перечисленные виды деятельности способны нанести ущерб для экосистемы заповедника, что обуславливается риском возникновения опасных и чрезвычайных ситуаций различного происхождения.

Описание исходных данных

Информационной основой для исследования послужила графическая визуализация данных дистанционного зондирования космических аппаратов «Шаттл», Sentinel-2A и Landsat-8, анализ пространственных данных с помощью географических информационных систем ArcGIS и QuantumGIS, а также информация баз данных Гидрометцентра России.

В качестве исходных данных в рамках данной статьи были рассмотрены следующие:

- справки, аналитические записки, информационные материалы, сводные данные о состоянии природной среды заказника «Долинский»;
- статистически данные карт пожароопасности в лесных массивах по территории России

с выделением классов пожарной опасности по методу В. Г. Нестерова, предоставленные в открытом доступе на сайте ФГБУ «Гидрометцентра России» [4];

- цифровая модель рельефа SRTM [5];
- спутниковые снимки Sentinel-2A [6] и Landsat-8 [7];

– данные об эпицентрах землетрясений из реестра единой геофизической службы Российской академии наук [8];

– карты детального сейсмического районирования южного Сахалина [9];

– данные о гидрологических особенностях территории острова Сахалин по данным федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (РОСГИДРОМЕТ) [10];

– карта разломных зон острова Сахалин по технологии дешифрирования изображений с использованием геофизических данных для выявления разрывных нарушений [11];

– схема прохождения объектов техносферы (дорожная сеть, сеть трубопроводов, выявленная по результатам дешифрирования исходных данных).

Кроме того, принимались во внимание материалы полевых исследований, в соответствии с которыми можно было оценить состояние растительности на территории заказника «Долинский» [12].

Представленные исходные данные составили информационную основу для расчета риска в виде риск-образуемых параметров.

Большое значение для исследования имели спутниковые снимки Landsat-8, Sentinel-2A,

а также данные радарной интерферометрической съемки SRTM, произведенной радиолокационными сенсорами X-SAR и SIR-C с помощью аппарата «Шаттл», используемые для обработки и анализа с помощью таких программ, как PyLEFA, ArcGIS и QGIS.

Для достоверных результатов исследования необходимо применять принцип комплексности, предусматривающий совместное использование основных методов линеamentного анализа и принцип множественности космических исследований, предусматривающий использование серий снимков, различающихся по спектральному диапазону, времени съемки, разрешению.

Использование разновременных снимков позволяет наиболее четко отобразить морфологические черты рельефа. С помощью программы PyLEFA при использовании различных алгоритмов линеamentного анализа и вероятностного преобразования, таких как Хафа, Canny и Erosion, были определены основные геологические особенности исследуемой территории. Алгоритм математической

морфологии Erosion и алгоритм для выявления границ Canny широко распространены среди операций выделения границ на изображениях. Эти алгоритмы считаются оптимальными, так как содержат баланс между потерей исходной информации и фильтрацией шума. С помощью преобразования Хафа удастся вычислить все возможные вероятные расположения основных разломных зон, и на их основе построить карту разломов исследуемой территории. Так, данные по разрывным нарушениям на территории заказника «Долинский» получены на основе линеamentного анализа (рис. 3). При дешифрировании четко выделяется разлом меридионального простирания, вдоль которого располагается система трещин меридионального, широтного и диагонального простирания, характеризующая гористую местность исследуемой территории.

Так, исходные данные по эрозийным процессам на территории заказника получены на основе линеamentного анализа территории (рис. 3).

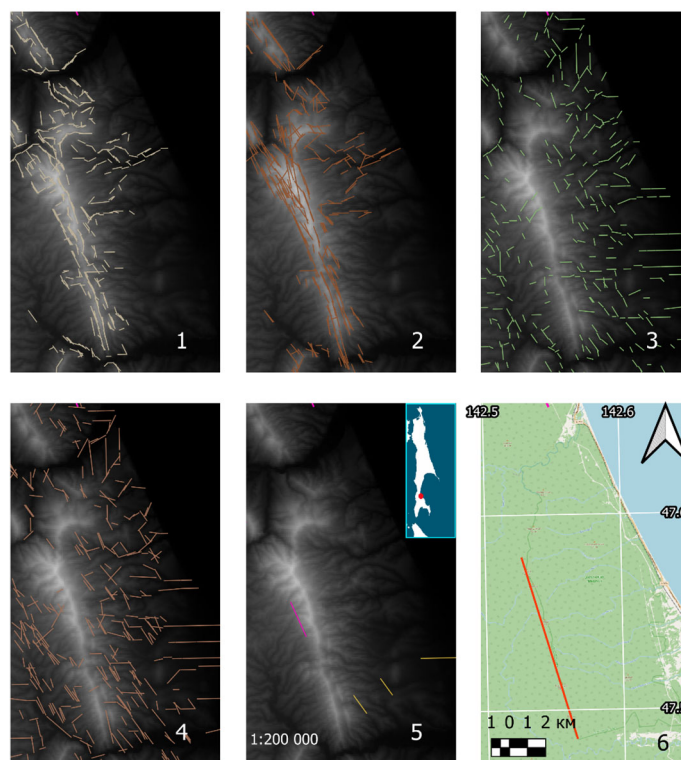


Рис. 3. Фрагменты изображения линеamentного анализа территории заказника «Долинский» при использовании различных алгоритмов:

1 – Canny many; 2 – Canny medium; 3 – Erosion many; 4 – Erosion medium; 5 – Canny small (красные линии), Erosion small (желтые линии); 6 – карта Долинского заказника с выделенным разломом (красная линия)

Тем самым, для решения технических задач по оценке конкретного вида риска на обследуемой территории требуется переключение фокуса на решение комплексной задачи, направленной на принятие решения по обеспечению безопасности территории на основе факторной модели оценки риска.

Такой подход требует решения проблемы эффективного способа анализа комплексного риска природопользования конкретной территории по следующим направлениям:

- ревизия существующей системы оценки рисков и получения первичной информации о негативном влиянии различных факторов на конкретной территории, закономерностей в происхождении и развитии природных, техногенных и антропогенных процессов на данной территории и оценка информационных потоков, инициируемых такими процессами и явлениями;

- определение технических и информационных факторов, влияющих на получение актуальной и достоверной первичной информации об обследуемой территории и построение прозрачной системы информационного взаимодействия;

- разработка эффективной информационной модели получения первичной информации о состоянии изучаемой территории, ее интерпретации, последующего анализа и сопровождение такой модели в будущем.

В соответствии с предложенными направлениями в рамках такого подхода необходимо применять различные гибкие инструменты моделирования информационно-технологических процессов, среди которых – CASE-инструменты для функционального моделирования.

Расчет показателей риска осуществлен посредством применения общих методик [13–16]. При этом мы исходили из понимания риска как вероятностной, критериальной и параметрической величины. При этом, в качестве критериев оценки рисков R используются вероятностные характеристики реализации опасных n явлений различного происхождения P , а также выявленный и посчитанный ущерб от реализации каждого такого опасного явления U . Соответственно, каждый

выявленный критерий представляет собой линейную или нелинейную зависимость F_R от конкретного фактора, влияющего на оцениваемую территорию с учетом определенного весового коэффициента G_i , который необходим для учета степени важности различных опасных явлений:

$$R = FR = F_R \{U, P\} = \text{SUM} [G_i F_{Ri} (U_i, P_i)].$$

Соответственно, тяжесть ущерба U нами принимается как некая обобщенная величина, которая представляет собой совокупность различных видов учитываемых в расчетах ущербов W (например, экологических, социальных, экономических и др.) и условной цены каждой составляющей вреда от реализации вероятной опасности C

$$U = \sum_{i=1}^N [W_i \times C_i],$$

где W_i – обобщенная составляющая анализируемого ущерба в зависимости от различных элементов окружающей среды; C_i – цена i -й составляющей ущерба для изучаемой территории.

В качестве ведущего способа оценки ущерба нами использовался способ количественной оценки по определенному перечню параметров, применение которого основано на соответствующих расчетных методиках оценки для ущерба при реализации той или иной опасной ситуации на изучаемой территории [13–16]. Так, например, оценка ущерба, нанесенного экологическому состоянию территории воздействием N условных опасных веществ, в зависимости от их концентрации производится по следующей формуле:

$$U = \sum_{i=1}^N [C_i, Data, Geo, PDK_i],$$

где C_i – выявленное значение концентрации опасного вещества на исследуемом объекте; $Data$ – дата измерения; Geo – географическое местонахождение исследуемого объекта; PDK_i – значение ПДК опасного вещества на

исследуемом объекте; N – количество параметров, участвующих в измерении.

Далее, на основе проведенного расчета, учитывая критерии оценивания риска [17, 18],

становится возможным определить условный показатель риска по табл. 1, тем самым осуществляется переход от количественного к качественному состоянию в оценивании риска.

Таблица 1

Критерии оценивания качественного состояния риска на конкретной территории

Критерий оценки концентрации конкретного выявленного опасного вещества	Экологическое состояние	Показатель
$C_i \leq ПДК_i$	Удовлетворительное	1
$1 ПДК_i < C_i \leq 10 ПДК_i$	Напряженное	2
$10 ПДК_i < C_i \leq 30 ПДК_i$	Критическое	3
$30 ПДК_i < C_i \leq 50 ПДК_i$	Кризисное	4
$C_i > 50 ПДК_i$	Катастрофическое	5

Для оценки комплексного воздействия на изучаемую территорию использовались обобщенные значения, рассчитанные в соответствии с существующими стандартными методиками, которые в обобщенном виде можно представить следующим образом:

$$S = \sum_{i=1}^N [U_i, Data, Geo, PDK_i],$$

где U_i – расчетный показатель изучаемого опасного фактора для конкретного объекта на конкретной территории. В итоге расчетно-аналитическим методом получается результирующий показатель уровня риска изучаемой территории.

Результаты и обсуждение

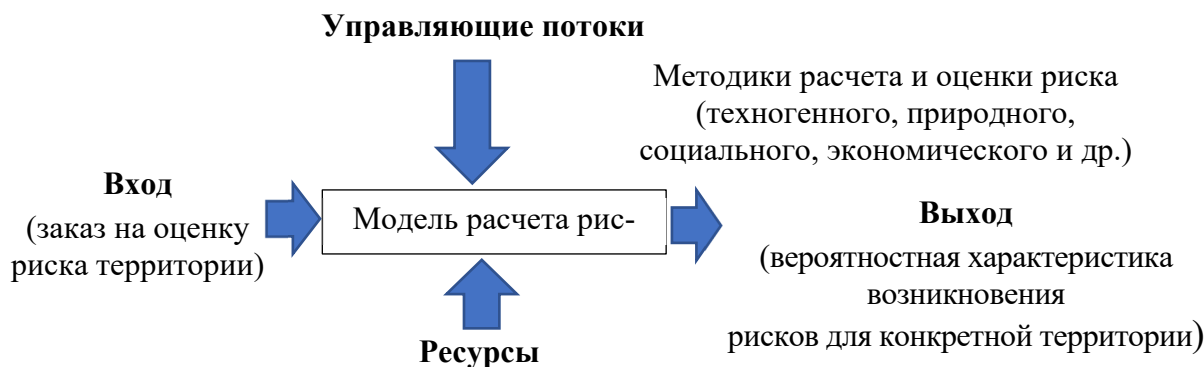
Конкретизируя данные инструменты для решения задачи построения модели оценки риска, остановимся на инструментах функционального моделирования в соответствии с методологией IDEF0. Отметим, что в ходе комплексного анализа рисков необходимо составить модель, в которой входные и выходные управляющие потоки на основе определенного набора информационных и технологических ресурсов осуществляют комплексное взаимодействие с первичными источниками информации о рисках с учетом управляющих потоков, регламентирующих применение расчетных методик. Вариант процессной

схемы модели оценки комплексного риска в логике методологии IDEF0 представлен на рис. 4.

Таким образом, методология IDEF0 позволяет построить расчетную модель, состоящую из иерархически взаимосвязанных диаграмм (верхний уровень иерархии – A0). Пример диаграммы IDEF0, уровень A0 представлен на рис. 5.

Далее, в ходе декомпозиции построенной модели, путем иерархического упорядочивания, проводим следующую итерацию, в ходе чего строится новая диаграмма и производится дальнейшая ее декомпозиция. В ходе первой итерации по декомпозиции модели оценки риска получена диаграмма, представленная на рис. 6. В данной диаграмме наглядно представлен информационно-технологический процесс получения исходной информации и проведения расчетов по выявлению комплексного риска для конкретной территории заповедника «Долинский», показаны составляющие, которые в дальнейшем определяют основания для проведения расчета риска.

Для комплексной оценки риска возникновения опасной ситуации на изучаемой территории заказника разработана и использована риск-ориентированная модель природопользования территории заказника, выполненной в методологии IDEF0.



ДДЗ для конкретной территории, специализированные ГИС (сейсмоактивности, паводковой ситуации, геофизического и геоморфологического состояния, гидрологических объектов, пожароопасности, опасных техногенных и природных объектов и др.)

Рис. 4. Обобщенная схема расчета рисков (методология IDEF0)

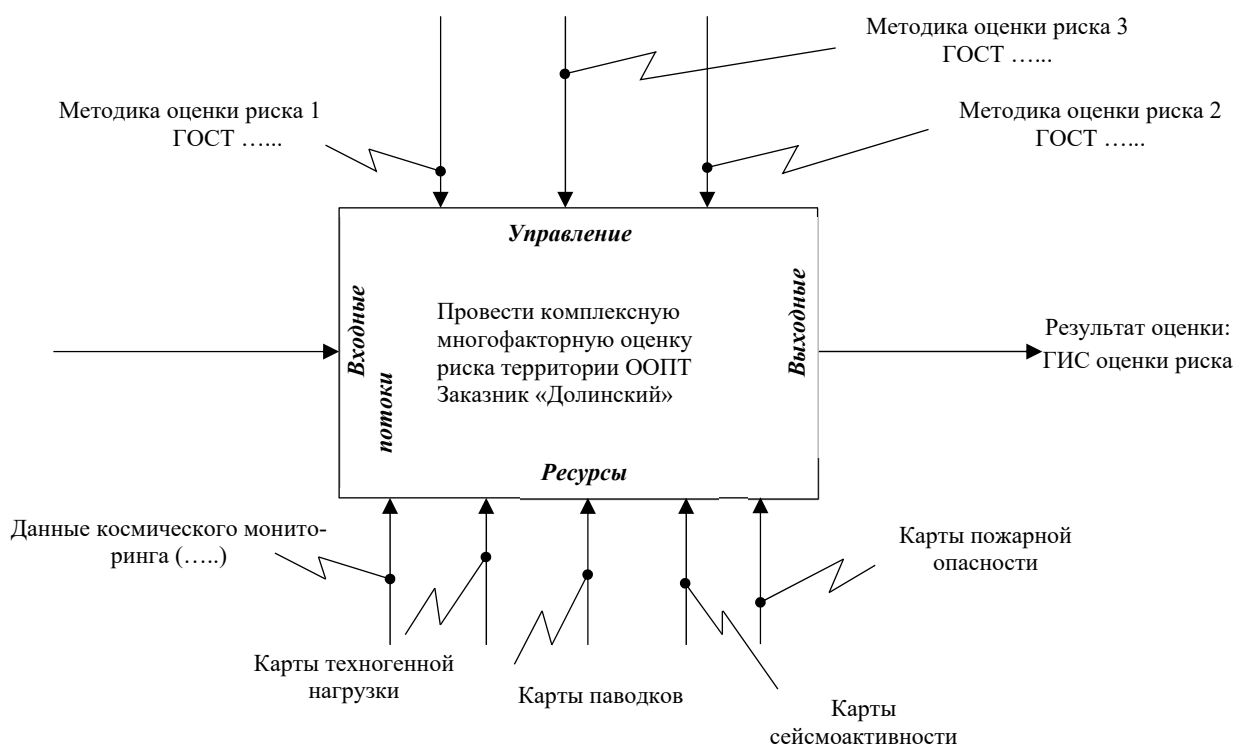


Рис. 5. Диаграмма модели оценки риска (уровень иерархии A0)

В настоящей работе мы проводили оценку риска на основе стандартной матрицы риска [19, 20]. При этом нами использовался перечень из пяти категорий риска и пятибалльные шкалы, соответствующие их значимости (табл. 3). Полученные расчетным мето-

дом значения мы приводили в единую систему множеств – для вероятности происхождения события: $P = \{[1; A], [2; B], [3; C], [4; D], [5; E]\}$, для последствий реализации события: $C = \{[1; N \text{ (Negligible)}], [2; Mi \text{ (Minor)}], [3; Mo \text{ (Moderate)}], [4; S \text{ (Serious)}],$

[5; С (Critical)]}, которые составили базис матрицы риска. В качестве элементов матрицы риска были определены вычисленные и обобщенные балльные оценки, представляющие категории риска $X_R, X_R \in R, R=\{[1; ОНР], [2; НР], [3; СР], [4; ВР], [5; ОВР]\}$.

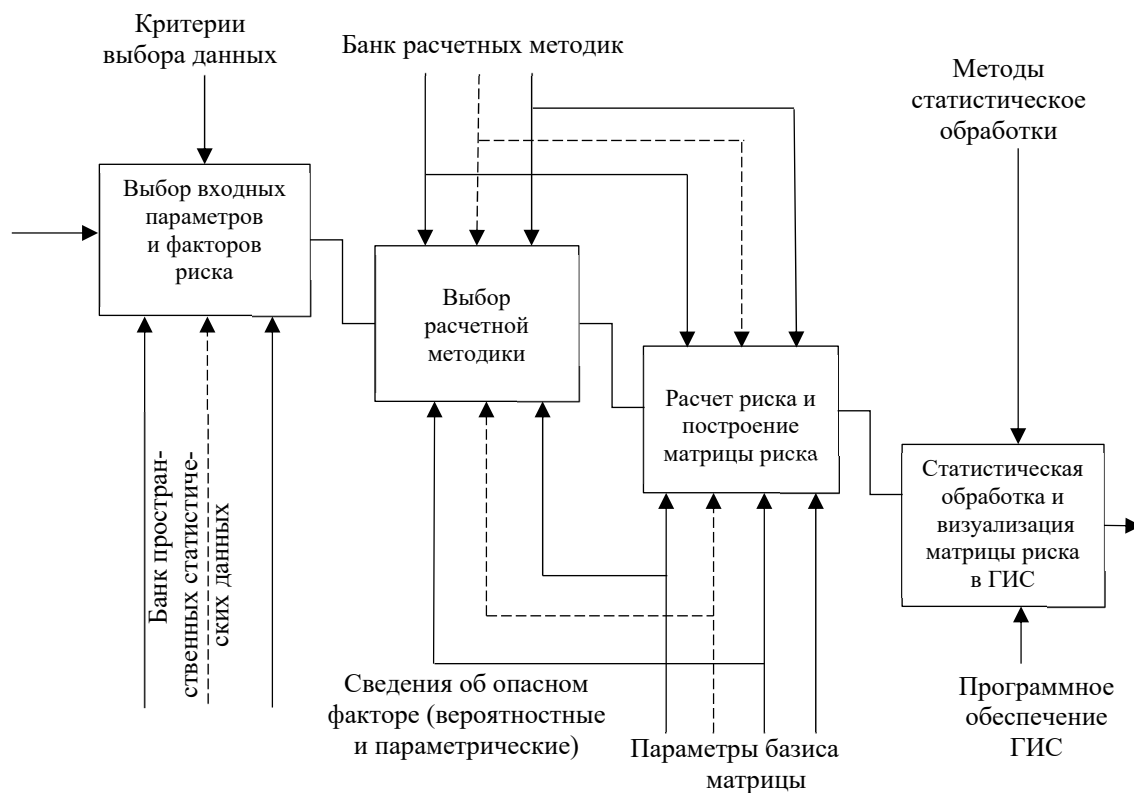


Рис. 6. Диаграмма оценки риска (декомпозиция A0)

Таблица 3

Описание шкал и категорий матрицы риска

Вероятность события		Последствие реализации события		Уровень риска	
A	событие практически никогда не происходит	N	воздействием можно пренебречь	ОНР	очень низкий риск
B	событие случается редко	Mi	незначительное происшествие (воздействие на ИС незначительно, последствия легкоустранимы)	НР	низкий риск
C	вероятность события за рассматриваемый промежуток времени около 0,5	Mo	происшествие с умеренными результатами (воздействие на ИС невелико и не затрагивает критически важных задач)	СР	средний риск
D	скорее всего событие произойдет	S	происшествие с серьезными последствиями	ВР	высокий риск
E	событие почти обязательно произойдет	C	происшествие затрагивает критически важные задачи	ОВР	очень высокий риск

В качестве примера представим результат оценки комплексного риска по одной случайно выбранной географической точке в пределах территории заказчика «Долинский», ко-

торая соотносится с материалами исследований [21]. Учитывая предложенную модель оценки риска (рис. 4), все определяемые риск-образуемые параметры были сведены в ГИС,

в результате чего построена совокупность матриц оценки риска исследуемых опасных ситуаций ($M_1, M_N; N = 5$) для комплексного риска для природопользования территории

заказника «Долинский» (рис. 7). Представленные матрицы явились основной основой для комплексного представления данных о различных рисках в ГИС.

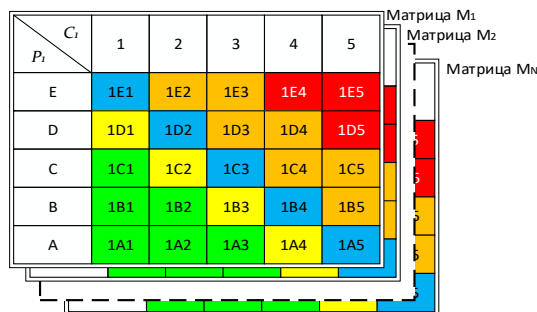


Рис. 7. Совокупность матриц оценки риска природопользования территории заказника «Долинский»

Такое построение матриц позволило привести разнородные данные о различных видах риска на территории заказника к единой нормированной шкале, в соответствии с которой стало возможным визуализировать комплексный риск для территории заказника средствами ArcGIS (рис. 8, 9).

При анализе данных об эпицентрах землетрясений было выявлено, что с 1900 г. на территории заказника «Долинский» не происхо-

дило землетрясений магнитудой выше 2,5. По данным Росгидромета класс пожарной опасности исследуемой территории низкий. На территории заказника «Долинский» не расположено паводковых рек, однако по границам заказника протекают две реки, грозящие весенним половодьем: река Ай и река Фирсовка. Вблизи побережья исследуемой территории при дешифрировании четко выделяется участок трубопровода.

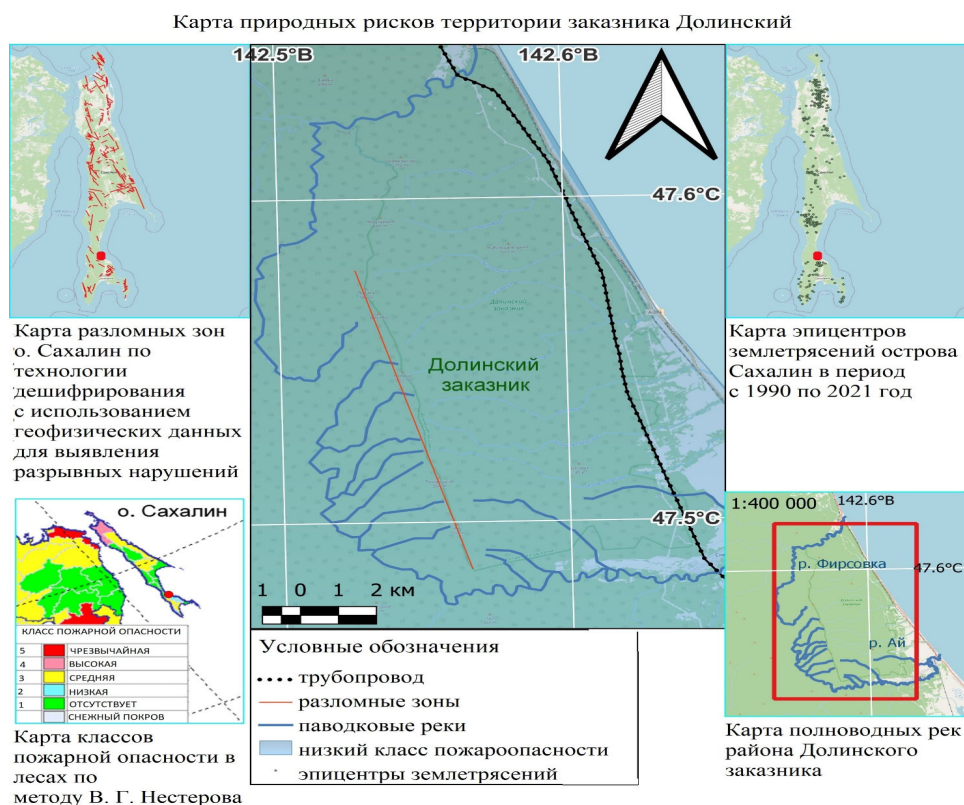


Рис. 8. Карта природных рисков территории заказника «Долинский»

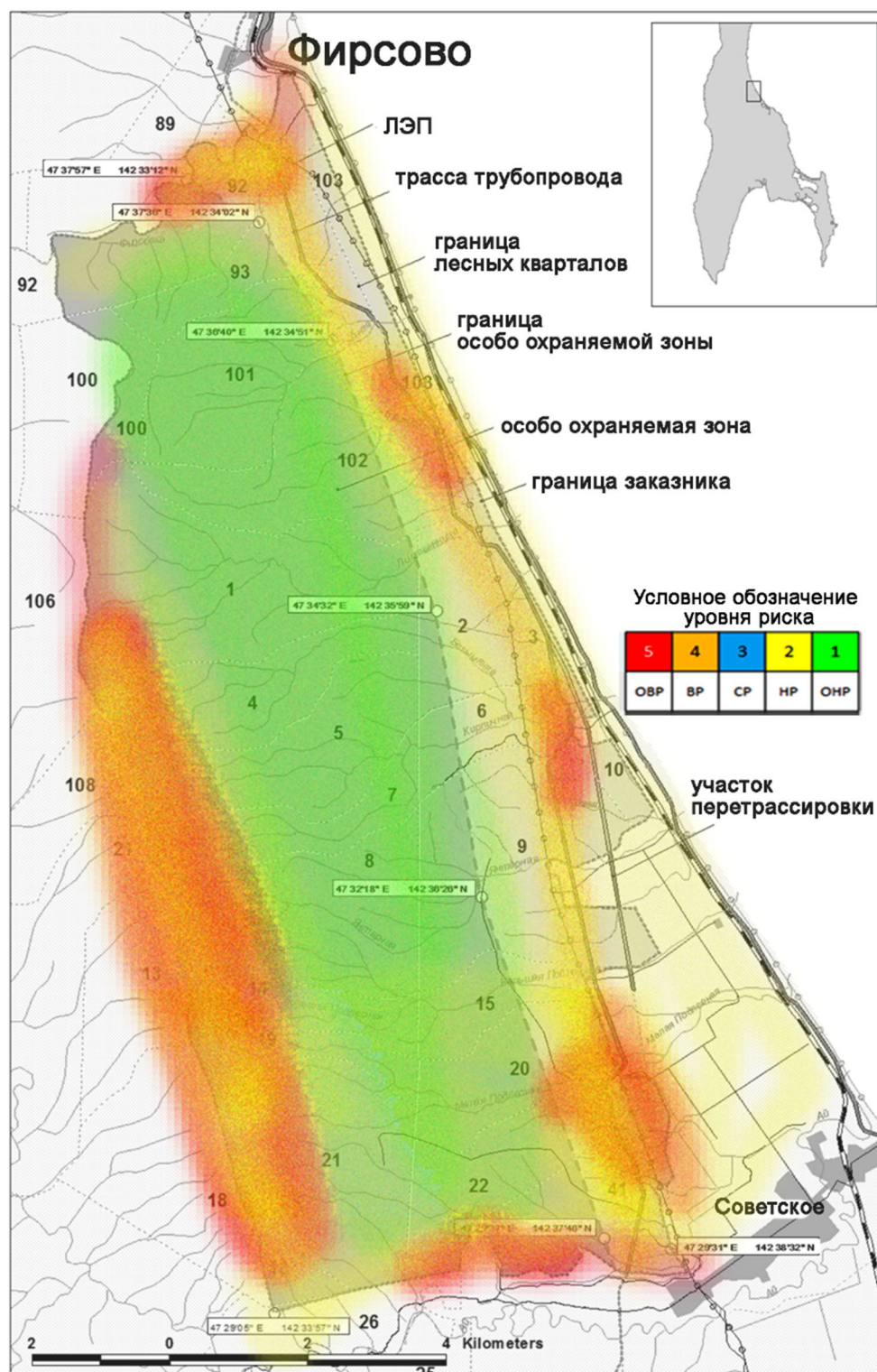


Рис. 9. Визуализация комплексного риска природопользования территории заказника «Долинский»

Заклучение

Проведенное исследование показало, что в целом территория заказника благоприятна для ведения всех видов разрешенного природополь-

зования. Вместе с тем, были определены зоны повышенного риска, которые соответствующим образом обозначены на рис. 8 (справа).

Таким образом, проведенный анализ позволит разработать рекомендации по природополь-

зованию в условиях заказника «Долинский», а именно определить наиболее уязвимые части территорий (с точки зрения пожароопасности, паводковой нагрузки, сейсмоактивности, техногенной нагрузки и др.) и спланировать меро-

приятия по заблаговременному обеспечению комплекса мер по предупреждению возникновения опасных и чрезвычайных ситуаций различного происхождения, связанных с разрешенными видами землепользования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ООПТ России. – Режим доступа: <http://oopt.aari.ru/oopt/Долинский-Изюбровый> (дата обращения: 25.08.2022).
2. Чернявская Е. Г. Государственный природный заказник «Долинский» [Электронный ресурс] // Заповедные территории. – Режим доступа: [http://boomerangclub.ru/up/images/informaciya/prigoda-sakhalina-i-kuril/multemediinie-diski/00PT/r%20\(35\).htm](http://boomerangclub.ru/up/images/informaciya/prigoda-sakhalina-i-kuril/multemediinie-diski/00PT/r%20(35).htm) (дата обращения: 01.05.2021).
3. Положение о государственном природном комплексном заказнике регионального значения «Долинский» (в ред. постановлений Администрации Сахалинской области от 30.01.2009 № 26-па, от 13.07.2009 № 262-па) [Электронный ресурс] // ООПТ России. – Режим доступа: <http://oopt.aari.ru/oopt/Долинский-Изюбровый> (дата обращения: 01.05.2021).
4. Пожарная опасность. Сайт Гидрометцентра России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://meteoinfo.ru/fire-danger> (дата обращения: 28.07.2022).
5. USGS EROS Archive. Digital Elevation – Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) Void Filled. GloVis Website USGS (U. S. Geological Survey) [Electronic resource]. – Mode of access: <https://glovis.usgs.gov/aP> (accessed 28.07.2022).
6. Sentinel Missions. Website ESA (European Space Agency) [Electronic resource]. – Mode of access: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2> (accessed 28.07.2022).
7. Сайт United States Geological Survey (USGS) [Electronic resource]. – Mode of access: <https://doi.org/earthexplorer.usgs.gov/> (accessed 17.04.2022).
8. Сайт ФИЦ ЕГС РАН – Информация о землетрясениях. – Режим доступа: <http://www.ceme.gsras.ru/new/ssd.htm> (дата обращения 17.04.2022).
9. Коновалов А. В., Степнов А. А. Карты детального сейсмического районирования нового поколения для южной части острова Сахалин // Доклады Российской академии наук. Науки о земле. – 2020. – Т. 494, № 1. – С. 66–70.
10. Официальный сайт Гидрометцентра России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://meteoinfo.ru> (дата обращения: 28.07.2022).
11. Купцова О. В. Методика выявления дизъюнктивных нарушений по данным дистанционного зондирования Земли с использованием линеаментного анализа // Мониторинг. Наука и технологии. – 2021. – № 1 (47). – С. 6–13.
12. Купцова О. В., Лобищева И. И., Верхотуров А. А., Мелкий В. А. Исследование влияния зон разломов территории заказника «Долинский» (о. Сахалин) на состояние его растительного покрова с использованием материалов дистанционного зондирования Земли // Вестник СГУГиТ. – 2021. – Т. 26, № 5. – С. 75–85.
13. ГОСТ Р 22.1.09-99. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование лесных пожаров [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://internet.garant.ru> (дата обращения 15.08.2022).
14. ГОСТ Р 55059–2012. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Менеджмент риска чрезвычайной ситуации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://internet.garant.ru> (дата обращения 15.08.2022).
15. ГОСТ Р 58771–2019. Менеджмент риска. Технологии оценки риска [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://internet.garant.ru> (дата обращения 15.08.2022).
16. Методика оценки риска аварий на опасных производственных объектах магистрального трубопроводного транспорта газа [Электронный ресурс] : приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 26.12.2018 № 647. – Доступ из справ.-правовой системы «Гарант» (дата обращения 15.08.2022).
17. Природные опасности России. Т. 6. Оценка и управление природными рисками / Под ред. А. Л. Рагозина. – М. : Изд. фирма «КРУК», 2003. – 320 с.
18. Куракина Н. И., Ивлиев И. А. Методы оценки экологических рисков на основе разнородных данных // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». – 2015. – № 2. – С. 46–51.

19. Алексеев В. В., Куракина Н. И., Желтов Е. В. ГИС комплексной оценки состояния окружающей природной среды // *АrcReview*. – 2007. – № 1 (40). – С. 16–17.
20. Борисова Т. А. Риски лесных пожаров в Байкальском регионе на примере Республики Бурятия // *Использование и охрана природных ресурсов в России*. – 2016. – № 3. – С. 42–47.
21. Ревякина З. В., Зыков В. Б. Комплексное экологическое обследование государственного природного биологического заказника «Изюбровый». – Южно-Сахалинск : Информационно-исследовательский центр «Фауна», 2007. – 51 с.

Об авторах

Светлана Владимировна Абрамова – доктор педагогических наук, доцент, заведующая кафедрой безопасности жизнедеятельности.

Евгений Николаевич Бояров – доктор педагогических наук, доцент, профессор кафедры безопасности жизнедеятельности.

Олеся Витальевна Купцова – кандидат технических наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности.

Наталья Федоровна Двойнова – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности.

Получено 05.10.2022

© С. В. Абрамова, Е. Н. Бояров, О. В. Купцова, Н. Ф. Двойнова, 2023

Risk-based model of nature management in the conditions of the Dolinsky reserve of the Sakhalin region

S. V. Abramova¹, E. N. Boyarov¹, O. V. Kuptsova^{1}, N. F. Dvoynova¹*

¹ Sakhalin State University, Yuzhno-Sakhalinsk, Russian Federation

* e-mail: Korsuncevaolesy@gmail.com

Abstract. On the territory of the Russian Federation there are more than 13 thousand specially protected natural areas (hereinafter referred to as SPNAs). In general, within the boundaries of these protected areas, the economic use of lands is prohibited or significantly limited, which is mainly due to their special status associated with the need to preserve and reproduce endangered species of flora and fauna and their habitats. Permitted types of activities and nature management in the Dolinsky State Natural Complex Reserve of Regional Importance (hereinafter referred to as the Dolinsky Reserve) are associated with the need to implement territorial infrastructure projects for the oil and gas complex of the Sakhalin Region, namely, the construction and maintenance of linear structures of the transport infrastructure. At the same time, the peculiarities of the geographical location of the Sakhalin Region, the peculiarities of the geological, geomorphological structure, climatic and other features of the region, for the safe implementation of permitted types of nature management in this territory, require taking into account existing and potential risk-forming factors that can be realized in the form of hazards and threats to natural and man-made nature. This necessitates risk-based modeling based on the identification of risk-generated parameters on the territory of protected areas and the use of the entire available information array to calculate the possible risks of hazardous and emergency situations in the study area. In the course of the study, based on the materials of satellite images Landsat-8, Sentinel-2A, SRTM data, as well as the analysis of statistical data on seismic activity, fire hazard, flood conditions, and technogenic load of the study area, an assessment was made of the state of the Dolinsky reserve territory (Sakhalin Island). As a result, sufficient information content of the source materials was revealed, a risk-based risk assessment model was developed, the results of the data processing and calculation methodology were demonstrated, and a risk map of environmental management in the conditions of the Dolinsky reserve was compiled.

Keywords: risk assessment, risk matrix, geoinformation thematic mapping, risk-based model, risk-generated parameters, specially protected natural area, Dolinsky reserve

REFERENCES

1. Protected areas of Russia. (n. d.). Retrieved from <http://oopt.aari.ru/oopt/Dolinsky-Izyubrovyy> (accessed August 25, 2022) [in Russian].
2. Chernyavskaya, E. G. (n. d.). State natural reserve "Dolinsky". Protected territories. Retrieved from [http://boomerangclub.ru/up/images/informaciya/priroda-sakhalina-i-kuril/multemediinie-diski/00PT/r%20\(35\).htm](http://boomerangclub.ru/up/images/informaciya/priroda-sakhalina-i-kuril/multemediinie-diski/00PT/r%20(35).htm) (accessed May 01, 2021) [in Russian].
3. Regulations on the state natural complex reserve of regional significance "Dolinsky" (as amended by the Decrees of the Administration of the Sakhalin Region of January 30, 2009 No. 26-pa, of July 13, 2009 No. 262-pa). PAs of Russia. Retrieved from <http://oopt.aari.ru/oopt/Dolinsky-Izyubrovyy> (accessed May 01, 2021) [in Russian].
4. Fire danger. (n. d.). Website of the Hydrometeorological Center of Russia. Retrieved from <https://meteoinfo.ru/fire-danger> (accessed July 28, 2022) [in Russian].
5. USGS EROS Archive. Digital Elevation – Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) Void Filled. GloVis Website USGS (U.S. Geological Survey). (n. d.). Retrieved from <https://glovis.usgs.gov/aP> (accessed July 28, 2022) [in Russian].
6. Sentinel Missions Website ESA (European Space Agency). (n. d.). Retrieved from <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2> (accessed July 28, 2022) [in Russian].
7. Site United States Geological Survey (USGS). (n. d.). Retrieved from <https://doi.org/earthexplorer.usgs.gov/> (accessed April 17, 2022) [in Russian].
8. Website of the FRC EGS RAS – Information about earthquakes. (n. d.). Retrieved from <http://www.ceme.gsras.ru/new/ssd.htm> (accessed April 17, 2022) [in Russian].
9. Konovalov, A. V., & Stepnov A. A. (2020), New Generation Detailed Seismic Zoning Maps for the Southern Part of Sakhalin Island. *Doklady Rossiyskoy akademii nauk. Nauki o zemle [Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Earth Sciences]*, 494(1), 66–70 [in Russian].
10. Official site of the Hydrometeorological Center of Russia. (n. d.). Retrieved from <https://meteoinfo.ru> (accessed July 28, 2022) [in Russian].
11. Kuptsova, O. V. (2021). Method of detecting disjunctive disturbances according to remote sensing data using lineament analysis. *Monitoring. Nauka i tekhnologii [Monitoring. Science and Technology]*, 1(47), 6–13 [in Russian].
12. Kuptsova, O. V., Lobishcheva, I. I., Verkhoturov, A. A., & Melkiy, V. A. (2021). Investigation of the influence of fault zones in the territory of the Dolinsky reserve (Sakhalin Island) on the state of its vegetation cover using Earth remote sensing materials. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 26(5), 75–85 [in Russian].
13. Standards Russian Federation. GOST R 22.1.09-99. Safety in emergency situations. Monitoring and forecasting forest fires. Retrieved from <https://internet.garant.ru> (accessed August 15, 2022) [in Russian].
14. Standards Russian Federation. GOST 55059 -2012. Safety in emergency situations. Emergency risk management. Retrieved from <https://internet.garant.ru> (accessed August 15, 2022) [in Russian].
15. Standards Russian Federation. GOST 58771-2019. Risk management. Risk assessment technologies. Retrieved from <https://internet.garant.ru> (accessed August 15, 2022) [in Russian].
16. Order of the Federal Service for Environmental, Technological and Nuclear Supervision of December 26, 2018 No. 647. Methodology for assessing the risk of accidents at hazardous production facilities of the main pipeline gas transport. Retrieved from Garant online database (accessed August 15, 2022) [in Russian].
17. Ragozin, A. L. (Ed.). (2003). *Prirodnye opasnosti Rossii: T. 6, Otsenka i upravlenie prirodnyimi riskami [Natural Hazards in Russia: Vol. 6, Assessment and management of natural risks]*. Moscow: "KRUK" Publ., 320 p. [in Russian].
18. Kurakina, N. I., & Ivlichev, I. A. (2015). Methods for assessing environmental risks based on heterogeneous data. *Izvestiya SPbGETU "LETI" [Proceedings of Saint Petersburg Electrotechnical University Journal]*, 2, 46–51 [in Russian].
19. Alekseev, V. V., Kurakina, N. I., & Zheltov, E. V. (2007). GIS for a comprehensive assessment of the state of the environment. *ArcReview*, 1(40), 16–17 [in Russian].
20. Borisova, T. A. (2016). Risks of forest fires in the Baikal region on the example of the Republic of Buryatia. *Ispol'zovanie i okhrana prirodnykh resursov v Rossii [Use and Protection of Natural Resources in Russia]*, 3, 42–47 [in Russian].
21. Revyakina, Z. V., & Zykov, V. B. (2007). *Kompleksnoe ekologicheskoe obsledovanie gosudarstvennogo prirodnogo biologicheskogo zakaznika "Izyubrovyy" [Comprehensive ecological survey of the state natural biological reserve "Izyubrovyy"]*. Yuzhno-Sakhalinsk: Information and Research Center "Fauna", 51 p. [in Russian].

Author details

Svetlana V. Abramova – D. Sc., Associate Professor, Head of the Department of Life Safety.

Evgeny N. Boyarov – D. Sc., Associate Professor, Department of Life Safety.

Olesya V. Kuptsova – Ph. D., Associate Professor, Department of Life Safety.

Natalya F. Dvoynova – Ph. D., Associate Professor, Department of Life Safety.

Received 05.10.2022

© *S. V. Abramova, E. N. Boyarov, O. V. Kuptsova, N. F. Dvoynova, 2023*