

## НЕКОТОРЫЕ НОВЫЕ ПРИНЦИПЫ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ МОРСКИХ И ОЗЕРНЫХ АКВАТОРИЙ И ИХ БЕРЕГОВЫХ ЗОН

Рассмотрена методика, позволяющая перейти от качественных показателей к количественной оценке техногенного воздействия на геологическую и сопредельные с ней среды. Разработанный метод предполагает, что в результате расчетов может быть получена численная величина (коэффициент), объективно отражающая интегральную оценку факторов техногенной нагрузки и нарушений состояния геологической среды.

Ключевые слова: *Финский залив, антропогенное воздействие, геоэкология.*

The technique, which allows to make a transition from qualitative to the quantitative assessment of anthropogenic impact on the geological environment and adjacent to her environments is considered. The developed method assumes that as a result of the calculations can be obtained by numerical value (coefficient), which reflects an objective evaluation of factors of anthropogenic impact and violations of the geological environment.

Keywords: *Gulf of Finland, anthropogenic impact, geoecology.*

В последние годы геологическая и сопредельные с ней среды испытывают все более усиливающуюся техногенную нагрузку. Это связано с добычей полезных ископаемых, развитием транспортной инфраструктуры и другими процессами урбанизации. Кроме того, растущая активность техногенеза провоцирует опасные геологические процессы и явления. Очевидно, что оценка техногенного воздействия имеет исключительно важное значение для обеспечения безопасного ведения и планирования хозяйственной деятельности. Практика показывает, что наиболее эффективным способом геолого-экологических исследований является картирование. Основные принципы составления карт техногенных объектов рассмотрены в требованиях, инструкциях и методических рекомендациях к геолого-экологическим исследованиям и картографированию различного масштаба [4, 5, 7, 8].

Следует отметить, что все эти документы регламентируют составление эколого-геологических карт для территорий суши и в незначительной степени касаются водных объектов (водотоков). Это существенно снижает возможности применения изложенных в них принципов при выполнении эколого-геологических исследований на морских акваториях и в их береговой зоне. Степень техногенного влияния при составлении карт техногенных объектов по существу не оценивается. Дается лишь качественное, а не количественное представление об уровне техногенной нагрузки и степени техногенных нарушений.

Предназначение карты техногенных объектов, по мнению авторов рекомендаций [5]:

– картирование современной инфраструктуры антропогенной деятельности человека;

– использование при выделении потенциальных и прямых источников загрязнения компонентов природной среды;

– определение потенциальной экологической опасности территорий интенсивных типов землепользования для сопредельных с ними территорий, выделение потенциальных конфликтных зон.

По сути это регистрационные карты. К аналогичным выводам можно прийти и при анализе легенд эколого-геологических карт листов Карельский, Ильменский, Нарвский Государственной геологической карты м-ба 1 : 200 000 [2], в соответствии с которыми на карту выносятся площадные и точечные антропогенные объекты и техногенные нарушенные ландшафты, указывается характер хозяйственного использования территории. Таким образом, иной функции, кроме информационно-регистрационной, рассмотренные карты практически не выполняют.

По тому же информационно-регистрационному принципу составлены карты природно-техногенных факторов, влияющих на состояние геологической среды восточной части Финского залива и Российского сектора Балтийского моря [1]. Они информационно насыщены, но в то же время не позволяют оценить масштаб техногенного воздействия и сопоставить различные части акватории и береговой зоны по его уровню.

Сегодня практически отсутствуют методики составления карт техногенной нагрузки на геологическую и сопредельные с ней среды, которые позволили бы перейти от качественной к количественной оценке техногенного воздействия.

Береговая зона – уникальный геолого-геоморфологический объект. С точки зрения истории геологического развития она является одним из наиболее динамичных элементов природных экосистем, поэтому отличается высокой активностью экосистемных, в том числе опасных геологических процессов и явлений. В то же время в силу особенностей развития человеческой цивилизации береговые зоны стали ареной активной хозяйственной деятельно-

сти. Освоение береговой зоны, которое особенно интенсивно происходит в последние годы, требует новых подходов к оценке техногенного воздействия, в том числе определения уровня антропогенной нагрузки на различные части акватории и прилегающей части суши в количественном выражении, картировании и выявлении участков наибольшего техногенного воздействия. Кроме того, важное значение приобретает прогностический потенциал составляемых картографических материалов.

Согласно Н. Ф. Реймерсу [6], под техногенной (антропогенной) нагрузкой следует понимать степень прямого или косвенного воздействия людей и их хозяйства на природу в целом, на отдельные ее компоненты и элементы. В нормативных документах в понятие «техногенная нагрузка» также включается сложный комплекс факторов и процессов, влияющих на изменение геологической среды.

По мнению автора, при проведении геоэкологического картирования следует разделять факторы техногенного (антропогенного) воздействия и признаки его проявления или последствий. Наличие фактора или процесса еще не является показателем самого воздействия, а тем более его уровня.

Такой подход определяет необходимость составления карты техногенной (антропогенной) нагрузки на геологическую среду и сопредельные с ней среды, состоящей из двух самостоятельных слоев (или карт):

**первый** характеризует факторы техногенной нагрузки. Отвечает на вопрос, есть данный фактор или его нет. Этот слой по существу информационный и позволяет провести оценку потенциальной техногенной опасности;

**второй** отражает последствия техногенного воздействия или нарушения состояния геологической

среды и сопредельных с ней сред и может иметь степени оценки, в том числе и количественные.

Главная задача исследования – разработка методики, позволяющей перейти от качественных показателей к количественной оценке рассматриваемых факторов техногенной нагрузки и нарушений состояния геологической среды и сопредельных с ней сред. Разработанный метод предполагает, что в результате расчетов может быть получена численная величина (коэффициент), объективно отражающая интегральную оценку как факторов техногенной нагрузки, так и нарушений состояния среды. Первый коэффициент (факторов техногенной нагрузки) предлагается определять как коэффициент интегральной оценки потенциального техногенного риска. Понятие «техногенный риск» подразумевает вероятность (угрозу) возникновения неблагоприятных, опасных или аварийных событий, связанных с хозяйственной деятельностью человека. Второй коэффициент (нарушения состояния среды) – коэффициент интегральной оценки техногенных нарушений. Их расчет производится отдельно, составляются две самостоятельные карты.

Предлагаемая методика заключается в оценке и сравнении объектов между собой (такими объектами являются точки наблюдения). Её алгоритм представляет собой процесс измерения (приписывание чисел объектам в соответствии с определенными правилами), который можно определить как процедуру сравнения характеристик объектов по выбранным элементам сравнения (факторам, признакам), состоящую из трех основных этапов: 1) выбор характеристик или элементов сравнения; 2) установление уровней характеристик и кодировка; 3) сравнение объектов (таблица):

Этап 1. Выбор характеристик или элементов сравнения. Оценка техногенной нагрузки на гео-

**Пример расчета коэффициента техногенной нагрузки (потенциального техногенного риска) с минимальным (станция № 1) и максимальным (станция № 2) значением всех факторов**

Объекты (станции) наблюдения	Координаты, в °		Этап 1. Выбор элементов сравнения (факторов и признаков)									Коэффициент оценки потенциального техногенного риска
	широта	долгота	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
<i>Этап 2. Кодировка</i>												
Станция № 1	60,3682	28,6013	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Станция № 2	60,3757	28,5897	4	3	2	2	2	3	2	2	3	3
Максимальное значение фактора			4	3	2	2	2	3	2	2	3	3
<i>Этап 3. Кодировка с нормированием</i>												
Станция № 1			0,25	0,33	0,5	0,5	0,5	0,33	0,5	0,5	0,33	
Станция № 2			1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
<i>Определение весовых коэффициентов</i>												
Средний вес фактора по оценке экспертов, %			21	6	5	16	20	10	4	12	6	
<i>Расчет коэффициента (с учетом весового коэффициента)</i>												
Станция № 1	60,3682	28,6013	0,05	0,02	0,03	0,08	0,10	0,03	0,02	0,06	0,02	0,41
Станция № 2	60,3757	28,5897	0,21	0,06	0,05	0,16	0,20	0,10	0,04	0,12	0,06	1,00

логическую среду выполняется с учетом основных факторов, существенно влияющих на ее состояние в береговой зоне, причем они должны характеризоваться определенным (относительно небольшим) числом уровней. Говоря о количественном выборе факторов (элементов сравнения), необходимо отметить их минимизацию, а именно необходимость и достаточность.

Этап 2. Установление уровней для элементов сравнения – кодов. Задача сравнения объектов между собой предполагает определение неких общих принципов, по которым можно классифицировать уровни факторов. Для этого применена шкала интервалов. Свойство этой шкалы – равенство интервалов. Важно, что интервальная шкала имеет произвольные точки отсчета, количество интервалов и масштаб. Она позволяет отразить различия между объектами и зафиксировать, насколько лучше или хуже один объект по сравнению с другим. Для этого качественные и количественные характеристики кодируются по принципу: чем лучше характеристика (меньше техногенное воздействие), тем выше код. Например, плотность постоянного населения кодируется следующим образом: аномально высокая (более 100 тыс. чел.) – 1, высокая (10–100 тыс. чел.) – 2, средняя (2–10 тыс. чел.) – 3, низкая (отсутствие постоянного населения) – 4.

Этап 3. Процедура сравнения. Вначале производится приведение кодов к относительным величинам. Для этого код по каждому фактору делится на максимальное его значение. После нормирования максимальное значение кода для любого фактора равно единице. На этом этапе предполагается одинаковое влияние факторов. Для получения коэффициента оценки необходимо учесть вклад каждого элемента сравнения в расчетный коэффициент оценки по степени его техногенного воздействия на состояние окружающей среды. Для этого нормиро-

ванное значение кода умножалось на вес элемента сравнения, выраженный в процентах. Определение весов элементов сравнения получено в результате опроса экспертов-специалистов в области эколого-геологических исследований. Опрошены восемь экспертов. Для расчетов принято среднее значение веса элемента сравнения (таблица).

Расчетный коэффициент оценки представляет собой сумму кодов по каждому объекту или точке наблюдения, пересчитанных с учетом весов.

В данной модели полученный коэффициент оценки можно рассматривать как количественный показатель потенциального техногенного риска, а также техногенного воздействия на состояние геологической среды. Он отражает суммарное её качество в каждой точке наблюдения. Чем выше значение коэффициента оценки, тем ниже уровень техногенных нарушений геологической среды и степень техногенных рисков в районе проведения наблюдений. Максимальное значение коэффициента для природной среды, не нарушенной техногенным воздействием, равно единице.

Методика была применена при оценке техногенного воздействия на дно акватории восточной части Финского залива и его береговой зоны. Коэффициенты рассчитаны для более 450 точек (рис. 1).

В соответствии с методикой определены две группы основных характеристик техногенного воздействия или элементов сравнения: факторы техногенного воздействия и признаки нарушения состояния геологической среды и сопредельных с ней сред.

К первой группе относятся девять факторов (таблица), их перечень и принцип кодирования:

1. Плотность постоянного населения (тыс. чел.): аномально высокая (более 100) – 1, высокая (10–100) – 2, средняя (2–10) – 3, низкая (отсутствие постоянного населения) – 4.

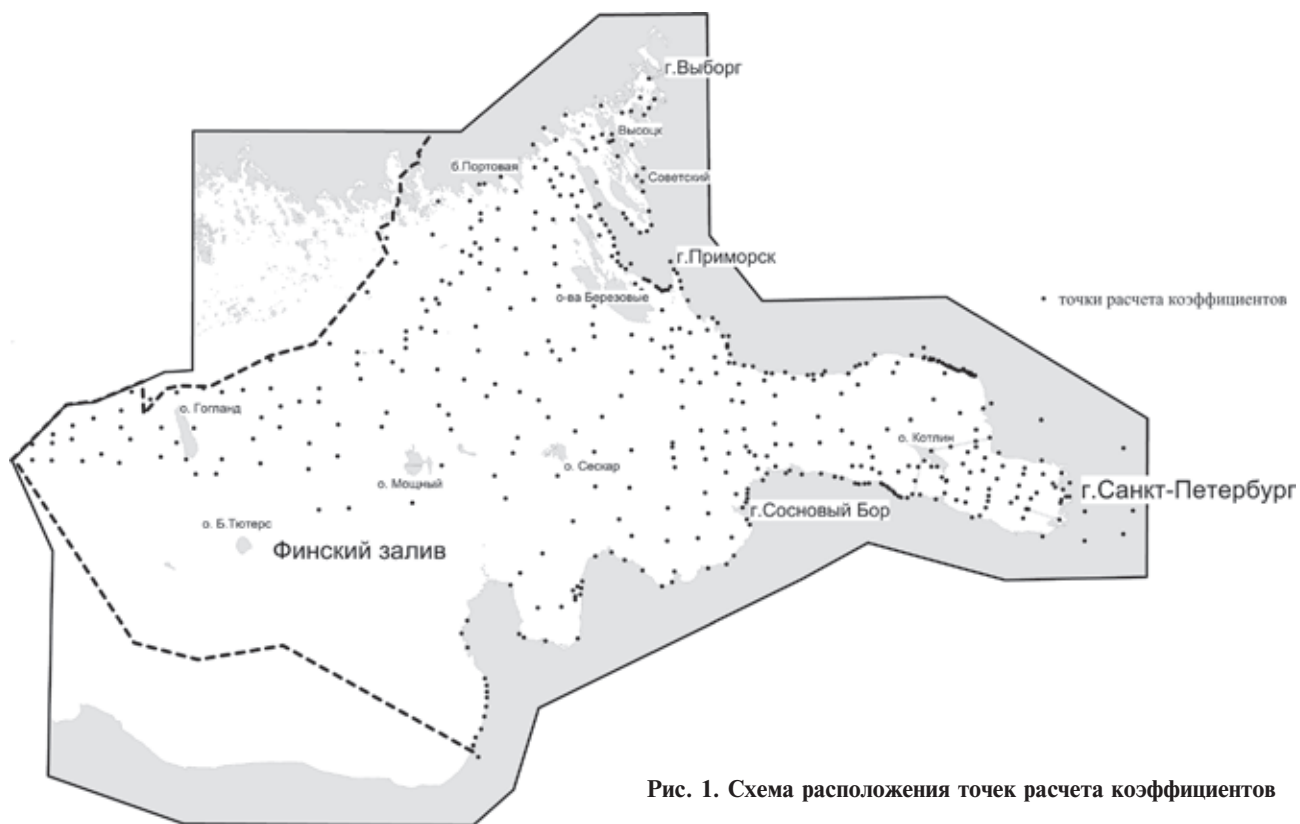


Рис. 1. Схема расположения точек расчета коэффициентов

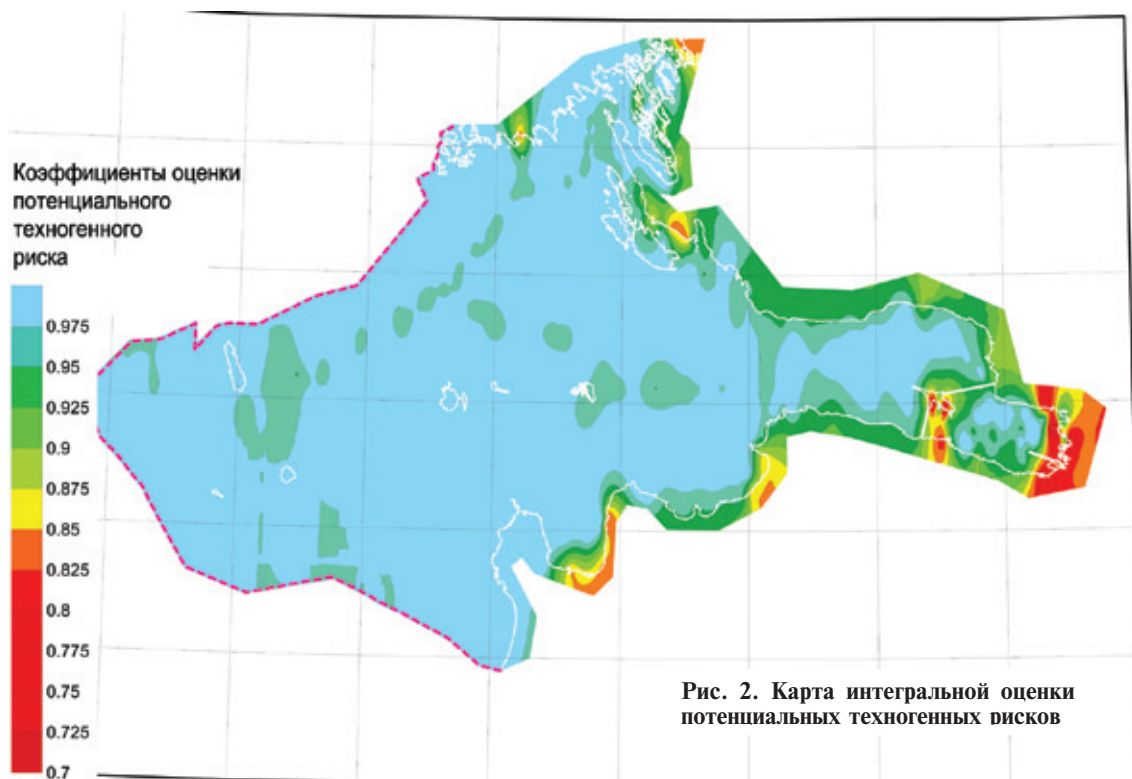


Рис. 2. Карта интегральной оценки потенциальных техногенных рисков

2. Наличие аварийноопасных объектов (ЛАЭС и базы военно-морского флота): ЛАЭС – 1, базы ВМФ – 2, нет – 3.

3. Газопровод «Северный поток»: есть – 1, нет – 2.

4. Отдельно расположенные промышленные предприятия: есть – 1, нет – 2.

5. Порты и нефтяные терминалы: есть – 1, нет – 2.

6. Основные фарватеры и рейдовые стоянки: с проведением дноуглубительных работ – 1, без проведения дноуглубительных работ – 2, нет – 3.

7. Подводные потенциально опасные объекты: есть – 1, нет – 2.

8. Намывные и насыпные территории, гидротехнические сооружения: есть – 1, нет – 2.

9. Месторождения полезных ископаемых: разрабатываемые месторождения – 1, не разрабатываемые – 2, месторождения отсутствуют – 3.

Вес каждого фактора, который был применен при расчете коэффициента интегральной оценки потенциального техногенного риска, приведен в таблице.

Для расчета коэффициента интегральной оценки техногенных нарушений использовалось 10 признаков. Принципы их кодирования и вес каждого признака по экспертной оценке (% в скобках):

1. Наличие свалок, в том числе подводных (дампинг) (12%): полигоны промышленных и бытовых отходов – 1, свалки, в том числе дампинг, – 2, мелкие свалки – 3, свалок нет – 4.

2. Наличие очагов пожаров в береговой зоне (3%): очаги недавних пожаров – 1, очаги давних пожаров – 2, отсутствие очагов пожаров – 3.

3. Степень нарушенности природного ландшафта (21%): антропогенный (более 40%) – 1, природно-антропогенный (от 3 до 40%) – 2, природный (менее 3%) – 3.

4. Комплексное загрязнение донных осадков и почв тяжелыми металлами, в единицах Zc [1] (15%): более 128 – 1, 32 – 128 – 2, 16 – 32 – 3, менее 16 – 4.

5. Загрязнение донных осадков и почв радиоактивными  $^{137}\text{Cs}$ , Бк/кг (15%): более 2000 – 1, 700 – 2000 – 2, 255 – 700 – 3, менее 255 – 4.

6. Загрязнение донных осадков и почв нефтепродуктами, в единицах регионального фона (12%): более 2,5 – 1, от 1,5 до 2,5 – 2, от 0,5 до 1,5 – 3, менее 0,5 – 4.

7. Общехимическое загрязнение водных объектов: грязные – 1, загрязненные – 2, незагрязненные – 3.

8. Механическое загрязнение водных объектов, зоны с низкой прозрачностью по многолетним данным дистанционных методов (8%): интенсивное – 1, среднее – 2, незагрязненные – 3.

9. Загрязнение придонных вод нефтепродуктами и фенолами, в единицах ПДК для рыбохозяйственного использования (6%): нефтепродукты более 1,5, фенолы более 5 – 1; нефтепродукты от 1 до 1,5, фенолы от 1 до 5 – 2; нефтепродукты и фенолы менее 1 – 3.

10. Тепловое загрязнение (5%): температурная аномалия – 1, отсутствует – 2.

На основе рассчитанных коэффициентов составлены карты, которые представлены в виде изолиний равных коэффициентов оценки:

– карта интегральной оценки потенциальных техногенных рисков (рис. 2).

– карта интегральной оценки техногенных нарушений геологической среды и сопредельных с ней сред (рис. 3).

Анализ первой карты (рис. 2) показывает, что величина интегрального коэффициента в разных районах достаточно отчетливо меняется в зависимости от уровня техногенного риска. В береговой

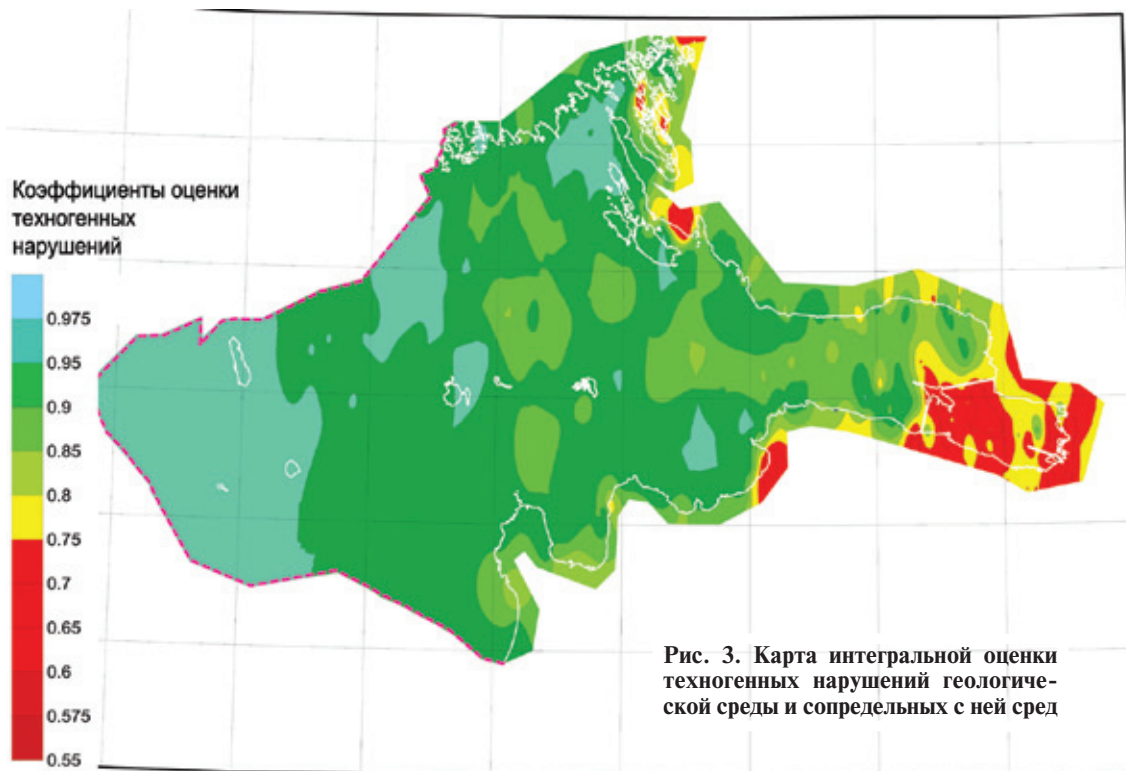


Рис. 3. Карта интегральной оценки техногенных нарушений геологической среды и сопредельных с ней сред

зоне Финского залива выделяется несколько очагов высокого техногенного риска. В первую очередь это собственно Санкт-Петербург, а также города Ленинградской области Выборг и Сосновый Бор, кроме этого, все строящиеся и функционирующие портовые терминалы Бронка, Приморск, Усть-Луга, в меньшей степени Высоцк. Трасса газопровода «Северный поток» и компрессорная станция в бухте Портовая также проявлены на карте изменением рассчитанного коэффициента.

На второй карте (рис. 3) отчетливо видны зоны зафиксированных техногенных нарушений. Наиболее мощная из них приурочена к Санкт-Петербургу и Невской губе, что свидетельствует о практически полном техногенном преобразовании дна акватории Невской губы и большей части ее береговой зоны. В настоящий момент можно говорить о принципиально новом этапе в истории развития Невской губы, а именно о техногенном этапе, когда естественные процессы седиментации трансформировались преимущественно в техногенные. Другие, наиболее крупные зоны проявления техногенных нарушений геологической среды и сопредельных с ней сред приурочены к Выборгу, Приморску и Сосновому Бору, а также к порту Высоцк и пос. Советский (рис. 3). Следует обратить внимание на локальные аномалии в береговой зоне Курортного района. В то время как на карте техногенных рисков значимых аномалий здесь не отмечено. Вероятнее всего, выявленные здесь нарушения связаны с отходами коммунально-бытового характера и недостаточным вниманием к борьбе с такого рода загрязнением.

Сравнение анализируемых карт показывает, что такие зоны техногенного риска, как порт Усть-Луга и береговая инфраструктура газопровода «Северный поток» пока еще не проявились существенными нарушениями в геологической среде и сопредельных с ней средах.

**Выводы.** При составлении карт техногенных объектов и природно-техногенных факторов, влияющих на состояние геологической среды и сопредельных с ней сред, целесообразно выделять факторы или процессы техногенного воздействия и признаки техногенных нарушений и картировать их отдельно.

Предложенная методика позволяет дать количественную оценку потенциальным техногенным рискам и техногенным нарушениям геологической среды и сопредельных с ней сред в береговой зоне морских и крупных озерных акваторий. На картах поля рассчитанных интегральных коэффициентов имеют выраженный дифференцированный характер, что позволяет выделить части акватории и прилегающей береговой суши, наиболее подверженные техногенным преобразованиям. Так как показатели техногенных преобразований представлены в количественной форме, они могут привлекаться, наравне с другими количественными оценочными показателями (например, с данными аналитических исследований), к обработке с применением методов математической статистики.

Полученные карты могут стать основой автоматизированной информационной системы мониторинга и прогноза состояния геологической среды и сопредельных с ней сред. В структуре данной системы выделяются два важных функциональных блока:

**блок мониторинга** — для оценки характера, направленности и динамики происходящих изменений в геологической и сопредельных с ней средах и выявления районов наибольших потенциальных рисков и техногенных нарушений на основе анализа изменений расчетных коэффициентов во времени;

**блок моделирования** — для создания прогнозных карт путем введения условий, связанных с плани-

руемой хозяйственной и иной деятельностью и возможными её последствиями.

Составленные в результате функционирования АИС прогнозные документы могут служить основой при принятии решений по безопасному управлению береговой зоной, а для количественной оценки влияния природных процессов и явлений возможно применение предложенных методических принципов.

1. Атлас геологических и эколого-геологических карт Российского сектора Балтийского моря / гл. ред. О.В. Петров. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2010. – 78 с.

2. Государственная геологическая карта Российской Федерации. М-б 1 : 200 000. Сер. Ильменская. Лист О-36-XIV-Великий Новгород. Объясн. зап. / ред. В.П. Кириков, А.И. Коротков, М.А. Спиридонов. – СПб.: Изд-во СПб. картфабрика ВСЕГЕИ, 2007. – 254 с.

3. Государственная геологическая карта Российской Федерации. М-б 1 : 1 000 000. Сер. Центрально-Европейская. Лист N-(34)-Калининград. Объясн. зап. / гл. науч. ред. В.П. Кириков. – СПб.: Изд-во СПб. картфабрика ВСЕГЕИ, 2011. – 225 с.

4. Инструкция по составлению и подготовке к изданию листов Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1 : 200 000. – М.: Роскомнедра, 1995. – 244 с.

5. Методические рекомендации по составлению эколого-геологических карт масштаба 1 : 1 000 000–1 : 500 000. – М.: ВСЕГИНГЕО, 1994. – 27 с.

6. *Реймерс Н.Ф.* Природопользование: Словарь-справочник. – М.: Мысль, 1990. – 637 с.

7. Требования к геолого-экологическим исследованиям и картографированию масштаба 1 : 50 000–1 : 25 000. – М.: ВСЕГИНГЕО, 1990. – 127 с.

8. Требования к геолого-экологическим исследованиям и картографированию масштаба 1 : 200 000–1 : 100 000. – М.: ВСЕГИНГЕО, 1990. – 86 с.

*Шахвердов Вадим Азимович* – канд. геол.-минер. наук, вед. науч. сотрудник, ВСЕГЕИ. <Vadim\_Shakhverdov@vsegei.ru>.

---

## ПИСЬМО В РЕДАКЦИЮ

В статье «О картографировании разломов на Госгеолкарте-1000/3» (Региональная геология и металлогения, 2013, № 54) по моей вине опубликованы неверные сведения о разломах, отображенных в комплекте листа N-51. На самом деле в составе комплекта есть «Схема разломной тектоники», на которой показано 45 разломов с собственными названиями; краткие сведения о них приведены в гл. «Тектоника» объяснительной записки. Приношу самые искренние извинения авторам листа (отв. исп. Н. Н. Петрук), научному редактору А. С. Вольскому и читателям журнала.

*В. Ю. Забродин*